



**Relación de las características antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias
con el rendimiento en 50 metros libre en nadadores élite antioqueños**

Juan David Jiménez Dueñas

Trabajo de grado presentado para optar al título de Profesional en Entrenamiento Deportivo

Asesora Gloria Albany Hoyos Rodríguez
Magíster (MSc) en motricidad y desarrollo humano

Universidad de Antioquia
Instituto Universitario de Educación Física y Deporte
Entrenamiento Deportivo
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita	(Jiménez Dueñas, 2023)
Referencia	Jiménez Dueñas, J. D. (2023). <i>A Relación de las características antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias con el rendimiento en 50 metros libre en nadadores elite antioqueños</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Grupo de Investigación Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte (GRICAFDE).

Centro de Investigaciones en Ciencias del Deporte (CICIDEP).



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Le dedico este trabajo a mi familia, principalmente a mis padres, quienes estuvieron apoyándome durante todo el proceso, creyendo en mis capacidades y propósitos a lograr. También a mis profesores, a mi mejor amigo, a mis amigos y compañeros, y a todas aquellas personas que me acompañaron en el transcurso de la carrera.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir todos esos momentos que se presentaron durante el trabajo de grado y el pregrado. A mi familia, amigos y profesores que siempre estuvieron velando por mi bienestar, e hicieron de esta etapa algo memorable. Por último, agradezco a todo el personal de la Liga de natación de Antioquia e Indeportes Antioquia, principalmente a los entrenadores de la preselección Antioquia y los deportistas que la conforman, gracias a su colaboración se logró ejecutar este proyecto.

Tabla de contenido

Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción	11
1 Planteamiento del problema.....	13
1.1 Antecedentes.....	14
2 Justificación	18
3 Objetivos	19
4 Hipótesis	20
5 Marco teórico	21
5.1 Natación carreras	21
5.2 Estilo libre	21
5.3 Categorías.....	22
5.4 Factores influyentes en el rendimiento de natación carreras.....	23
5.4.1 Características neuromusculares	25
5.4.2 Características Cardiorrespiratorio	26
5.4.3 Características Antropométricas.....	26
6 Metodología	28
6.1 Diseño investigativo.....	28
6.2 Población y muestra.....	28
6.3 Criterios de selección.....	28
6.3.1 Criterios de inclusión	28
6.3.2 Criterios de exclusión	28
6.4 Control de sesgos.....	29
6.5 Variables	29

6.6 Protocolos..... 30

6.6 Análisis estadístico 31

7 Resultados 32

8 Discusión..... 34

9 Conclusiones 36

10 Recomendaciones 37

Referencias..... 38

Lista de tablas

Tabla 1. Valores descriptivos de la población	32
Tabla 2. Valores descriptivos de las variables de rendimiento diferenciada por sexo	32
Tabla 3. Matriz de correlación entre 50 metros libre y las demás variables	33

Lista de figuras

Figura 1 Natación carreras-Categorías 2023..... 23

Figura 2 Adaptado de Factores claves de rendimiento en la prueba de 50 metros 25

Siglas, acrónimos y abreviaturas

Cm	Centímetros
MSc	Magister Scientiae
UdeA	Universidad de Antioquia
AKS	Índice de Sustancia Activa
CMJ	Counter Movement Jump
AV	Velocidad media propulsiva ante cada carga absoluta
RM	Repetición Máxima
VO₂máx	Consumo Máximo de Oxígeno
FCmáx	Frecuencia Cardíaca Máxima
VT1	Umbral aeróbico
VT2	Umbral anaeróbico
s	Segundos
Kg	Kilogramos
m	Metros
h	Horas
ISAK	International Society for the advancement of the Kinanthropometry

Resumen

El objetivo de este artículo fue analizar la relación entre las características antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias con el rendimiento en 50 metros libre en nadadores élite antioqueños. Esta investigación es correlacional, de enfoque cuantitativo, no experimental en la cual se llevó a cabo un análisis a 10 deportistas de la preselección Antioquia de natación carreras que participan en la categoría abierta, con edades desde los 15 años hasta los 26 años, fueron evaluados en aspectos antropométricos, neuromusculares y cardiorrespiratorios y se determinó la relación de estos aspectos con el rendimiento en la prueba 50 metros libre.

Las mediciones antropométricas fueron realizadas por un personal capacitado en ISAK, perteneciente a la liga de natación de Antioquia, se mide peso, talla, AKS, porcentaje de grasa, pliegues, y perímetros de cintura, cadera y tórax. En los aspectos neuromusculares se evaluó el perfil de salto en CMJ y la curva fuerza-velocidad en sentadilla profunda. Los aspectos cardiorrespiratorios como el VO₂máx relativo y absoluto, la frecuencia cardiaca máxima, velocidad en la que alcanza el VO₂máx y en la que se presentan los umbrales VT1 y VT2, se obtuvieron por medio de una ergoespirometría en banda. Los tiempos en 50 metros libre se recopilaron del ranking de la liga de natación de Bogotá realizados en el año 2022. Los resultados señalaron que el RM en sentadilla completa tiene una correlación de -0.591 por lo cual influencia el resultado en la prueba, en menor medida repercute el AKS, el cual tuvo una correlación de -0.311, los valores como el % graso, AV, VO₂máx. relativo y absoluto, presentan correlación débil. Esto demostró la importancia que las características antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias tienen sobre la distancia de 50 metros.

Palabras clave: investigación, relación, características, natación, 50 libre.

Clasificación JEL: I1.

Abstract

The objective of this article is to analyze the relationship between anthropometric, neuromuscular, and cardiorespiratory characteristics in the 50-meter freestyle performance of elite swimmers from Antioquia. This research is correlational, with a focused quantitative, non-experimental approach, in which an analysis will be carried out on 10 athletes from the Antioquia preselection swim team who participate in the open category races, swimmers ages from 15 years to 26 years, will be evaluated. Swimmers will be evaluated in anthropometric, neuromuscular and cardiorespiratory aspects and the relationship of these aspects as it correlates to their performance in the 50-meter freestyle test will be determined.

Anthropometric measurements are carried out by personnel trained in ISAK to carry it out, belonging to the Antioquia swimming league, weight, height, active substance index, percentage of fat, folds, and waist, hip and chest perimeters are measured. In the neuromuscular aspects, the CMJ jump profile and the force-velocity curve in the deep squat are evaluated. Cardiorespiratory aspects such as relative and absolute VO_{2max} , maximum heart rate, speed at which VO_{2max} is reached and at which $VT1$ and $VT2$ thresholds occur, are obtained by means of band ergospirometry. The times in the 50-meter freestyle are obtained from the Bogotá swimming league ranking carried out in 2022. The results indicate that the RM in the full squat has a correlation of -0.591, which is why it influences the result in the test, to a lesser extent. The measure affects the AKS, which had a correlation of -0.311, values such as % fat, AV, VO_{2max} . relative and absolute, present a weak correlation. This demonstrates the importance that anthropometric, neuromuscular and cardiorespiratory characteristics have over a distance of 50 meters.

Keywords: research, relationship, characteristics, swimming, 50 free.

JEL Classification: I1.

Introducción

Hay factores que influyen el rendimiento en natación carreras, a través de los estudios se han determinado varios de ellos y de qué manera influyen, teniendo en cuenta que algunas pueden afectar de forma positiva o negativa y también dependerá de la prueba de nado que se realiza. Las particularidades morfológicas y funcionales son determinantes para los deportistas debido a que tienen gran influencia en los resultados de las pruebas (Bulgakova, 2000, citado por Palau & Moreno, 2015). Este trabajo busca analizar la relación de los aspectos antropométricos, neuromusculares y cardiorrespiratorios con el rendimiento en la prueba 50 metros libre en deportistas élite antioqueños.

En la revisión documental realizada por González et al (2018) se encuentran cuatro temas de investigación (entrenamiento de las capacidades físicas, entrenamiento de la técnica de nado, biomecánica aplicada a la modalidad y aportes al área de la salud) en esta revisión se realizó con un total de 37 artículos de los cuales sólo 2 fueron publicados en Colombia. Desde este punto se evidencia que la cantidad de información publicada en Colombia sobre el deporte de natación carreras es baja en comparación con otros países.

Para realizar planes de entrenamiento que verdaderamente impacten en los aspectos que influyan en el rendimiento se debe saber cuáles son esos aspectos que influyen en el rendimiento de manera positiva o negativa, sobre estos temas hay estudios como el de Morais, et al (2013) en el que analizan la influencia de variables antropométricas, cinemáticas y energéticas y el género en el rendimiento de natación en jóvenes, en el estudio de Lätt, et al (2010) se analizan factores fisiológicos, biomecánicos y antropométricos sobre el rendimiento en natación en jóvenes deportistas. A partir de esta información se puede afirmar que hay unos factores que tienen una influencia directa sobre el rendimiento en natación, sobre los cuáles se debería enfocar el entrenamiento para ser trabajados, algunos de estos no son influenciados por el entrenamiento y dependen de la genética e individualidad de cada sujeto. Esos aspectos no entrenables pueden ser tenidos en cuenta para selección de talentos y proyección de sujetos hacia un determinado rendimiento.

Colombia en natación carreras suele encontrarse por debajo de los países que presentan resultados de altos logros, como se ha evidenciado según los resultados en los eventos más importantes de este deporte, entre ellos los juegos olímpicos, en los cuales Colombia nunca ha

ganado una medalla olímpica y continuamente queda por fuera de las finales de las pruebas de natación carreras, como se aprecia por ejemplo en los resultados de los últimos juegos olímpicos (Tokio 2020) en los cuales Colombia no obtuvo ninguna medalla (C.O.I, sf). Pueden usarse esos valores de deportistas de altos logros como metas a las que se busca llegar en algún punto de la carrera deportiva de los nadadores, proyectados en un plazo mayor, que sea realista con la consecución del objetivo a cumplir, el cual será realizar los tiempos de deportistas de altos logros, o superarlos y establecer récords.

La cantidad de deportistas que participan en comparación a los otros países también es grande, evidenciando la diferencia que existe entre el nivel de rendimiento deportivo entre Colombia y otros países que sobresalen en este deporte. Saber qué se debe entrenar con los deportistas permitirá mejorar en los aspectos que generarán un cambio positivo sobre los tiempos en las pruebas que se especializan.

La información de las poblaciones como lo es la preselección Antioquia de natación carreras es baja, en la búsqueda realizada se encontraron dos investigaciones (López, 1980; Barrios, 2007) en los cuáles se estudiaron factores en su mayoría distintos a los de esta investigación, teniendo en cuenta que la información es de hace más de 10 años se considera desactualizada, debido a que el deporte está en constante cambio, como se puede apreciar en una comparación según los resultados anunciados por Comité Olímpico Internacional en la prueba 100 metros libre masculino entre los juegos de Seúl 1988 con un tiempo de 48.63 segundos para el primer puesto, en los juegos olímpicos de Tokio 2020 el tiempo fue de 47.02 segundos. De la misma forma ocurre con las demás pruebas, se encuentra en constante cambio y por tanto es ideal tener referencias actualizadas.

El objetivo de este estudio fue analizar la relación entre las características antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias con el rendimiento en 50 metros libre en nadadores élite antioqueños. Se hipotetizaba que las variables relacionadas con la fuerza tienen una relación alta con el rendimiento en 50 metros libre, mientras que los parámetros relacionados con la resistencia aeróbica como el VO₂ máximo no tienen relación con el rendimiento en esta prueba.

1 Planteamiento del problema

En natación carreras se ha dado una disminución de los tiempos en las diferentes pruebas que existen debido al avance que ha tenido en el campo del entrenamiento deportivo, los estudios que ofrecen información sobre lo que se debe entrenar para mejorar esos tiempos hacen parte de lo que ha posibilitado ese avance y mejora en la natación carreras. No se encuentra información de este tipo con la población de esta investigación, la información que se encuentra de la preselección Antioquia de natación carreras es poca, en la búsqueda realizada se encontraron dos investigaciones (López, 1980; Barrios, 2007) en el estudio de López se evalúan aspectos funcionales como la edad, peso, estatura, grasa corporal, consumo de oxígeno y consumo de oxígeno referido al peso. En el estudio de Barrios se obtienen valores con el test de 6x400 metros para evaluar la resistencia. Las características neuromusculares no son contempladas en estos estudios, las características cardiorrespiratorias son obtenidas de forma distinta.

Como se ha demostrado en diferentes investigaciones (Jeyapal et al, 2017; Kjendlie & Stallman, 2011; Dos Santos et al, 2021; Yasar et al, 2021; Toai et al, sf; Dosaj et al, 2020; Garrido et al, 2010; Geladas et al, 2005; Lätt et al, 2010; Morais et al, 2021; Farfán, 2020; Zampagni et al, 2008) hay muchas variables que pueden afectar el resultado de la prueba, como lo son la antropometría del sujeto, su condición física, la biomecánica en la técnica de nado, su estado psicológico, sus capacidades coordinativas, entre otras. La determinación de cuáles afectan más de forma positiva, negativa o nula ha permitido el control de lo que se trabaja en el entrenamiento.

Para un desarrollo de la natación en Colombia se necesita mayor información de esta que de un punto de referencia desde el cual partir para hacer un proceso basado en las condiciones específicas de esta población, a lo largo de los años se ha evidenciado que este país en natación carreras en eventos a nivel mundial no logra resultados notorios en la categoría abierta, esto pudiendo darse debido a que las condiciones que posee son diferentes a las de esos países que sobresalen en los resultados, partiendo de esto, no es adecuado buscar replicar los procedimientos e información que se tiene de ellos.

A partir de esto surge la inquietud sobre cuáles características son las que tienen principal influencia sobre el rendimiento de natación en este tipo de población, generando una pregunta problematizadora pretendiendo analizar ¿cuál es la relación de las características antropométricas,

neuromusculares y cardiorrespiratorias de la preselección Antioquia de natación carreras con el rendimiento en 50 metros libre?

1.1 Antecedentes

Entre los factores más estudiados se encuentran los parámetros biomecánicos, antropométricos, neuromusculares y energéticos, algunos estudios buscan analizar distintas variables de estos parámetros en una población, mientras otras se enfocan en variables de uno solo de estos parámetros, como lo es en el caso de la Investigación “Revisión Sistemática Del Perfil Antropométrico Y Somatotipo En Nadadores De Alto Rendimiento.” (Farfán, 2020) quienes enfatizan el análisis del cuerpo humano respecto a sus dimensiones, composición corporal y forma. Fueron revisados 7 investigaciones, realizadas principalmente en España y Francia, estos países están dentro de la élite en natación carreras, dando a entender uno de los motivos por los que su rendimiento es notorio, debido a que realizan estudio sobre este tema y llevan un control de sus nadadores. Se identifica a su vez que el protocolo más implementado para estos análisis es el perfil restringido, establecido por la ISAK. Se han unos valores promedio de estos perfiles antropométricos y somatotipo, la talla es de 1,87 m y 1,74 m, una envergadura de 1,96 m y 1,84 m, en sujetos masculinos y femeninos respectivamente. El somatotipo tiene una relación negativa, en la distancia de 100 m en somatotipos meso-endomorfos o endomorfos, a partir de estas variables se puede identificar la especialidad de los nadadores.

Dentro de las investigaciones que se han realizado y guardan relación con el tema tratado en este estudio, se puede contemplar es estudio “Indicadores Fisiológicos, Biomecánicos y Antropométricos del Rendimientos del Esprint de Natación de Nadadores Adolescentes” (Lätt et al., 2010) se busca analizar las relaciones de 3 parámetros con el rendimiento en la prueba de 100 metros libre, y se hace con una población de 25 nadadores masculinos con una edad promedio de 15.2 años, se analizaron un total de 22 variables, pertenecientes a los parámetros fisiológicos, biomecánicos y antropométricas, entre estos se encontraron varios con relación estadísticamente significativos, la altura corporal, masa ósea, densidad mineral ósea de la columna, longitud del brazo, velocidad, frecuencia de brazada, índice de brazada, lactato en sangre al 3 minuto de recuperación y costo energético del nado. Los resultados indicaron que los factores biomecánicos pueden explicar el 90.3% de la varianza en el rendimiento del nado de 100 m en estilo libre, los parámetros antropométricos explican el 45.8% y los fisiológicos el 45.2%. Dos de las variables

seleccionadas explicaron el 92.6% de la varianza en el rendimiento de la prueba de 100 m libre en los nadadores, determinado con un modelo de regresión múltiple.

Referente a las características relacionadas con la fuerza, como aquí son mencionadas neuromusculares, el estudio “The Relationship Between Strength and Power Measures with Sprint Freestyle Performance in Division 1 Collegiate Swimmers.” (Kao, 2018) se investiga la relación de la potencia y la fuerza sobre el rendimiento en sprint estilo libre, la población fue de 10 sujetos masculinos con una edad promedio de 20,1 años y sujetos femeninos con 19,4 años. Se realizan 4 pruebas, 50 yardas en estilo libre, salto sin contramovimiento, una repetición máxima en pull up con peso y velocidad de sentadilla con barra. Los resultados mostraron que existen correlaciones inversas entre las variables de fuerza y potencia con el rendimiento en sprint estilo libre, principalmente en las mujeres, quienes obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas en todas las variables medidas en tierra. Los hombres tuvieron resultados similares en cuanto a correlaciones inversas, estas fueron no significativas.

Existen una considerable cantidad de información sobre variables que influyen en el resultado, contemplando el hacer o no algo antes de una competencia, métodos de entrenamiento y el efecto que tienen, relación de características que son o no entrenables, comparaciones de esas características entre diferentes poblaciones, análisis de una prueba de natación y los factores que se evidencia directamente durante la prueba, entre muchos otros. En la revisión sistemática “Young Swimmers' Anthropometrics, Biomechanics, Energetics, and Efficiency as Underlying Performance Factors: A Systematic Narrative Review” (Morais et al., 2021) se hace un análisis de la influencia de los factores determinantes relacionados con la técnica de natación, siendo estos la biomecánica, la energética y la eficiencia, además de la antropometría en el rendimiento de nadadores jóvenes. El método implementado para este trabajo fue Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), se investigaron un total 240 estudios, de los cuales 59 guardaban relación con el rendimiento y los factores que son determinantes en este.

El 93% de los estudios analizados evaluaron la antropometría, de lo cual se determina que las dimensiones corporales con dadas por la genética (Saavedra et al., 2010; Majid et al., 2019; Tijani et al., 2019, citados por Morais et al., 2021) variables como la altura, envergadura de brazos y longitud de las manos tienen una correlación fuerte con el rendimiento en sprints de estilo libre, de igual manera en el estilo pecho, los nadadores con extremidades superiores de longitud y circunferencia mayor tenían mejores tiempos en la prueba de 100 m, en 100 m espalda y pecho;

nadadores con características como menor grasa corporal, hombros y caderas más anchos, envergadura y perímetros de antebrazo mayores presentaban mejores resultados. Los cambios que se dan durante el proceso de crecimiento pueden afectar la técnica de los nadadores debido a que las estructuras cambian y los deportistas deben adaptarse para mantener movimientos eficientes y efectivos, a mayores valores de las variables de superficie transversal del tronco y área de superficie corporal mayor es la resistencia hidrodinámica que se genera.

La biomecánica de la natación se ve en lo que es la técnica de nado, las variables como la longitud, frecuencia e índice de brazada, la variación intracíclica de la velocidad de nado tienen una fuerte relación con el rendimiento. Los nadadores más rápidos presentan menos fluctuaciones en la velocidad de desplazamiento, su producción de potencia es más frecuente. Una mayor fuerza en seco está relacionada con la natación en pruebas de velocidad y media distancia, desde los 50 m hasta los 400 m. Las características biomecánicas cambian en los nadadores ya sea por su maduración corporal o por procesos de entrenamiento, por tanto, los deportistas pueden mejorar o desmejorar su rendimiento. Entrenamiento con un alto volumen y baja intensidad en la primera parte de la temporada demostraban tener una mejora en el rendimiento, durante esos procesos de entrenamiento también se determinó que la frecuencia de brazada aumentaba cuando se buscaba una mayor velocidad.

La energía y eficiencia también son factores determinantes del rendimiento, al ir aumentando la edad la influencia que tiene la energía también aumenta, la potencia anaeróbica, la velocidad crítica de nado e índice de brazada son predictores del rendimiento en la prueba de 100 m estilo libre. La velocidad crítica es una variable implementada en la determinación de la energía de los nadadores, demostrando una correlación fuerte con el rendimiento aeróbico, es usado para controlar las intensidades del entrenamiento, esta variable a su vez influencia de forma directa el tiempo en la prueba 200 m libre, puede explicar el rendimiento de pruebas de menor distancia como 100 m y 25 m. “El índice de brazada mide la capacidad del nadador para completar una distancia determinada con una velocidad concreta en el menor número posible de brazadas” (Costill et al., 1985, citado por Morais et al., 2021) “La eficiencia Froude estima la cantidad de trabajo o potencia utilizada para trasladar el cuerpo en el agua” (Zamparo et al., 2020, citado por Morais et al., 2021). En distancias de 100 m y menores las variables de velocidad crítica, índice de brazada y eficiencia Froude tienden a ser mejores en los deportistas con mejores tiempos.

En pruebas de distancias mayores como 400 m el VO₂máx y VO₂pico fueron las más importantes dentro de las variables energéticas en relación al rendimiento, la frecuencia cardiaca presenta una menor variabilidad a medida que la edad aumenta y la eficiencia mejora, los deportistas jóvenes presentan un mayor coste energético en comparación con deportistas de mayor edad bajo velocidades similares, explicándose principalmente por lo desarrollada que está su técnica, permitiendo una economía energética en las pruebas. La mejora de variables como el VO₂ y el aumento neto de lactato en sangre involucraban una mejora del rendimiento, presentándose principalmente en la distancia de 400 m. La FC vista como un indicador energético se asocia con la energía de los nadadores en pruebas de 50 m, 100m y 400 m estilo libre, está por medio del entrenamiento puede disminuir en estas pruebas, significando un menor esfuerzo y gasto energético.

Las conclusiones a las que llegaron permiten afirmar que el rendimiento de los nadadores jóvenes se ve condicionado por diversas características pertenecientes a diferentes ámbitos científicos, entre ellos se evidencia la influencia de la técnica, la antropometría mostró que deportistas con dimensiones corporales mayores son más rápidos, esto en conjunto con el entrenamiento son fundamentales en el rendimiento. En cuanto a la energía y la eficiencia su influencia incrementa si la edad es mayor, presenta este comportamiento también en la medida en que aumenta las distancias de nado. Como recomendación el entrenamiento de estos nadadores jóvenes debería hacerse con programas de desarrollo del deportista a largo plazo, buscando hacer énfasis en el trabajo de la técnica más que en la carga de entrenamiento externa.

2 Justificación

Esta investigación se realizó con el fin de analizar la relación entre variables antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias con el rendimiento en 50 metros libre, la población es la preselección Antioquia de natación carreras, quienes son deportistas de élite pertenecientes a la categoría abierta. Permitió establecer valores referentes en esta población y saber qué factores pueden tener influencia en un menor tiempo de prueba, los cuales pueden ser implementados para evaluar a los deportistas de la preselección Antioquia actuales, identificando su mejoría y a su vez en comparaciones de futuros deportistas que ingresen a la preselección. La información que es obtenida en cuanto a la relación de las variables analizadas en el estudio puede usarse en planificación y periodización de este grupo, enfocándose en variables que sea verídica su influencia sobre el rendimiento.

Hay demasiados factores que de alguna u otra manera afectan el resultado de la competencia, pudiendo ayudar o por el contrario repercutir negativamente en el tiempo de la prueba, muchas de estas variables pueden ser controladas y entrenadas, por lo tanto, es importante determinar las variables que influyen y qué tanto lo hacen, esto ofrece la posibilidad de hacer un proceso de entrenamiento dirigido a aquellos factores que indudablemente mejorarán el resultado. Evitando la exposición de los deportistas a entrenamiento con enfoques que no producirán resultados positivos.

Además, de aplicar esta información en la planificación y control de las cargas de entrenamiento de grupos con características similares o que se encuentran cercanos a este nivel de rendimiento deportivo, planteando objetivos que les permita llegar a ese nivel de rendimiento.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Analizar la relación entre las características antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias con el rendimiento en 50 metros libre en nadadores élite antioqueños.

3.2 Objetivos específicos

Determinar los valores de las características antropométricas de los deportistas de la preselección Antioquia

Identificar los valores de las características neuromusculares de los deportistas de la preselección Antioquia

Precisar los valores de las características cardiorrespiratorias de los deportistas de la preselección Antioquia

Establecer la relación entre las características antropométricas y el rendimiento en 50 metros libre en nadadores élite antioqueños.

Determinar la relación entre las características neuromusculares y el rendimiento en 50 metros libre en nadadores élite antioqueños.

Identificar la relación entre las características cardiorrespiratorias y el rendimiento en 50 metros libre en nadadores élite antioqueños.

4 Hipótesis

4.1 Hipótesis de trabajo

A mayores valores de las variables antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias, mayor será el rendimiento en la prueba 50 metros libre.

4.1.1 Hipótesis nulas

Hipótesis nula (Ho) 1: No existe relación entre las características antropométricas y el rendimiento en 50 metros estilo libre en los deportistas élite antioqueños.

Hipótesis nula (Ho) 2: No existe relación entre las características neuromusculares y el rendimiento en 50 metros estilo libre en los deportistas élite antioqueños.

Hipótesis nula (Ho) 3: No existe relación entre las características cardiorrespiratorias y el rendimiento en 50 metros estilo libre en los deportistas élite antioqueños.

4.1.2 Hipótesis alternas

Hipótesis alterna (H1): Existe relación entre las características antropométricas y el rendimiento en 50 metros estilo libre en los deportistas élite antioqueños.

Hipótesis alterna (H2): Existe relación entre las características neuromusculares y el rendimiento en 50 metros estilo libre en los deportistas élite antioqueños.

Hipótesis alterna (H3): Existe relación entre las características cardiorrespiratorias y el rendimiento en 50 metros estilo libre en los deportistas élite antioqueños.

5 Marco teórico

5.1 Natación carreras

La natación tiene muchas disciplinas, como se aprecia en las páginas oficiales de la FECNA y World Aquatics, se encuentran la natación artística, clavados, aguas abiertas, polo acuático y clavados de altura, y entre estas también está la disciplina de natación carreras, que según la Federación Colombiana de Natación “La disciplina de natación carreras consiste en recorrer distancias entre los 50 y 1500 metros en una piscina reglamentaria en el menor tiempo posible. Existen dos tipos de competiciones: las pruebas individuales y los relevos conformados por equipos de cuatro nadadores”. (FECNA, sf.). Los entes que regulan la natación carreras son la Federación Deportiva World Aquatics a nivel internacional y en Colombia lo hace la FECNA. Para la Real Academia Española (RAE) la natación es la acción y efecto de nadar, entendiendo nadar en el caso de un animal o una persona como trasladarse en el agua, ayudándose de movimientos necesarios, y sin tocar el suelo ni otro apoyo.

Basado en la clasificación de Parlebas (2001) citado por Domínguez & Saraví (2013), los deportes se agrupan en dos tipos visto desde la interacción motriz: psicomotrices o sociomotrices. Ubicando al deporte de natación carreras como psicomotriz, se compete en solitario, sin cooperación u oposición de otro individuo o grupo de individuos, para la natación las diferentes pruebas se realizan en compañía (varios nadadores en el mismo espacio) pero sin interacción motriz entre los participantes, las únicas pruebas grupales son los relevos y no hay interacción directa entre ninguno de los participantes, tanto integrantes del equipo como de equipos contrarios.

5.2 Estilo libre

Este estilo de nado se define como “El desplazamiento humano en el agua caracterizado por una posición ventral del cuerpo y movimiento alternativo y coordinado de las extremidades superiores e inferiores, siendo el movimiento de las primeras una circunducción completa y el de las segundas un batido, con una rotación de la cabeza, coordinada con los miembros superiores para realizar la inspiración” (López et al., 1992, citado por Aguilera & Enero, 2015). Este estilo es considerado el más rápido entre los que se implementan en las competiciones, se evidencia en las marcas de las competencias en comparación con los demás estilos de natación como espalda, pecho y mariposa.

La técnica de este estilo se compone en la acción de miembros superiores, miembros inferiores, la respiración y la posición del cuerpo y el resultado de la coordinación de estos sería el estilo completo. En la acción de miembros superiores se evidencian dos partes, la acuática o de tracción y la de recobro o aérea, en la acuática se encuentran 4 fases: entrada, agarre, tirón y el empuje. La parte de recobro o aérea se hace con la intención de llevar esas extremidades a la posición en la que se reinicia el ciclo para hacer la fase subacuática que es la generará esa propulsión necesaria para desplazar el cuerpo. En los miembros inferiores se da un movimiento alternado principalmente hacia arriba y abajo, el rolido del cuerpo influencia estos movimientos, haciendo que también se desplacen de manera diagonal, cumpliendo una función estabilizadora más que propulsora, esta acción inicia en las caderas y termina en el pie, asemejándose a un gesto de latigazo. Se divide en dos momentos, una trayectoria descendente y una ascendente, ambas buscando generar propulsión. La posición del cuerpo es horizontal decúbito prono en un sentido, haciendo una rotación en el eje longitudinal el cual permite hacer la respiración lo cual lleva el cuerpo a una posición horizontal decúbito lateral, el movimiento de la cabeza va junto al del cuerpo para poder respirar, además de hacerse hacia el mismo lado que se está haciendo el recobro de la brazada, manteniendo la parte lateral de la cabeza en el agua, la rotación va hasta el punto en el que permita realizar una inhalación por boca, luego vuelve a estar totalmente sumergido el rostro con el agua a la altura del nacimiento del cabello. (Zapata, 2018).

5.3 Categorías

En este deporte se compite teniendo en cuenta la edad de los deportistas y su sexo, por lo tanto, se establecen categorías con determinados rangos de edad y separados varones y damas.

Figura 1 Natación carreras-Categorías 2023

NATACIÓN CARRERAS - CATEGORÍAS 2023					
DAMAS		GRUPOS Y EDADES	VARONES		LÍMITE DE PRUEBAS INDIVIDUALES POR EDAD
CATEGORÍAS	AÑOS DE NACIMIENTO		CATEGORÍAS	AÑOS DE NACIMIENTO	
7 AÑOS	2016	MENORES	8 AÑOS	2015	N/A
8 AÑOS	2015		9 AÑOS	2014	N/A
9 AÑOS	2014		10 AÑOS	2013	
10 - 11 AÑOS	2013 - 2012	INFANTIL A	11 - 12 AÑOS	2012 - 2011	5
12 - 13 AÑOS	2011 - 2010	INFANTIL B	13 - 14 AÑOS	2010 - 2009	6
14 - 15 AÑOS	2009 - 2008	JUVENIL A	15 - 16 AÑOS	2008 - 2007	6
16 - 17 AÑOS	2007 -2006	JUVENIL B	17 - 18 AÑOS	2006 - 2005	6
18 Y +	2005 Y ANTES	MAYORES	19 y +	2004 y ANTES	6
14 y +	2009 y ANTES	ABIERTA	15 y +	2008 y ANTES	6
25 y +	1998 y ANTES	MASTER	25 y +	1998 y ANTES	6

Nota. Fuente *Reglamento FECNA natación carreras 2023*.

La edad de los deportistas es un aspecto a tener en cuenta en cuanto al rendimiento que presentan, debido a que hay una maduración biológica que dará ventajas o desventajas sobre otros, tanto porque las personas del sexo femenino presentan su proceso de maduración en la pubertad con más anticipación que el sexo masculino, siendo entre los 10 y 13 años y 12 y 15 años respectivamente. Se evidencian cambios en sus físicos, como el peso corporal, la altura, perímetros y diámetros óseos, esos cambios repercuten en su rendimiento deportivo. Las etapas de crecimiento y maduración biológica se dan de formas y en momentos distintos para los 2 sexos, por tanto, esto es tenido en cuenta en el deporte buscando la igualdad de condiciones para los competidores. (París, 2000).

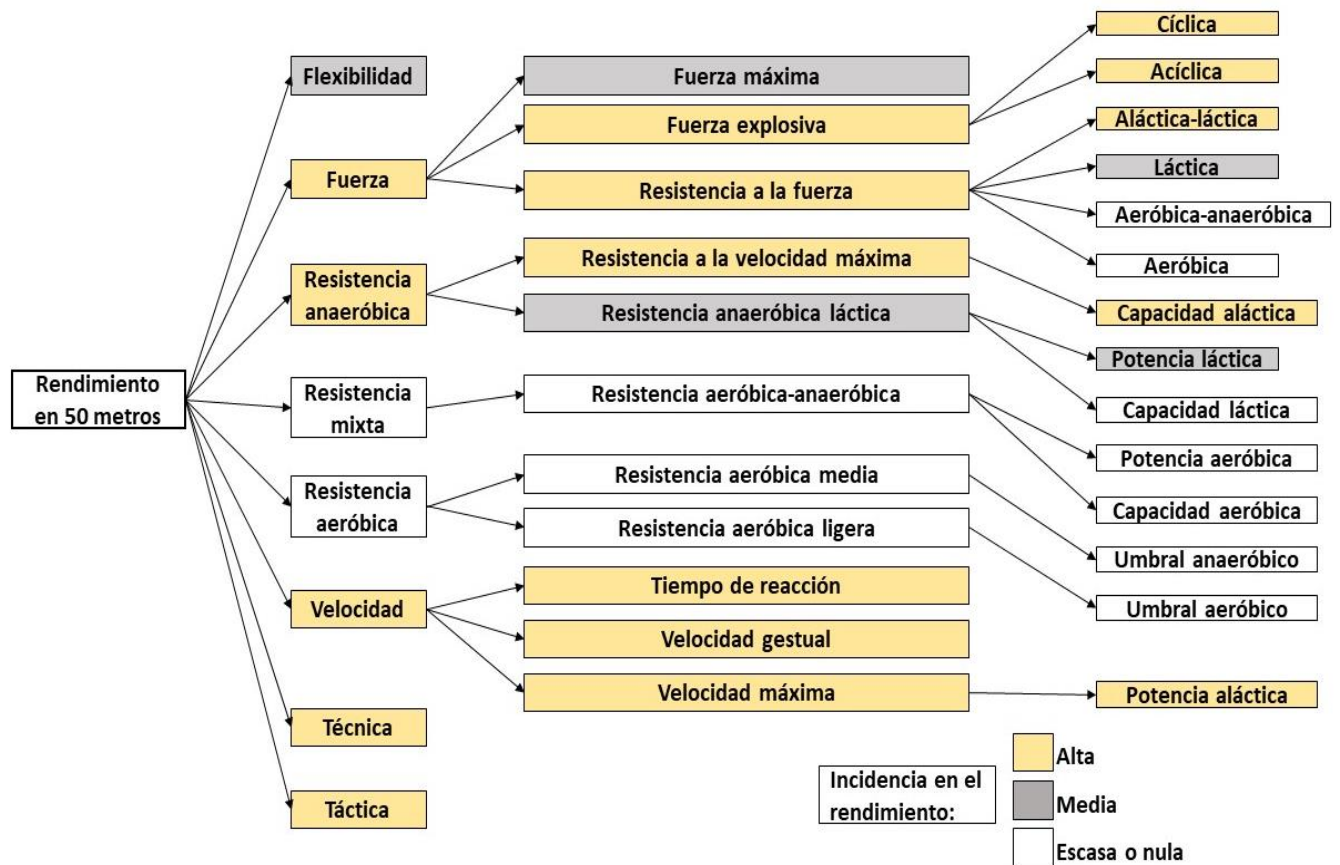
5.4 Factores influyentes en el rendimiento de natación carreras

Los factores que influyen en el rendimiento son muchos, tantos los que pueden ser entrenados, modificados o aquellos que provienen de situaciones externas al entrenamiento. Entre ellos pueden encontrarse los físicos, socio-económicos, psicológicos, entre otros. En el ámbito del

entrenamiento deportivo se hace énfasis a la investigación de aquellos factores que pueden modificarse por medio del entrenamiento y los que generan mayores posibilidades de mayores logros, que están dados por su genética.

La natación carreras es un deporte caracterizado por las combinaciones de fuerza, velocidad, resistencia y flexibilidad. Estas capacidades físicas son mejoradas mediante el entrenamiento, sin embargo, no todas tienen la misma importancia que las demás. Dependiendo de las características de la prueba y las características del individuo; puede predominar más una capacidad que otra (Navarro & Gaia, 2011).

Los diferentes estudios y textos que existen sobre estos factores permiten apreciar que son bastantes, y se mencionan algunos dependiendo del enfoque que se le dé, ya sea un análisis psicológico, fisiológico, anatómico, nutricional, de entrenamiento, etc. Estos factores de rendimiento también son condicionados a las particularidades de la prueba, ya sea la distancia, estilo o estilos que se naden, los factores mencionados por (Navarro, 2009, citado por Cuartero, et al. 2010) son analizados partiendo de aquellos factores que pueden ser trabajados en el entrenamiento, estos son la técnica, la táctica y las capacidades físicas. De esto se desglosan sus clasificaciones, se analiza la influencia de estos factores según la distancia de nado.

Figura 2 Adaptado de *Factores claves de rendimiento en la prueba de 50 metros*

Nota. Fuente *Entrenamiento de las especialidades de natación* (p. 22) por F. Navarro, 2009.

En las pruebas de 50 metros el nadador requiere aplicar una considerable cantidad de fuerza en el mínimo tiempo posible tanto en la brazada como en la patada, haciendo uso de la fuerza explosiva cíclica, en la salida se ve la fuerza explosiva acíclica, buscando generar la mayor cantidad de fuerza en el menor tiempo posible para hacer la mejor salida posible. En el transcurso de la prueba, se busca mantener una adecuada aplicación de fuerza, donde se evidencia la resistencia a la fuerza aláctica-láctica, a su vez evitando la pérdida de velocidad, en esto se ve reflejada la resistencia a la velocidad máxima-capacidad aláctica. (Cuartero et al., 2010).

5.4.1 Características neuromusculares

Neuromuscular “Relativo a la conexión entre nervios y músculos” (RAE, sf) en la literatura al mencionar el término neuromuscular, se hace referencia a las acciones que implican la contracción muscular, y a las manifestaciones de la fuerza que se pueden dar de esto, como en el

estudio de (García et al., 2016) se analizan variables de la fuerza a través de test como CMJ y SJ.

Los aspectos neuromusculares han demostrado tener un alto impacto en el deporte de natación carreras, teniendo en cuenta que “la natación es la acción de desplazarse en el medio acuático, que es efectuada gracias a la fuerza muscular voluntaria” (Cancela et al., 2013, citado por Farfán 2020). Los requerimientos de movimientos de carácter neuromuscular están presentes en todo momento de la prueba, desde la salida buscando realizar el gesto lo más rápido posible y con la mayor cantidad de fuerza, los mismo ocurre durante la prueba al intentar mantener esos requerimientos de fuerza en los movimientos que se dan repetitivamente, para realizar la mejora en la marca del deportista. Esto se trabaja tanto en el agua como en tierra, con medios como las paletas, aletas, bandas, pesas, etc, esto dependerá del trabajo que se busque hacer y en que medio.

5.4.2 Características Cardiorrespiratorio

Cardiorrespiratorio “Pertenece o relativo al corazón y al aparato respiratorio.” (RAE, sf) Este término hace referencia a 2 conceptos, tanto lo relacionado con el corazón y con el sistema respiratoria, por tanto, en estas características se pueden apreciar mediciones de variables que se ven modificadas con el ejercicio físico. La capacidad cardiorrespiratoria es uno de los factores fundamentales del rendimiento, el evaluar sus variables proporciona la posibilidad de planificar el entrenamiento de manera individualizada y a su vez es un predictor de rendimiento deportivo. (Melo et al., 2020). Se analizan variables como el consumo máximo de oxígeno, la velocidad aeróbica máxima, umbrales ventilatorios, frecuencia cardiaca, entre otros. El entrenamiento puede repercutir en los resultados de estas variables, por tanto, son usados para establecer objetivos que permiten al entrenador una planificación basada en datos reales, y al deportista conseguir las condiciones que le permiten alcanzar sus objetivos.

5.4.3 Características Antropométricas

“La antropometría es la cuantificación morfológica y se destaca por describir sus características” (Farfán, 2020). La antropometría en la natación permite la selección de talentos a partir de sus características físicas, además de también controlar esas variables, tanto las que pueden ser modificadas con el entrenamiento, como las que no, por ejemplo, el % de grasa. Se encarga del estudio estructural anatómico, utilizándose como instrumento en la ergonomía estática y dinámica, que son las mediciones del cuerpo sin movimiento y con movimiento respectivamente,

la última conocida como biomecánica, mencionado en informe de protocolo antropométrico y estática por la Escuela de Ingeniería Julio Garavito (2019) citado por Farfán (2020).

Las diferentes características antropométricas son principalmente obtenidas por medio del protocolo establecido por ISAK, en el cual se pueden tomar medidas como talla, peso, perímetros, pliegues, etc, y de estos obtener valores de su composición corporal, estos proporcionan información sobre el desarrollo, la nutrición y el rendimiento de los deportistas (López, 2002, citado por Farfán 2020). Los valores de las variables antropométricas determinan aspectos importantes como la capacidad de propulsión y la capacidad de superar las fuerzas de resistencia que se generan al desplazar el cuerpo en el agua (Marinho, 2021).

6 Metodología

6.1 Diseño investigativo

El enfoque investigativo de este estudio es cuantitativo, debido a que se hace medición de variables y se realiza análisis de los resultados a partir de métodos estadísticos; en cuanto al alcance es de tipo correlacional ya que tiene como finalidad conocer la relación entre las variables antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias con el rendimiento en la prueba de 50 metros libre a partir de un diseño no experimental transversal ya que se hace una recolección de datos en un solo momento. (Sampieri et al 2014).

6.2 Población y muestra

La población y muestra está conformada por 10 deportistas (7 hombres y 3 mujeres) pertenecientes a la preselección Antioquia de natación carreras, los cuales cumplen con ser de la categoría abierta que va desde los 14 años en adelante, tienen un nivel de entrenamiento de alto rendimiento y una edad promedio de 18,8 años, entrenan ocho veces por semana en agua y cinco veces por semana en tierra, con una duración de 2 horas el entrenamiento en agua y 1 hora en tierra. Participan de forma voluntaria en este estudio.

6.3 Criterios de selección

6.3.1 Criterios de inclusión

- Pertenecer a la preselección Antioquia.
- Pertenecer a la categoría abierta.
- Tener servicio de EPS.
- Contar con seguro deportivo.
- Presentarse a la valoración médica realizada por Indeportes Antioquia.

6.3.2 Criterios de exclusión

- Incapacidad médica para que impida la presentación de los test en las fechas que se realizan.

- Imposibilidad de asistencia a los test debido a encontrarse en un lugar diferente.
- No firmar el consentimiento informado.

6.4 Control de sesgos

- Sesgos de selección: La muestra con la que se llevó a cabo la investigación fue seleccionada de forma intencional.
- Sesgos de información: para evitar sesgos de información la medición antropométrica la realizó un evaluador (personal de nutrición de la Liga de natación de Antioquia) certificado con Isak 2 y para la medición de los parámetros neuromusculares y cardiorrespiratorios fueron realizados por el personal del laboratorio de Indeportes Antioquia.
- Sesgos de confusión: Para controlar los sesgos de confusión se les pide a los deportistas no consumir bebidas alcohólicas 24 horas antes de la realización de las pruebas, los instrumentos de medición cumplen con plena funcionalidad.

6.5 Variables

Las variables que se analizan se dividen en 3 grupos, antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias, con relación a otra variable que es el rendimiento en la prueba 50m libre.

Antropométricas:

- Índice de sustancia activa
- Porcentaje Graso

Neuromusculares:

- Altura promedio en counter movement jump
- Velocidad media propulsiva ante cada carga en sentadilla completa
- Repetición máxima en sentadilla completa

Cardiorrespiratorias:

- VO2 máximo relativo
- VO2 máximo absoluto

- Velocidad VO₂ máximo
- Velocidad umbral ventilatorio 1
- Velocidad umbral ventilatorio 2
- Frecuencia cardiaca máxima

6.6 Protocolos

Evaluaciones antropométricas: Los participantes agendaron cita con la nutricionista de la liga de natación de Antioquia, la cual tiene certificación ISAK y se encarga de realizar las mediciones antropométricas, en la cual se toma la medida de talla, peso, perímetro cintura, perímetro cadera, 9 pliegues cutáneos. A partir de estos datos se determina el AKS, se halla el porcentaje de grasa y a partir de este se usa para calcular porcentaje de grasa corporal en deportistas de alto rendimiento.

Prueba salto CMJ: Calentamiento de 10 minutos en ciclo seguido de 10 saltos con contramovimiento, cada participante se ubica en la plataforma de salto y realiza 3 saltos con las manos en la cadera con descansos entre las ejecuciones permitiendo que el deportista se acomode para realizar nuevamente el salto. Se usa la media de la altura alcanzada en el CMJ para realizar el análisis estadístico.

Ergoespirometría en banda: Uso del protocolo Kinderman, se pone una máscara al sujeto la cual permite medir los gases que intervienen, se usa un pulsómetro en el pecho para controlar la frecuencia cardiaca. Inician a desplazarse en banda a una velocidad de 4 k/h durante 5 minutos, se incrementa a 6 k/h por 2 minutos, acabado este periodo de calentamiento se empieza a incrementar la velocidad en 1 k/h cada minuto que transcurre, hasta que el deportista no pueda continuar con la ejecución de la prueba o que el coeficiente respiratorio (RQ) supere un valor de 1.20, debido a que es un indicador de esfuerzo maximal. Para terminar el deportista se mantiene 5 minutos más con una velocidad de 4k/h. Los valores que se obtienen para análisis con el volumen de consumo máximo de oxígeno relativo (VO₂máx relativo), el volumen de consumo máximo de oxígeno absoluto (VO₂máx absoluto), la velocidad en la que se alcanza el VO₂máx, la velocidad en la que alcanza el umbral ventilatorio 1 (VT1), la velocidad a la que alcanza el umbral ventilatorio 2 (VT2) y la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx).

Prueba de carga progresiva en el ejercicio de sentadilla completa: Prueba realizada para hallar la fuerza en miembros inferiores a través de la sentadilla completa, se usa una máquina Smith (Multipower Fitness Line, Peroga, Murcia, España). Los participantes inician desde una posición erguida en bipedestación descendiendo hasta el punto en el que los muslos y las pantorrillas hacen contacto entre sí, inmediatamente hacen un movimiento contrario ascendiendo a la posición inicial, la fase excéntrica se realiza a una velocidad normal y controlada, por el contrario, en la fase excéntrica del ejercicio se hacía a la máxima velocidad posible para el deportista. Se inicia con un peso de 35 Kg y se va incrementando progresivamente en 10 Kg con descansos de 3 minutos entre cada serie que realizaba, hasta llegar a una velocidad inferior a 0,6 m/s en el desplazamiento ascendente, en ese momento se terminaba la prueba.

Prueba de natación de 50 metros libre: Se toma el mejor tiempo que tenga registrado en el ranking de la liga de natación de Bogotá realizado en el año 2022, esto debido a que ahí se encuentran los tiempos de los deportistas registrados en la FECNA.

6.6 Análisis estadístico

Se realiza el análisis en el programa Jamovi determinando los estadísticos descriptivos de todas las variables, se analiza la distribución de los datos a través de Shapiro Wilk, y los valores indican una distribución normal por lo que se prosigue a realizar los análisis con estadística paramétrica. Se obtienen valores de media y desviación estándar de cada una de las variables, posteriormente se determina la correlación de las variables respecto a la variable de 50 metros libre usando los coeficientes de correlación de Pearson (r).

7 Resultados

Se analiza la distribución de los datos a través de Shapiro-Wilk, y los valores indican una distribución normal por lo que se prosigue a realizar los análisis con estadística paramétrica, en la tabla 1 se observan los datos descriptivos de la población.

Tabla 1.

Valores descriptivos de la población

	Sexo	Talla	Edad	Peso	AKS	% Grasa
N	F	3	3	3	3	3
	M	7	7	7	7	7
Media	F	1.65	17.7	53.1	1.01	14.0
	M	1.81	19.3	75.7	1.17	7.79
Desviación estándar	F	0.0173	2.52	2.18	0.0666	2.96
	M	0.0389	3.25	6.75	0.0795	1.05

La muestra consta de 10 sujetos de la preselección Antioquia de natación carreras, de los cuales 3 son mujeres y 7 hombres. Las medias de las variables en el sexo femenino son de 1.65 m de talla, 17.7 años, un peso de 53.1 Kg, 1.01 de índice de sustancia activa y 14% de porcentaje graso. En el sexo masculino se hallan las medias de las variables las cuales son 1.81 m de talla, 19.3 años, 75.7 Kg de peso, 1.17 de índice de masa activa y 7,79% de porcentaje graso. El único valor mayor en el sexo femenino que en el masculino es el de porcentaje graso.

Tabla 2.

Valores descriptivos de las variables de rendimiento diferenciada por sexo

	Sexo	Altura prom. CMJ (cm)	AV	RM SQ (Kg)	VO2m áx. relativo	VO2m áx. absoluto	Velocidad ad VO2máx (Km/h)	Velocidad ad umbral VT1	Velocidad ad umbral VT2	FC máx.	50 libras (s)
N	F	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Media	F	28.5	0.657	58.0	52.4	2800	15.3	9.00	13.3	194	27.3
	M	40.4	0.860	101	53.6	4102	15.9	8.00	13.0	191	24.8

Desviación estándar	F	4.86	0.0924	8.19	5.55	276	0.577	1.73	0.577	7.51	0.121
	M	6.05	0.0539	14.2	5.41	453	1.21	0.816	0.816	8.36	0.798

Tabla 3.

Matriz de correlación entre 50 metros libre y las demás variables

	AKS	% Graso	Altura prom. CMJ (cm)	AV	VO2máx relativo	RM SQ (Kg)	VO2máx absoluto	Velocidad VO2máx (Km/h)	Velocidad umbral VT1	Velocidad umbral VT2	FC máx.
50 libre (s)	-0.311	-0.142	-0.060	-0.179	0.219	-0.591	-0.236	-0.135	-0.029	-0.014	0.422

Nota. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

El análisis se realiza con los sujetos de sexo masculino debido a que la cantidad de mujeres es baja, evitando que los datos se vean sesgados, los resultados mostrados en esta tabla demuestran que existen correlaciones entre las variables y el rendimiento en 50 metros libre, ninguna de ellas es estadísticamente significativas. La correlación presentada en la variable AKS y FC máx. es moderada, el RM en sentadilla completa muestra una correlación fuerte. Las variables de % Graso, AV, VO2máx. relativo y absoluto, presentan correlación débil y las variables de Altura CMJ, la correlación es nula en relación a las variables de altura promedio en CMJ y las velocidades en las que se alcanza el VT1 y VT2.

8 Discusión

En esta investigación se realizaron pruebas para determinar las características antropométricas, neuromusculares y cardiorrespiratorias y su influencia en el rendimiento de la prueba 50 metros estilo libre, llevada a cabo con la preselección Antioquia de natación carreras. Los resultados demuestran que existe correlación entre la mayoría de las variables analizadas y el rendimiento en la prueba, sin llegar a ser estadísticamente significativos. Los valores obtenidos indican que el rendimiento en 50 metros libre está considerablemente influenciado por la variable de RM en sentadilla completa, seguido de las variables AKS y frecuencia cardiaca máxima, y con una baja influencia por las variables de % Graso, AV, VO₂máx. relativo y absoluto. Se sugiere basado en la información obtenida que el rendimiento de la prueba 50 metros libre es notoriamente influenciado por 3 variables, más que todo por el RM en sentadilla completa y un poco menos por el AKS y la frecuencia cardiaca máxima, por ello se puede concluir que la modificación de estas variables por medio del entrenamiento influirá en pruebas de velocidad en natación carreras.

Las variables antropométricas presentan correlación con la prueba, el AKS con una correlación moderada, mientras el % graso muestra correlación débil. Información que concuerda con el estudio de Dopsaj, M. et al. (2020) en el cual afirman que las variables de composición corporal de los deportistas pueden predecir el rendimiento de estos en las pruebas de sprint. Al igual que en el artículo realizado por Kjendlie, P. L., y Stallman, R. (2011) donde mencionan que de los estudios analizados encontraban que el % de grasa corporal tenía poca correlación o no la tenía con el rendimiento en natación, y por otro lado una mayor masa corporal magra si influía en el rendimiento, esto debido a que refleja una mayor hipertrofia muscular. Se evidencia que ocurre lo mismo en este estudio, mostrando que el AKS tiene mayor influencia que el % graso sobre el rendimiento en pruebas de velocidad.

En el componente neuromuscular se analizó la altura promedio del CMJ, el AV que es la velocidad media propulsiva ante cada carga y el RM en sentadilla completa. La relación que mostró el CMJ fue nulo, tiene semejanza con los resultados del estudio de Garrido et al. (2010) que encontraron que los saltos no mostraban una correlación significativa y era débil. En estudios diferentes se ha encontrado que esa variable de salto sí tiene una correlación estadísticamente significativa con el rendimiento en natación, como en el estudio de Geladas et al. (2005). Esto puede darse debido a que esos movimientos acíclicos se dan con mayor o menor frecuencia

dependiendo de la prueba, y tal y como se menciona por Garrido et al. Puede influir más la técnica de esos movimientos que la fuerza que se ve implicada. Los valores de velocidad promedio ante las cargas y el RM en sentadilla completa confirman las afirmaciones que hacen Watanabe y Takai. (2005) citados por Garrido et al. (2010) mencionando que la fuerza muscular es un factor explicativo importante del rendimiento en los 50 metros. El valor de correlación inversa del RM en sentadilla nos indica que tiene una correlación fuerte, por lo tanto, su influencia sobre el rendimiento en 50 metros libre es notoria.

En las características cardiorrespiratorias se evidencia que existe una correlación débil en la que sugiere que a mayor VO₂ máximo relativo, mayor será el tiempo, algo que afectará de forma negativa el rendimiento. Las variables de velocidad a la que se alcanza el VO₂ máximo y el VO₂ máximo absoluto indican que hay correlación inversa baja y a mayor resultado de éstas menor tiempo en la prueba obtendrá. En las investigaciones realizadas por Lätt et al. (2010) y Morais et al. (2021) analizan variables fisiológicas, energéticas y de eficiencia entre ellas el VO₂, frecuencia cardiaca, VO₂ relativo y absoluto. Los resultados demuestran que existe relación entre las variables y el rendimiento en natación, lo cual coincide con los resultados de esta investigación. Al igual que en el estudio de Lätt et al. El VO₂ relativo muestra que no tiene influencia sobre el rendimiento en pruebas de distancia corta como 50 y 100 metros. Según Morais et al. el VO₂ máximo en distancias más largas como 400 metros tiene una mayor influencia en el rendimiento de la prueba, por tanto, se puede sugerir que la variable de VO₂ máximo es un mejor predictor de rendimiento en pruebas de media y larga distancia.

9 Conclusiones

El rendimiento en 50 metros libre de los nadadores de la preselección Antioquia de natación carreras se ve influenciado por las características antropométricas, neuromusculares y cardio respiratorias, para esta prueba en específico el RM en sentadilla completa tuvo la mayor relación inversa fuerte sobre el rendimiento, el AKS tiene una relación inversa moderada sobre esta, la FC máx. también tiene una relación positiva moderada, y las demás variables analizadas tienen baja o nula influencia sobre la prueba. Concluyendo que sí existe relación entre estas variables analizadas en el estudio y la prueba de 50 metros estilo libre en los deportistas élite antioqueños.

10 Recomendaciones

En esta investigación se determinó la relación de algunas variables con el rendimiento en 50m libre, se encontró influencia no estadísticamente significativa de algunas variables sobre esta prueba, valores que se pueden ver afectados por la cantidad de deportistas analizados y lo heterogéneo de la muestra. Por tanto, para futuras investigaciones se recomienda realizar estudios con una mayor cantidad de sujetos, diferenciando su sexo y teniendo en cuenta las edades y el tiempo de entrenamiento que llevan. Contemplar el análisis de la población de sexo femenino para llegar a obtener valores que permitan generalizar de manera más amplia los datos que se hallen.

La población de esta muestra fue la preselección Antioquia de natación carreras, deportistas élite antioqueños, la aplicación de un estudio de este tipo puede orientarse a ser realizado con poblaciones de rendimientos diferentes, permitiendo saber qué influye sobre los resultados en determinados momentos su proceso deportivo.

La aplicación de estudios de este tipo en dirección a conocer las variables que verdaderamente influyen dependiendo de las distancias de nado o el estilo en el que se especializa el deportista podría permitir un proceso de entrenamiento direccionado a los factores que mejorarán el rendimiento de forma notoria y evitar procesos inadecuados con la intención de mejorar en aspectos que no repercutirán en los objetivos que buscan lograr o por el contrario disminuyan su rendimiento.

Referencias

- Aguilera, S. P., & Enero, Y. V. (2015). Análisis técnico del estilo de nado crol. *Journal of Movement & Health*, 16(1).
- Barrios, G. C. V. (2007). *Aplicación de un plan de entrenamiento tradicional para el mejoramiento de la prueba 400 metros libre de los nadadores próximos a asistir a juegos centroamericanos y nacional interclubes en la modalidad de natación carreras* (Doctoral dissertation, Universidad de Antioquia).
- Comité Olímpico Internacional. (sf). Tokyo 2020 resultados natación. <https://tinyurl.com/4wqx57r2>
- Cuartero, M., del Castillo, J., Torrallardona, X., & Murio, J. (2010). *Entrenamiento de las Especialidades de Natación*. Cultivalibros.
- Domínguez, M. E., & Saraví, J. R. (2013). Caracterizando a la natación desde el enfoque praxiológico. In *X Congreso Argentino y V Latinoamericano de Educación Física y Ciencias (La Plata, 2013)*.
- Dopsaj, M., Zuoziene, I. J., Milić, R., Cherepov, E., Erlikh, V., Masiulis, N., ... & Vodičar, J. (2020). Body composition in international sprint swimmers: Are there any relations with performance?. *International journal of environmental research and public health*, 17(24), 9464.
- Dos Santos, M. A., Henrique, R. S., Salvina, M., Silva, A. H. O., Junior, M. A. D. V., Queiroz, D. R., ... & Nevill, A. M. (2021). The influence of anthropometric variables, body composition, propulsive force and maturation on 50m freestyle swimming performance in junior swimmers: An allometric approach. *Journal of Sports Sciences*, 39(14), 1615-1620.
- Farfán, D. A. (2020). Revisión sistemática del perfil antropométrico y somatotipo en nadadores de alto rendimiento.
- Federación Colombiana de Natación [FECNA]. (2023). REGLAMENTO FECNA NATACIÓN CARRERAS 2023.
- Federación Colombiana de Natación [FECNA]. (sf). Natación Carreras. <https://tinyurl.com/5982nct2>
- García, F., Cámara, J. C., González, F. T., Párraga, J. A., Muñoz, M., & Latorre, P. Á. (2016). Physiological and neuromuscular response to a simulated sprint-distance triathlon: effect of age differences and ability level. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 1077-1084.

- Garrido, N., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Costa, A. M., Silva, A. J., Pérez-Turpin, J. A., & Marques, M. C. (2010). Relationships between dry land strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers. *Journal of Human Sport and Exercise*, (II), 240-249.
- Geladas, N. D., Nassis, G. P., & Pavlicevic, S. (2005). Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. *International journal of sports medicine*, 26(02), 139-144.
- González, A. F. R., Molina, Y. A. C., García, R. L. D., & Arango, J. C. (2018). La producción científica alrededor de la natación, carreras en la región de Sudamérica. *Boletín Redipe*, 7(2), 86-93.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación Mc graw hill. México DF: Interamericana Editores.
- International Society for the Advancement of Kinanthropometry [ISAK]. (sf). <https://tinyurl.com/2hmd27ea>.
- Jeyapal, C. P., Prakash, P. S., & Sivalingam, S. (2017). An Investigation on the Anthropometric Profile and Its Relationship with Physical Performance of Adolescent Indian Swimmers—A Comparative Study. *IOSR J Dent Med Sci*, 16(03), 118-26.
- Kao, S. (2018). *The Relationship Between Strength and Power Measures with Sprint Freestyle Performance in Division 1 Collegiate Swimmers* (Doctoral dissertation, Arizona State University).
- Kjendlie, P. L., & Stallman, R. (2011). Morphology and swimming performance. *World Book of Swimming. From Science to Performance*. New York: Nova, 203-222.
- Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., & Rodríguez, F. A. (2010). Indicadores Fisiológicos, Biomecánicos y Antropométricos del Rendimiento del Esprint de Natación en Nadadores Adolescente. *Revista Digital G-SE Standard (España)*, 13, 58.
- López, E. M. (1980) *EVALUACION FUNCIONAL DE LA SELECCION ANTIOQUIA*. Universidad de Antioquia.
- Marinho, D. A., Neiva, H. P., Branquinho, L., & Ferraz, R. (2021). Anthropometric characterization and muscle strength parameters in young female swimmers at national level: The relationship with performance in the 50m freestyle.

- Melo, J., Niño, O., Montoya, G., Castro, Y., Garzón, M., Quiroga, N., ... & Yanci, J. (2020). Características antropométricas y capacidad cardiorrespiratoria de corredores de montaña masculinos y femeninos. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 37(199), 310-317.
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Silva, A. J., & Marinho, D. A. (2021). Young Swimmers' Anthropometrics, Biomechanics, Energetics, and Efficiency as Underlying Performance Factors: A Systematic Narrative Review. *Frontiers in Physiology*, 1485.
- Morais, J. E., Garrido, N. D., Marques, M. C., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2013). The influence of anthropometric, kinematic and energetic variables and gender on swimming performance in youth athletes. *Journal of human kinetics*, 39(1), 203-211.
- Navarro, F., & Gaia, A. O. (2011). *Entrenamiento físico de natación*. Cultivalibros.
- Palau, M. F., & Moreno, M. I. (2015). *Caracterización morfológica, motora y funcional de estudiantes nadadores pertenecientes a la selección de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali* (Doctoral dissertation).
- París, C. L. (2000). Influencia del sexo en la práctica deportiva. *Biología de la mujer deportista. Arbor*, 165(650), 249-263.
- Real Academia Española. [RAE]. (sf). Neuromuscular. En *Diccionario de la lengua española 23^a edición*. <https://tinyurl.com/25p57w25>
- Toai, B. T., Tuong, V. C., & Van Thau, D. Relationships Between Physiological Function And Performance Of Vietnam Elite Junior Female Swimmers. *Indian Federation of Computer Science in sports www. ijhpecss. org and www. ifcss. in under the auspices of International Association of Computer Science*, 5, 138.
- World Aquatics. (sf). <https://tinyurl.com/bd84j6us>.
- Yarar, H., Barug, D., Bostan, A., Kaya, A., & Aydin, E. M. (2021). Influence of physical and anthropometric properties on sprint swimming performance. *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences*, 15(2), 814-8.
- Zampagni, M. L., Casino, D., Benelli, P., Visani, A., Marcacci, M., & De Vito, G. (2008). Anthropometric and strength variables to predict freestyle performance times in elite master swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1298-1307.

Zapata, Y. (2018). Metodología de la enseñanza-Aprendizaje de la natación estilo crol. Universidad Nacional de Educación.