



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



FACULTAD DE  
CIENCIAS DE LA  
EDUCACIÓN Y DEL  
DEPORTE DE  
MELILLA

TRABAJO FINAL DE GRADO

---

ANÁLISIS DE VARIABLES  
FISIOLÓGICAS Y TEMPORALES DE  
ALUMNADO UNIVERSITARIO EN  
NATACIÓN

---

**Universidad de Granada**

Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte de Melilla

Doble Grado en Educación Primaria y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

**Autor:** Jaime Lebrón Roldán

**Tutor:** Kamal Mohamed Mohamed

**Curso académico:** 2023-2024

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MÉTODO	10
2.1. Participantes	10
2.2. Diseño	11
2.3. Variables	11
2.4. Instrumentos	12
2.5. Procedimiento	12
2.6. Temporización	13
2.7. Análisis estadístico	14
3. RESULTADOS	14
4. DISCUSIÓN	20
5. CONCLUSIONES	23
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
ANEXO	30
Anexo A. Declaración de autoría y originalidad	30
Anexo B. Gráficas de resultados	31

## RESUMEN / PALABRAS CLAVE

### Resumen

El presente trabajo pretende realizar un análisis de diferentes variables fisiológicas y temporales en el alumnado universitario en natación. En este estudio han participado 18 nadadores universitarios que han cursado la asignatura de especialización en natación (edad  $23.89 \pm 1.67$  años; altura  $174.8 \pm 7.73$  cm; peso  $74.48 \pm 12.55$  kg). Se midieron diferentes variables fisiológicas (FC reposo, FC tras esfuerzo, SO en reposo, SO tras esfuerzo, lactato producido, fuerza de presión manual y espalda) y temporales (tiempo en realizar 100m de los estilos Crawl, Espalda, Braza y Mariposa a máxima intensidad) tras un periodo de entrenamiento de 6 meses. Los instrumentos utilizados han sido, Tanita BIA BC-545N ( $r=0.95$ ); Grip Strength Dynamometer T.K.K. 5401 ( $r=0.98$ ); Back Strength Dynamometer T.K.K. 5402 Back-D ( $r=0.98$ ); Lactate Scout-4 ( $r=0.94$ ); Pulse Oximeter Omron P300 ( $r=0.95$ ); Pulsómetros Polar H10 ( $r=0.89-0.98$ ). Se ha utilizado el SPSS Statistics 28.0.1.0 llevando a cabo un análisis de tipo descriptivo, comparativo y de correlación. Los resultados mostraron homogeneidad a nivel fisiológico, destacando únicamente una producción de lactato mayor en la prueba de 100m del estilo Mariposa ( $p=0.033$ ), a su vez, la producción de lactato en el estilo Braza fue mayor en hombres que en mujeres. Aquellos nadadores con un somatotipo Ectomorfo presentaron una producción de lactato  $\sim 32,7\%$  superior al Endomorfo. Nuestro estudio presenta grandes aportaciones en relación a las variables fisiológicas y temporales de nadadores universitarios, con un número elevado de participantes y un análisis detallado de las respuestas fisiológicas, a diferencia de otros estudios en los que se discriminan algunos estilos o están centrados en nadadores de alto rendimiento.

**Palabras clave:** natación, frecuencia cardíaca, lactato, saturación de oxígeno y fisiología.

## **ABSTRACT / KEY WORDS**

### **Abstract**

The present work aims to analyze different physiological and temporal variables in university swimming students. 18 university swimmers who have taken the specialization course in swimming participated in this study (age  $23.89 \pm 1.67$  years; height  $174.8 \pm 7.73$  cm; weight  $74.48 \pm 12.55$  kg). Different physiological variables (HR at rest, HR after effort, SO at rest, SO after effort, lactate produced, manual and back pressure strength) and temporal variables (time to perform 100m of the Crawl, Backstroke, Breaststroke and Butterfly styles at maximum) were measured. intensity) after a training period of 6 months. The instruments used were Tanita BIA BC-545N ( $r=0.95$ ); Grip Strength Dynamometer T.K.K. 5401 ( $r=0.98$ ); Back Strength Dynamometer T.K.K. 5402 Back-D ( $r=0.98$ ); Lactate Scout-4 ( $r= 0.94$ ); Pulse Oximeter Omron P300 ( $r=0.95$ ); Polar H10 heart rate monitors ( $r= 0.89-0.98$ ). SPSS Statistics 28.0.1.0 was used to carry out a descriptive, comparative and correlation analysis. The results showed homogeneity at a physiological level, highlighting only a higher lactate production in the 100m Butterfly style test ( $p=0.033$ ), in turn, lactate production in the Breaststroke style was greater in men than in women. Those swimmers with an Ectomorph somatotype presented  $\sim 32.7\%$  higher lactate production than the Endomorph. Our study presents great contributions in relation to the physiological and temporal variables of university swimmers, with a high number of participants and a detailed analysis of the physiological responses, unlike other studies in which some styles are discriminated or are focused on swimmers from high performance.

**Key words:** swimming, heart rate, lactate, oxygen saturation and physiology.

## 1. INTRODUCCIÓN

La natación es una actividad humana que ha perdurado a lo largo de la historia como una habilidad vital, una forma de recreación y un deporte competitivo. Desde los primeros registros históricos de la civilización hasta la actualidad, la natación ha mantenido su relevancia como una habilidad fundamental para la supervivencia, así como una actividad beneficiosa para la salud física y mental (Belloch et al., 2011).

Según Lätt et al. (2010), la natación es una actividad compleja que implica la interacción entre el cuerpo y el agua. Para mejorar el rendimiento de los nadadores, es esencial medir y analizar diversas variables como la fisiología, la antropometría y el tiempo. Al combinar estos aspectos, se obtiene una comprensión completa de los factores que afectan y permiten la optimización del desempeño en los distintos estilos de natación. El análisis de la fisiología y el tiempo de realización de las diferentes pruebas proporciona una comprensión completa de los elementos que afectan sobre cómo se desempeñan los nadadores en los diferentes estilos.

Actualmente, la gran mayoría de trabajos y proyectos llevados a cabo con nadadores cuentan con una muestra muy pequeña, apenas de unos 8 ó 10 nadadores de media, por lo que el presente trabajo pretende arrojar información sobre una muestra más amplia de nadadores, así como destacar las diferencias significativas y aspectos relevantes de los nadadores que han participado en este estudio.

En primer lugar, debemos destacar que, para lograr una medición de las diferentes variables, el sujeto debe realizar una actividad que rompa el principio de homeostasis, que según Siff & Verkoshansky (2000):

*La homeostasis es el principio mediante el cual el organismo mantiene en equilibrio todos sus sistemas. A través del entrenamiento y la implementación de sobrecargas el organismo se desequilibra buscando nuevos niveles de adaptación. Si las cargas se repiten sistemáticamente el cuerpo comienza a realizar determinadas adaptaciones bioquímicas y estructurales con el fin de responder mejor a ese estímulo, esto es lo que denominamos adaptación específica a las demandas impuestas, es decir, el organismo se adaptará al tipo específico de carga a la que es sujeto habitualmente. Si la sobrecarga desaparece o la magnitud de ella es menor, el proceso se invierte, regresando a su estado inicial (p.95).*

De igual forma, según Weingárther (2008), para lograr estos desequilibrios los estímulos impuestos deberán ser lo suficientemente intensos como para provocarlos, como así también dosificados y e individualizados. Weingárther también observó cómo cada individuo posee distintos niveles de excitación ante el mismo estímulo, es decir, ante cargas iguales el impacto en el organismo de cada deportista responderá de diferente manera.

Debemos considerar que para que estas cargas puedan provocar un desgaste y sean óptimas, deben acercarse hasta la capacidad actual de los deportistas. Si la carga propuesta es superior o inferior a la reserva funcional, en ambos casos, el efecto del estímulo será diferente al esperado (Di Cagno, 2008).

Siguiendo con las definiciones aclaratorias y relevantes para este estudio, aparece otro concepto muy importante, que es el de *Resistencia*, a la cual se la entiende siguiendo a Zintl (1991) como:

*La capacidad de resistir psíquica y físicamente a una carga durante largo tiempo, produciéndose finalmente un cansancio (pérdida de rendimiento) insuperable, debido a la intensidad y duración de esta y/o capacidad de recuperarse rápidamente después de esfuerzos físicos y psíquicos (p. 124).*

Trabajaremos, además, con la fatiga provocada por el ejercicio, y más específicamente con la *fatiga deportiva*:

*La fatiga deportiva es considerada como el estado en el que el deportista no puede mantener el nivel de rendimiento o entrenamiento esperado. Es una situación usual y a veces necesaria dentro de la práctica deportiva, para llegar al alto rendimiento, pero si no se controla puede llevar a alteraciones importantes, incluso patológicas del deportista (Terrados, 2011, p. 63).*

Por lo tanto, al establecer una relación entre la resistencia y la fatiga, podemos obtener el resultado de un tercer concepto, que es el de *recuperación*. La recuperación la definieron Platonov y Bulatova (1998) como “el proceso que sucede después de interrumpir la actividad que ha causado la fatiga y que tiene el objetivo de restablecer los depósitos energéticos solicitados en la actividad” (p.394).

Una vez que tenemos los diferentes componentes del rendimiento, como son la condición física previa del sujeto, la resistencia, la fatiga generada y la recuperación,

tenemos que analizar las diferentes medidas de carga, que según Imperizzelli (2019), en el contexto del entrenamiento atlético, se ha descrito como la variable de entrada que se manipula para provocar la respuesta de entrenamiento deseada. La carga de entrenamiento puede describirse como externa y/o interna.

Desde una perspectiva conceptual, podemos encontrar ciertos beneficios adicionales en la monitorización del entrenamiento a través de la carga interna y carga externa. Por ejemplo, si buscamos obtener información sobre cómo el deportista está afrontando un programa de entrenamiento, podemos desacoplar la carga interna y la carga externa para comprobar como este deportista se enfrenta a los estímulos propuestos. Por lo tanto, podemos deducir que aquellos deportistas que muestren una carga interna inferior que la carga externa estándar realizada en las mismas condiciones presentan una mayor condición física. Además, en su antítesis encontramos que los atletas que muestran una mayor carga interna ante una misma carga externa se encuentran con peor forma física o en estado de fatiga (Impellizzeri, 2019).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es ver el comportamiento de la carga interna o carga fisiológica (como responden los sujetos fisiológicamente) ante una misma carga externa (que serán cuatro pruebas de 100 m de cada uno de los estilos). El problema que surge con la carga interna es que debe ser medida en el momento en el que se está realizando la prueba, y el medio acuático dificulta, e incluso imposibilita la toma de algunas de las variables. Por ello, tomaremos como referencia la carga interna sustituta, propuesta por Impellizzeri (2019), que hace referencia a la respuesta fisiológica posterior a la prueba. Además, los datos de esta carga interna sustituta deben ser tomados lo más rápido posible tras la finalización del test, dado que, a mayor tiempo transcurrido, mayor contaminación existirá en los datos. Por lo que podemos decir de manera más precisa que el objetivo del presente estudio es analizar la carga interna sustituta o fisiológica y su relación con los tiempos obtenidos en la prueba de 100 metros de cada uno de los estilos.

La medición de variables fisiológicas en la natación es de suma importancia debido a la naturaleza exigente y compleja de este deporte acuático. Estas mediciones proporcionan información vital sobre cómo el cuerpo responde y se adapta a las demandas físicas específicas impuestas por la actividad acuática (Ruiz-Navarro et al., 2023). Aunque debemos tener en cuenta las dificultades que presenta el registro y toma de datos relacionados con variables fisiológicas en las disciplinas acuáticas, ya que este medio

imposibilita la toma de datos con materiales convencionales, por lo que se debe optar por mediciones menos precisas y post esfuerzo y mantener extremada precaución en la realización de las tomas de datos para evitar que estas estén contaminadas. Además, cabe destacar, que hemos considerado aquellas variables neuromusculares como la capacidad de generar fuerza a través de la dinamometría, como parte de las variables fisiológicas.

Desde un punto de vista genérico, el ejercicio físico tiene una relación bilateral con el sistema respiratorio (Sumartiningsih & Setiowati, 2011), y más especialmente en el deporte de natación, donde los cambios en la función pulmonar debido al entrenamiento regular afectan el valor de los flujos espiratorios máximos (Yunus, 1997). Además, estudios recientes han demostrado que el entrenamiento de la natación es eficaz para mejorar la función respiratoria, aumentando el porcentaje de la capacidad vital forzada en relación a los ejercicios en tierra (Ide, Belini & Caromano 2005).

Una de las variables más relevantes y que es una de las mejores referencias en la monitorización de la intensidad de una actividad física en gran cantidad de ejercicios cíclicos ha sido la frecuencia cardíaca (Morán-Navarro, 2016). Pero, en este caso, según Navarro (2017), encontramos que el principal problema de la monitorización de la frecuencia cardíaca para obtener la intensidad del esfuerzo durante la práctica en el medio acuático es la dificultad que presenta la comunicación inalámbrica y la fuerzas hidrodinámicas que hacen que la banda torácica o de brazo presenten gran inestabilidad durante el nado, aunque este problema puede ser solucionado con la utilización de materiales como el traje de neopreno, que sujetan el pulsómetro en la posición deseada.

Siguiendo a Wilmore y Costill (2007) encontramos que una de las adaptaciones a nivel cardíaco al ejercicio físico en natación es el cambio en el volumen sistólico. Este volumen sistólico se ve alterado debido a que este se realiza en posición horizontal, por lo que el retorno venoso se ve facilitado y evitando la acumulación de sangre en las extremidades inferiores.

Además, todas estas variables son comparadas con la variable tiempo, ya que el costo energético del nado se ve influenciado en función de la velocidad (Capelli et al., 1998) y a menudo se ha evaluado a partir de la relación entre el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) y la velocidad correspondiente en los nadadores (Kjendlie et al., 2004).



Un estudio llevado a cabo por González Revuelta (1998), tuvo como objetivo comparar la carga fisiológica ante una determinada carga física y encontrar las individualidades entre los diferentes sujetos. El estudio se realizó con una muestra muy similar a la nuestra, aunque más reducida, solamente con 8 sujetos, ya que fue realizada con jóvenes estudiantes que realizan como especialidad deportiva la natación. Se registraron dos tomas de su capacidad funcional, antes y después (a diferencia de nuestro estudio, donde solo hemos realizado la toma tras realizar el programa de entrenamiento) de 8 semanas de entrenamiento aeróbico. Los resultados después de la primera medición registraron un pobre rendimiento aeróbico. Con respecto a la segunda medición, se observó que solo el 25 % de los sujetos mejoraron su resistencia aeróbica tanto en capacidad como en potencia. Tras conocer los resultados, los autores indicaron que es necesario diseñar entrenamientos teniendo en cuenta las características individuales, así como su rendimiento tomando en cuenta diferentes variables de los sujetos (González Revuelta, 1998).

Por otra parte, la evaluación con dinamómetro parece indicar una relación positiva con el rendimiento en natación. Girolid et al. (2007) evidenciaron que “la fuerza isométrica de extensores y flexores de codo es un predictor de buen rendimiento para la velocidad en 100 metros estilo libre” (p. 127).

La incorporación de la dinamometría manual ha sido implementada a través del test de fuerza isométrica *handgrip*, debido a que está relacionado estrechamente con el rendimiento en la natación, y, además, resulta muy útil para medir la fuerza en las extremidades superiores. A este test, añadimos otro igualmente relevante, que es el test de extensión de rodilla (referenciado en otras investigaciones como *test de fuerza en espalda*), ya que también se ha demostrado que tiene estrechas relaciones positivas con el rendimiento en otros deportes como fútbol, voleyball... (Garrido et al. 2012). Como inconveniente, podemos destacar que estos test se realizan a través de útiles no específicos, por lo que no se pueden comparar con gestos de competición reales.

El empleo de recursos de preparación tiene una larga trayectoria en la natación de alto rendimiento. Utensilios como aletas, palas, tablas y pull buoy son comúnmente utilizados por la mayoría de los conjuntos de natación, sin importar el nivel de destreza o la edad de los nadadores. La integración de herramientas como palas o aletas durante las sesiones de entrenamiento puede potenciar la eficiencia en la práctica de los distintos estilos de natación (Gourgoulis et al., 2008; Messinis et al., 2014; Zamparo, Pendergast, Termin,

& Minetti, 2002), reduciendo la cadencia de los movimientos de brazos en esfuerzos comparables, o la intensidad evaluada mediante la frecuencia cardíaca o los niveles de lactato. En nuestro caso, se han utilizado materiales como palas, aletas, pull-buoy y tablas como material de entrenamiento. Estos materiales no han sido utilizados durante las pruebas en la que se tomaron datos, ya que buscamos la realización del gesto de competición.

Es importante para este estudio tener en cuenta que la técnica "ideal", es decir, el patrón básico de movimientos ampliamente reconocido por la comunidad científica, las bases teóricas y la experiencia práctica, puede no coincidir exactamente con la forma en que cada individuo ejecuta la técnica. Es decir, que surgirá una técnica personal o estilo en combinación con las capacidades y condiciones individuales (Grosser & Neumaier 1986). Es esencial comprender que la técnica "ideal" o estándar, que se basa en las capacidades físicas y neuromotoras de cada individuo, se adaptará para sintetizar las habilidades únicas de cada ejecutante. Esto implica que la técnica se ajustará para incorporar los elementos básicos fundamentales descritos como "ideales", pero de manera adaptada a las características específicas de cada persona (Arsenio & Strnad, 1998).

Como los valores fisiológicos dependen de las variables antropométricas (masa muscular, masa grasa, masa ósea y masa residual) (Garrido & González, 2006), no podemos, ni debemos aceptar y determinar una variable como mejor que la otra, por lo que es necesario observar la importancia de la composición corporal para la obtención de un rendimiento óptimo (Carter & Honeyman, 1990), ya que de la cantidad y proporción de los diferentes tejidos del cuerpo depende fundamentalmente la performance del deportista (Wang et al. 1992).

En nuestro estudio se han incluido, además, algunas variables de carácter antropométrico. Aunque el objetivo del estudio no está centrado en aspectos antropométricos, hemos decidido incluir algunas variables de este tipo, como son la altura o el peso, debido a que su medición se puede llevar a cabo fácilmente, no requieren de materiales costosos y pueden resultar útiles para este estudio. Al revisar diferentes trabajos realizados por varios autores, hemos podido comprobar que la variable más utilizada y una de las que más importancia se le ha atribuido es la altura. Esta relación entre la altura corporal y la eficiencia de la natación está de acuerdo con estudios previos (Geladas et al. 2005; Jürimäe et al., 2007; Pelayo et al. 1996) y puede explicarse por el hecho de que los nadadores más altos parecen deslizarse mejor en el agua (Kjendle et al. 2011).

Igualmente, el sexo y la edad son variables a tener en cuenta por su influencia en las variables fisiológicas y de aptitud física. En relación al sexo, se han observado diferencias entre hombres y mujeres en la acumulación y distribución de la grasa corporal (Liu et al., 2013).

En base a los antecedentes descritos, con esta investigación y toma de datos pretendemos aportar información obtenida tras las medición de diferentes variables en los diferentes estilos de nado, debido a que en la gran mayoría de artículos actuales se centran en el estilo crawl. Por otro lado, nuestro estudio cuenta con una cantidad de muestras muy grande, dado que presentamos los datos de 18 nadadores, por lo que podremos arrojar gran cantidad de información sobre la respuesta fisiológica y externa de los diferentes nadadores.

Los objetivos planteados en la investigación se centran en describir, comparar y correlacionar las variables objeto de estudio agrupadas en:

- Fisiológicas: frecuencia cardíaca, fuerza (presión manual y espalda), lactato, saturación de oxígeno en sangre, metabolismo basal.
- Temporales: Tiempo 100m Crawl, Tiempo 100m Espalda, Tiempo 100m Braza, Tiempo 100m Mariposa.

## 2. MÉTODO

### 2.1. Participantes

En este estudio han participado un total de 18 alumnos que han cursado la asignatura de Especialización en Natación (edad  $23.89 \pm 1.67$  años; altura  $174.8 \pm 7.73$  cm; peso  $74.48 \pm 12.55$  Kg; % grasa  $16.7.0 \pm 8.47$ ). De estos 18 nadadores, 14 son hombres y 4 mujeres y todos cumplieron con los requisitos para ser incluidos en los análisis (cursar la asignatura y formar parte del grupo natural de esta). Todos han realizado el mismo plan de entrenamiento en los mismos días y horarios, 3 horas semanales divididas en dos sesiones a la semana. Todos los sujetos fueron informados previamente sobre el objetivo del estudio y el tipo de pruebas a realizar, y dieron su consentimiento para participar en el estudio.

**Tabla 1.** Características de la muestra en relación a la variables edad, altura y peso según el sexo.

Sexo	N	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)
Hombre	14 (77,8%)	24,21±1,63	177,64±6,34	75,66±13,04
Mujer	4 (22,2%)	22,75±1,50	165,25±2,22	70,35±11,24
Total	18	23,89±1,68	174,89±7,73	74,48±12,55

## 2.2. Diseño

En este estudio se ha utilizado un diseño empírico-analítico (cuantitativo), de tipo *ex-post-facto*, que se caracteriza por no manipular el fenómeno, utilizar un muestreo no probabilístico, no manipular variables independientes y por darse en una situación lo más real posible al gesto específico de competición de los nadadores (Cairampoma, 2015).

## 2.3. Variables

Las variables independientes que hemos utilizado para llevar a cabo este proyecto han sido: Sexo; Edad; Altura y Peso.

Por otro lado, las variables dependientes utilizadas para este estudio han sido Fuerza en dinamometría en Mano Derecha (FMD) e Izquierda (FMI) y Espalda (FE); Tiempo en realizar 100 metros en los estilos Crawl (TC), Braza (TB), Espalda (TE) y Mariposa (TM); Lactato producido tras realizar 100 metros de los estilos Crawl (LC), Braza (LB), Espalda (LE) y Mariposa (LM); Frecuencia Cardíaca Pre- Esfuerzo (en reposo) de los estilos Crawl (FCRC), Espalda (FCRE), Braza (FCRB) y Mariposa (FCRM); Frecuencia Cardíaca Post Esfuerzo tras realizar 100 metros de los estilos Crawl (FCEC), Braza (FCEB), Espalda (FCEE) y Mariposa (FCEM); Saturación de Oxígeno en sangre Pre-Esfuerzo (en reposo) de los estilos Crawl (SORC), Espalda (SORE), Braza (SORB) y Mariposa (SORM); Saturación de Oxígeno en sangre Post-Esfuerzo tras realizar 100 metros de los estilos Crawl (SOEC), Braza (SOEB), Espalda (SOEE) y Mariposa (SOEM) y Metabolismo Basal (MB) (Silverton, 2020).

Además, se tienen en cuenta ciertas variables contaminantes, como que la temperatura del agua esté en unos niveles óptimos para la práctica de la natación indoor, que los participantes hayan realizado una ingesta de alimentos adecuada para la práctica deportiva, así como evitar realizar ingestas justo antes de la realización de las diferentes pruebas y mediciones; evitar esfuerzos físicos previos a la realización de las pruebas, de manera que los deportistas acudan en pleno estado de forma a las sesiones y toma de datos; todos los deportistas han acudido a las diferentes sesiones con el material e indumentaria reglamentarios, según las indicaciones de la FINA (World Aquatics, reglamento publicado el 1 de enero de 2024). Añadir en variables contaminantes la hora del día a la que se ha realizado la prueba.

## 2.4. Instrumentos

Para llevar a cabo este estudio hemos requerido de ciertos materiales e instrumentos. Dejando de lado aquellos materiales utilizados durante los entrenamientos y específicos del deporte de natación, los materiales que se han utilizado para el registro y toma de datos de los nadadores han sido: 1) Cronómetro para natación Finis 3X100M, 2) Tallímetro modelo SECA-206, 3) Tanita BIA (Análisis de Impedancia Bioeléctrica) BC-545N [ $r=0.95$ ; precisión $\pm 100$ gr (FitnessDigital, s.f.)], 4) Grip Strength Dynamometer T.K.K. 5401 Grip-D - Grip Strength Dynamometer T.K.K. 1857 Grip-D [ $r=0.98$  precisión $\pm 0.5$ kg (Bohannon et al. 2006)], 5) Back Strength Dynamometer T.K.K. 5402 Back-D [precisión $\pm 0.5$ kg (Medishop.gr, s.f.)], 6) Analizador de lactato portátil Lactate Scout-4 [ $r= 0.94$  (Tanner, 2010)], 7) Pulse Oximeter Omron P300 [ $r=0.95$  (Kumar, 2023)], 8) Pulsómetros Polar H10 (con sensor de frecuencia cardíaca)[ $r= 0.89-0.98$  (Ruiz, 2022)], 9) Hoja de registro *Ad Hoc* (base de datos).

## 2.5. Procedimiento

Se utilizó un grupo natural de alumnos que llevaron a cabo un plan de entrenamiento durante 6 meses (40 sesiones aprox.) para realizar posteriormente la medición de los dos tipos de variables que se han trabajado en este estudio, temporales y fisiológicas.

Una semana antes de finalizar los entrenamientos en piscina con los diferentes nadadores se realizó una sesión de laboratorio (extraordinaria a los entrenamientos, por lo que no constó como una sesión de entrenamiento) en la que se realizaron los test de dinamometría, tanto de presión manual como de fuerza de espalda, se midió a los nadadores con el tallímetro SECA-206 y se les pesó con el Tanita BIA BC-545N. Una vez obtenida toda la información se registraron los datos en una hoja de registro AdHoc para su posterior exportación y análisis con el SPSS Statistics 28.0.1.0.

Posteriormente, y una vez finalizado el plan de entrenamiento, se llevaron a cabo las mediciones de los distintos estilos, dividiendo estos en dos días. El primer día se realizó la medición de los estilos crawl y braza y el segundo día de los estilos espalda y mariposa, por lo que cada día se trabajó un estilo simétrico y un estilo asimétrico. Al separar la recogida de muestras nos aseguramos una recogida de datos más controlada y evitamos posibles contaminaciones, dado que si varias tomas de datos se realizan con poco margen de tiempo algunos datos pueden quedar alterados, como la frecuencia cardíaca, el porcentaje de saturación de oxígeno en sangre o incluso el propio tiempo puede verse aumentado debido

a la falta de recuperación completa por acumulación de fatiga de un ejercicio anterior. Por este motivo se realizó la toma de datos en dos días distintos y dejando un día de descanso entre ellos (la primera recogida fue un martes y la segunda un jueves), de este modo aseguramos que los sujetos estén completamente recuperados de las exigencias de la toma de datos anterior.

El día de la recogida de datos en piscina se realizó el mismo proceso con los cuatro estilos. En primer lugar, se tomó la Frecuencia Cardíaca y saturación de oxígeno en sangre en reposo del nadador que iba a realizar la prueba. Tras obtener estos datos, se procedió a la realización de la prueba de 100m de uno de los estilos con su correspondiente medida de tiempo, y justo al finalizar la prueba (y asegurándonos de secar muy bien la zona) se tomaba el lactato en la yema de los dedos, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno tras el esfuerzo. Este proceso se repitió cuatro veces con cada nadador, una por cada estilo. Cada nadador descansó, al menos, 30 minutos entre la realización de las pruebas. Todos los datos obtenidos se anotaron en una hoja de registro *AdHoc* para su posterior análisis.

Tras obtener todos los datos, se exportaron al programa SPSS para realizar diferentes tipos de análisis; descriptivo, comparativo y de correlación.

## **2.6. Temporización**

Se llevó a cabo un entrenamiento específico de natación durante 6 meses todos los martes y jueves, por lo que en total se llevaron a cabo aproximadamente 40 sesiones de entrenamiento de natación. Todos los sujetos ya habían tenido contacto con la natación y conocen los fundamentos técnico-tácticos de este deporte. La duración de cada una de las sesiones ha sido de una hora y media.

En la última semana de entrenamiento (del 19 al 25 de febrero) se llevó a cabo una sesión de toma de datos de laboratorio, además de la respectiva sesión de entrenamiento. Esa misma semana se llevó a cabo una sesión de toma de datos en piscina (día 22 de febrero), donde se recogieron los datos de las pruebas de 100 m crawl y 100 m braza. Posteriormente, se llevó a cabo otra sesión de toma de datos a la siguiente semana (día 27 de febrero) de las pruebas de 100 m espalda y 100 m mariposa.

**Tabla 2. Fases del proceso de investigación.**

Fases de investigación	2023				2024					
	S	O	N	D	E	F	Mr	A	My	
Realización del plan de entrenamiento.	■									
Trabajo de campo.						■				
Revisión bibliográfica.						■	■			
Tratamiento de datos y análisis estadístico.							■			
Elaboración de artículo para TFG.								■	■	

### 2.7. Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico se ha utilizado el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) en su versión IBM SPSS Statistics 28.0.1.0. En el procedimiento del análisis estadístico, en base al perfil de las variables, se ha optado por medidas descriptivas y de frecuencias. En el análisis comparativo de variables con 2 niveles se ha realizado la Prueba T para muestras independientes, mientras que para las variables con 3 o más niveles se seleccionó el ANOVA de un factor. Por último, se ha establecido un análisis de Correlación Bivariadas. El nivel de significación estadístico se ha establecido en  $p \leq 0,050$ .

## 3. RESULTADOS

En base al análisis descriptivo de variables fisiológicas del total de nadadores (Tabla 3), se encontraron valores aumentados de FC en reposo previa realización de la prueba de 100 m Mariposa. En la prueba de 100 m Braza se generó significativamente mayor cantidad de lactato respecto al resto de pruebas. El tiempo medio de rendimiento de la prueba de 100 m crawl fue de  $79,29 \pm 11,3$  seg, de la prueba de 100 m espalda  $99,39 \pm 11,46$  seg, de la prueba de 100 m braza  $105,28 \pm 11,1$  seg y de la prueba de 100 m mariposa  $106,28 \pm 13,51$  seg.

**Tabla 3. Análisis descriptivo de variables fisiológicas del total de nadadores. N=18**

	Mínimo	Máximo	Media	DE
Edad	22	28	23,89	1,676
Altura (cm)	163	187	174,89	7,730
Peso (kg)	57,2	107,2	74,483	12,5503
Metabolismo Basal (kcal)	1363	2501	1829,94	284,275
Fuerza Mano Derecha (kg)	28,0	63,5	45,711	10,1664
Fuerza Mano Izquierda (kg)	26,0	59,5	43,656	9,7930
Fuerza Espalda (kg)	96,5	238,0	157,667	40,1376
Tiempo 100 Crawl (seg)	62	105	79,39	11,299
Tiempo 100 Espalda (seg)	74	119	99,89	11,458
Tiempo 100 Braza (seg)	84	129	105,28	11,103
Tiempo 100 Mariposa (seg)	85	141	106,28	13,516

Lactato 100 Crawl (mmol/l)	8,1	14,8	11,311	1,8175
Lactato 100 Espalda (mmol/l)	6,0	16,3	10,000	2,9518
Lactato 100 Braza (mmol/l)	6,2	20,3	10,217	3,6651
Lactato 100 Mariposa (mmol/l)	8,2	15,6	10,872	1,9417
Frecuencia Cardíaca Reposo 100 Crawl (lpm)	54	106	75,61	13,583
Frecuencia Cardíaca Reposo 100 Espalda (lpm)	56	120	78,33	18,095
Frecuencia Cardíaca Reposo 100 Braza (lpm)	55	140	76,33	20,717
Frecuencia Cardíaca Reposo 100 Mariposa (lpm)	50	140	85,33	25,884
Frecuencia Cardíaca Esfuerzo 100 Crawl (lpm)	123	187	158,28	14,364
Frecuencia Cardíaca Esfuerzo 100 Espalda (lpm)	120	228	159,78	30,547
Frecuencia Cardíaca Esfuerzo 100 Braza (lpm)	147	220	178,56	18,059
Frecuencia Cardíaca Esfuerzo 100 Mariposa (lpm)	114	220	169,67	21,912
Saturación Oxígeno Sangre Reposo 100 Crawl (%)	97	99	98,00	0,686
Saturación Oxígeno Sangre Reposo 100 Espalda (%)	95	99	97,83	1,043
Saturación Oxígeno Sangre Reposo 100 Braza (%)	97	99	98,11	0,758
Saturación Oxígeno Sangre Reposo 100 Mariposa (%)	96	99	97,94	0,802
Saturación Oxígeno Sangre Esfuerzo 100 Crawl (%)	96	99	97,33	1,085
Saturación Oxígeno Sangre Esfuerzo 100 Espalda (%)	96	99	96,78	0,878
Saturación Oxígeno Sangre Esfuerzo 100 Braza (%)	96	99	97,00	0,840
Saturación Oxígeno Sangre Esfuerzo 100 Mariposa (%)	96	99	97,11	0,900

En base al análisis comparativo de las variables fisiológicas por sexo (Tabla 4), no se encontraron diferencias significativas entre las variables fisiológicas y la variable sexo. En relación a las variables fisiológicas por sexo no se encontraron diferencias, significativas excepto en la variable altura ( $p=0,011$ ). (Tabla 3).

**Tabla 4.** Análisis comparativo de variables fisiológicas por sexo.

		N	M	DE	p
Edad	Hombre	14	24,21	1,626	0,826
	Mujer	4	22,75	1,500	
Altura (cm)	Hombre	14	177,64	6,344	0,011*
	Mujer	4	165,25	2,217	
Peso (kg)	Hombre	14	75,664	13,0416	0,966
	Mujer	4	70,350	11,2358	
Metabolismo Basal (kcal)	Hombre	14	1914,14	260,338	0,148
	Mujer	4	1535,25	123,961	
Fuerza Mano Derecha (kg)	Hombre	14	49,079	8,7424	0,189
	Mujer	4	33,925	4,0434	
Fuerza Mano Izquierda (kg)	Hombre	14	46,957	8,2073	0,300
	Mujer	4	32,100	4,7596	
Fuerza Espalda (kg)	Hombre	14	166,143	39,4235	0,668
	Mujer	4	128,000	29,7574	
Tiempo 100 Crawl (seg)	Hombre	14	75,86	8,934	0,627
	Mujer	4	91,75	10,751	
Tiempo 100 Espalda (seg)	Hombre	14	97,86	11,674	0,390
	Mujer	4	107,00	8,165	
Tiempo 100 Braza (seg)	Hombre	14	102,00	9,021	0,446
	Mujer	4	116,75	10,966	
Tiempo 100 Mariposa (seg)	Hombre	14	104,43	11,420	0,274
	Mujer	4	112,75	19,956	
Lactato Crawl (mmol/l)	Hombre	14	11,393	1,8011	0,982
	Mujer	4	11,025	2,1266	
Lactato Espalda (mmol/l)	Hombre	14	10,200	3,1754	0,530
	Mujer	4	9,300	2,2000	



Lactato Braza (mmol/l)	Hombre	14	10,557	4,1118	0,063*
	Mujer	4	9,025	0,6500	
Lactato Mariposa (mmol/l)	Hombre	14	11,271	1,9828	0,317
	Mujer	4	9,475	0,9912	
F.C. Reposo Crawl (lpm)	Hombre	14	77,71	13,453	0,865
	Mujer	4	68,25	12,971	
F.C. Reposo Espalda (lpm)	Hombre	14	80,43	19,504	0,148
	Mujer	4	71,00	10,708	
F.C. Reposo Braza (lpm)	Hombre	14	77,71	22,879	0,392
	Mujer	4	71,50	11,121	
F.C. Reposo Mariposa (lpm)	Hombre	14	89,79	27,130	0,064
	Mujer	4	69,75	13,817	
F.C. Esfuerzo Crawl (lpm)	Hombre	14	159,00	15,571	0,448
	Mujer	4	155,75	10,372	
F.C. Esfuerzo Espalda(lpm)	Hombre	14	165,93	30,492	0,729
	Mujer	4	138,25	21,546	
F.C. Esfuerzo Braza (lpm)	Hombre	14	180,93	19,731	0,227
	Mujer	4	170,25	6,551	
F.C. Esfuerzo Mariposa (lpm)	Hombre	14	171,14	24,638	0,244
	Mujer	4	164,50	6,658	
S. O <sup>2</sup> . Reposo 100 Crawl (%)	Hombre	14	97,93	0,616	0,185
	Mujer	4	98,25	0,957	
S. O <sup>2</sup> . Reposo 100 Espalda (%)	Hombre	14	97,93	1,072	0,879
	Mujer	4	97,50	1,000	
S. O <sup>2</sup> . Reposo 100 Braza (%)	Hombre	14	98,29	0,726	0,541
	Mujer	4	97,50	0,577	
S. O <sup>2</sup> . Reposo 100 Mariposa (%)	Hombre	14	98,14	0,663	0,293
	Mujer	4	97,25	0,957	
S.O <sup>2</sup> . Esfuerzo 100 Crawl (%)	Hombre	14	97,43	1,158	0,113
	Mujer	4	97,00	0,816	
S.O <sup>2</sup> . Esfuerzo100 Espalda (%)	Hombre	14	96,79	0,893	0,802
	Mujer	4	96,75	0,957	
S.O <sup>2</sup> . Esfuerzo 100 Braza (%)	Hombre	14	97,00	0,877	0,845
	Mujer	4	97,00	0,816	
S.O <sup>2</sup> . Esfuerzo100 Mariposa (%)	Hombre	14	97,07	0,917	0,814
	Mujer	4	97,25	0,957	

\* p < .05

En el análisis comparativo de variables fisiológicas por somatotipo (Tabla 5), se encontraron diferencias significativas en los tiempos de los estilos Crawl ( $p=0.022$ ), Braza ( $p=0.040$ ) y Mariposa ( $p=0.011$ ). Además, se encontraron diferencias significativas en la producción de lactato del estilo Mariposa ( $p=0.033$ ).

**Tabla 5. Análisis comparativo de variables fisiológicas por somatotipo.**

		N	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
Edad	Ectomorfo	3	24,00	1,000	23	25	0,982
	Mesomorfo	11	23,91	1,814	22	28	
	Endomorfo	4	23,75	2,062	22	26	
	Total	18	23,89	1,676	22	28	
Altura (cm)	Ectomorfo	3	172,33	2,309	171	175	0,551
	Mesomorfo	11	176,55	8,311	163	187	
	Endomorfo	4	172,25	8,884	164	183	
	Total	18	174,89	7,730	163	187	
Peso (kg)	Ectomorfo	3	62,700	4,3405	59,9	67,7	0,048*
	Mesomorfo	11	73,755	10,4433	57,2	94,8	
	Endomorfo	4	85,325	14,7967	74,8	107,2	
	Total	18	74,483	12,5505	57,2	107,2	
Metabolismo Basal (kcal)	Ectomorfo	3	1710,67	115,518	1630	1843	0,745
	Mesomorfo	11	1847,64	274,955	1363	2303	
	Endomorfo	4	1870,75	423,609	1606	2501	
	Total	18	1829,94	284,275	1363	2501	
Fuerza Mano Izquierda (kg)	Ectomorfo	3	41,767	6,3799	34,4	45,5	0,299
	Mesomorfo	11	46,391	8,0165	32,0	59,5	
	Endomorfo	4	37,550	14,8794	26,0	59,4	
	Total	18	43,656	9,7920	26,0	59,5	
Fuerza Espalda (kg)	Ectomorfo	3	150,167	39,8884	108,5	188,0	0,446
	Mesomorfo	11	167,091	42,2915	96,5	238,0	
	Endomorfo	4	137,375	33,8732	107,5	173,5	
	Total	18	157,667	40,1376	96,5	238,0	
Tiempo 100 Crawl (seg)	Ectomorfo	3	79,33	15,822	62	93	0,022*
	Mesomorfo	11	74,82	6,882	66	83	
	Endomorfo	4	92,00	10,488	83	105	
	Total	18	79,39	11,299	62	105	

<b>Tiempo 100 Espalda (seg)</b>	Ectomorfo	3	87,67	12,662	74	99	0,073
	Mesomorfo	11	100,64	9,922	83	117	
	Endomorfo	4	107,00	9,487	98	119	
	Total	18	99,89	11,458	74	119	
<b>Tiempo 100 Braza (seg)</b>	Ectomorfo	3	97,33	11,590	84	105	0,040
	Mesomorfo	11	103,36	8,346	89	114	
	Endomorfo	4	116,50	11,504	104	129	
	Total	18	105,28	11,103	84	129	
<b>Tiempo 100 Mariposa (seg)</b>	Ectomorfo	3	103,00	14,000	87	113	0,011*
	Mesomorfo	11	101,18	9,119	85	116	
	Endomorfo	4	122,75	12,633	112	141	
	Total	18	106,28	13,516	85	141	
<b>Lactato 100 Crawl (mmol/l)</b>	Ectomorfo	3	12,233	2,3798	10,1	14,8	0,508
	Mesomorfo	11	10,918	1,8449	8,1	13,5	
	Endomorfo	4	11,700	1,4071	9,9	13,2	
	Total	18	11,311	1,8175	8,1	14,8	
<b>Lactato 100 Espalda (mmol/l)</b>	Ectomorfo	3	11,833	5,1598	6,0	15,8	0,472
	Mesomorfo	11	9,855	2,7933	6,2	16,3	
	Endomorfo	4	9,025	0,9535	8,2	9,9	
	Total	18	10,000	2,9518	6,0	16,3	
<b>Lactato 100 Braza (mmol/l)</b>	Ectomorfo	3	14,667	7,0939	6,7	20,3	0,057
	Mesomorfo	11	9,509	2,3063	6,2	13,3	
	Endomorfo	4	8,825	0,7890	8,0	9,9	
	Total	18	10,217	3,6651	6,2	20,3	
<b>Lactato 100 Mariposa (mmol/l)</b>	Ectomorfo	3	13,233	1,8824	12,0	15,4	0,033*
	Mesomorfo	11	10,682	1,8099	8,2	15,6	
	Endomorfo	4	9,635	0,5500	9,1	10,1	
	Total	18	10,872	1,9417	8,2	15,6	
<b>Frecuencia Cardíaca Reposo 100 Crawl (lpm)</b>	Ectomorfo	3	78,33	22,591	57	102	0,606
	Mesomorfo	11	73,00	9,022	54	86	
	Endomorfo	4	80,75	19,138	64	106	
	Total	18	75,61	13,583	54	106	
<b>Frecuencia Cardíaca Reposo 100 Espalda (lpm)</b>	Ectomorfo	3	71,33	13,650	62	87	0,660
	Mesomorfo	11	78,00	17,297	56	110	
	Endomorfo	4	84,50	25,173	62	120	
	Total	18	78,33	18,095	56	120	
<b>Frecuencia Cardíaca Reposo 100 Braza (lpm)</b>	Ectomorfo	3	67,67	10,970	59	80	0,232
	Mesomorfo	11	73,09	15,858	55	110	
	Endomorfo	4	91,75	32,908	67	140	
	Total	18	76,33	20,717	55	140	
<b>Frecuencia Cardíaca Reposo 100 Mariposa (lpm)</b>	Ectomorfo	3	81,00	23,065	63	107	0,934
	Mesomorfo	11	85,27	25,877	50	132	
	Endomorfo	4	88,75	34,287	68	140	
	Total	18	85,33	25,884	50	140	
<b>Frecuencia Cardíaca Esfuerzo 100 Crawl (lpm)</b>	Ectomorfo	3	167,67	16,862	156	187	0,456
	Mesomorfo	11	157,27	14,643	123	173	
	Endomorfo	4	154,00	12,193	144	170	
	Total	18	158,28	14,364	123	187	
<b>Frecuencia Cardíaca Esfuerzo 100 Espalda (lpm)</b>	Ectomorfo	3	150,33	20,133	129	169	0,810
	Mesomorfo	11	163,36	27,901	120	228	
	Endomorfo	4	157,00	47,707	120	220	
	Total	18	159,78	30,547	120	228	
<b>Frecuencia Cardíaca Esfuerzo 100 Braza (lpm)</b>	Ectomorfo	3	169,00	14,731	156	185	0,573
	Mesomorfo	11	179,18	16,351	147	212	
	Endomorfo	4	184,00	26,077	162	220	
	Total	18	178,56	18,059	147	220	
<b>Frecuencia Cardíaca Esfuerzo 100 Mariposa (lpm)</b>	Ectomorfo	3	179,00	24,434	162	207	0,461
	Mesomorfo	11	164,36	19,112	114	186	
	Endomorfo	4	177,25	28,953	156	220	
	Total	18	169,67	21,912	114	220	
<b>Saturación De Oxígeno En Sangre Reposo 100 Crawl (%)</b>	Ectomorfo	3	98,00	0,000	98	98	0,721
	Mesomorfo	11	97,91	0,701	97	99	
	Endomorfo	4	98,25	0,957	97	99	
	Total	18	98,00	0,686	97	99	
<b>Saturación De Oxígeno En Sangre Reposo 100 Espalda (%)</b>	Ectomorfo	3	98,33	0,577	98	99	0,582
	Mesomorfo	11	97,64	1,027	95	99	
	Endomorfo	4	98,00	1,414	96	99	
	Total	18	97,83	1,043	95	99	
<b>Saturación De Oxígeno En Sangre Reposo 100 Braza (%)</b>	Ectomorfo	3	98,00	1,000	97	99	0,507
	Mesomorfo	11	98,27	0,647	97	99	
	Endomorfo	4	97,75	0,957	97	99	
	Total	18	98,11	0,758	97	99	
<b>Saturación De Oxígeno En Sangre Reposo 100 Mariposa (%)</b>	Ectomorfo	3	98,67	0,577	98	99	0,161
	Mesomorfo	11	97,91	0,701	97	99	
	Endomorfo	4	97,50	1,000	96	98	
	Total	18	97,94	0,802	96	99	
<b>Saturación De Oxígeno En Sangre Esfuerzo 100 Crawl (%)</b>	Ectomorfo	3	97,00	1,000	96	98	0,160
	Mesomorfo	11	97,09	1,044	96	99	
	Endomorfo	4	98,25	0,957	97	99	
	Total	18	97,33	1,085	96	99	
<b>Saturación De Oxígeno En Sangre Esfuerzo 100 Espalda (%)</b>	Ectomorfo	3	96,00	0,000	96	96	0,252
	Mesomorfo	11	96,91	0,944	96	99	
	Endomorfo	4	97,00	0,816	96	98	
	Total	18	96,78	0,878	96	99	
<b>Saturación De Oxígeno En Sangre Esfuerzo 100 Braza (%)</b>	Ectomorfo	3	96,67	0,577	96	97	0,540
	Mesomorfo	11	97,18	0,874	96	99	
	Endomorfo	4	96,75	0,957	96	98	
	Total	18	97,00	0,840	96	99	
<b>Saturación De Oxígeno En Sangre Esfuerzo 100 Mariposa (%)</b>	Ectomorfo	3	97,00	1,000	96	98	0,647
	Mesomorfo	11	97,00	1,000	96	99	
	Endomorfo	4	97,50	0,577	97	98	
	Total	18	97,11	0,900	96	99	

\*  $p < .05$

En base al análisis de correlación de las variables fisiológicas y temporales (Tabla 6), se encontraron diferencias significativas en el test de dinamometría de la mano derecha respecto a la mano izquierda ( $r=,951$ ;  $p=0,00$ ). Se encontraron diferencias significativas entre la FC en reposo del estilo Braza respecto a la FC en reposo del estilo Espalda ( $r=,881$ ;  $p=0,000$ ) y en la FC reposo del estilo Mariposa respecto a la FC reposo del estilo espalda ( $r=,738$ ;  $p=0,000$ ) y la FC en reposo del estilo Braza ( $r=0,664$ ;  $p=0,003$ ). En cuanto a la FC tras realizar el esfuerzo, se encontraron diferencias muy significativas entre la FC obtenida en Mariposa en correlación con la FC tras esfuerzo del estilo Crawl ( $r=0,684$ ;

$p=0.002$ ). Siguiendo con las variables fisiológicas, encontramos diferencias significativas entre la producción de lactato post -esfuerzo del estilo Espalda respecto al lactato generado en Braza ( $r=0,702$ ;  $p=0.001$ ) y en mariposa ( $r=0,711$ ;  $p=0.001$ ). En cuanto a la producción de lactato también se encontraron diferencias significativas entre el estilo braza con el estilo mariposa ( $r=0,654$ ;  $p= 0,003$ ). Por último, se encontraron diferencias significativas entre la Frecuencia Cardíaca en reposo del estilo Crawl respecto al estilo espalda ( $r=0.634$ ;  $p=0.005$ ) y respecto al estilo braza ( $r=0,617$ ;  $p=0.006$ ).

Por último, se encontraron diferencias muy significativas entre el tiempo que se tardó en realizar el test de 100m Crawl con el tiempo del test de 100m Braza ( $r=-0,815$ ;  $p=0.000$ ) y 100m Mariposa ( $r=-0,804$ ;  $p=0.000$ ). También se encontraron diferencias muy significativas entre el test de 100 m Braza con el test de 100 m Mariposa ( $r=-0,770$ ;  $p=0.000$ ).

**Tabla 6. Análisis de correlación de variables fisiológicas y variables temporales.**

	Edad	Altura	Peso	MB	FMD	FMI	FE	TC	TE	TB	TM	LC	LE	LB	LM	FCRC	FCRE	FCRB	FCRM	FCEE	FCEE	FCEB	FCEM	SORC	SORE	SORB	SORM	SOEC	SOEE	SOEB	SOEM				
Edad	r p	1																																	
Altura	r p	0,394 0,106	1																																
Peso	r p	0,210 0,404	,603** 0,008	1																															
Metabolismo Basal	r p	0,325 0,188	,850** 0,000	,873** 0,000	1																														
Fuerza Mano Derecha	r p	0,439 0,068	,806** 0,000	,572** 0,013	,832** 0,000	1																													
Fuerza Mano Izquierda	r p	0,546* 0,019	,826** 0,000	,509** 0,031	,805** 0,000	,951** 0,000	1																												
Fuerza Espalda	r p	0,299 0,228	,518* 0,028	,479* 0,044	,615** 0,007	,707** 0,001	,666** 0,003	1																											
Tiempo Crawl	r p	0,061 0,809	-0,396 0,104	0,073 0,773	-0,267 0,284	-0,422 0,081	-0,459 0,055	-0,253 0,310	1																										
Tiempo Espalda	r p	0,373 0,127	-0,037 0,885	0,342 0,165	0,067 0,790	-0,050 0,845	0,008 0,976	0,213 0,397	0,457 0,057	1																									
Tiempo Braza	r p	0,062 0,808	-0,401 0,099	0,097 0,703	-0,269 0,281	-0,339 0,169	-0,352 0,152	-0,135 0,592	,815** 0,000	,519* 0,027	1																								
Tiempo Mariposa	r p	0,290 0,244	-0,091 0,720	0,252 0,313	-0,022 0,930	-0,094 0,710	-0,179 0,477	-0,143 0,572	,804** 0,000	0,391 0,109	,770** 0,000	1																							
Lactato Crawl	r p	0,012 0,962	-0,138 0,585	0,097 0,702	0,100 0,692	0,042 0,869	-0,002 0,994	0,146 0,563	-0,190 0,449	-0,420 0,083	-0,176 0,486	-0,244 0,328	1																						
Lactato Espalda	r p	0,078 0,757	0,143 0,570	-0,045 0,859	0,105 0,679	0,116 0,645	0,142 0,573	-0,054 0,832	-0,231 0,356	-0,362 0,140	-0,259 0,299	-0,231 0,357	0,361 0,141	1																					
Lactato Braza	r p	0,235 0,348	0,075 0,767	-0,143 0,571	0,039 0,879	-0,011 0,965	0,131 0,604	-0,090 0,723	-0,093 0,713	-0,354 0,149	-0,175 0,486	-0,107 0,671	0,274 0,270	,702** 0,001	1																				
Lactato Mariposa	r p	0,174 0,489	0,209 0,405	-0,036 0,888	0,239 0,839	0,390 0,110	0,361 0,141	0,372 0,128	-0,315 0,203	-0,438 0,069	-0,333 0,177	-0,244 0,329	0,426 0,078	,711** 0,001	,654** 0,003	1																			
F.C. Reposo Crawl	r p	-0,118 0,640	0,215 0,391	0,077 0,763	0,125 0,620	-0,091 0,718	-0,045 0,860	-0,201 0,424	-0,303 0,222	-0,375 0,125	-0,226 0,367	-0,197 0,434	0,385 0,114	0,419 0,084	0,396 0,103	0,252 0,313	1																		
F.C. Reposo Espalda	r p	-0,193 0,444	0,079 0,757	-0,011 0,966	-0,014 0,955	-0,188 0,456	-0,211 0,401	-0,308 0,214	-0,177 0,483	-0,102 0,489	-0,094 0,689	0,127 0,711	0,110 0,615	-0,198 0,664	-0,087 0,430	,634** 0,732	,634** 0,005	1																	
F.C. Reposo Braza	r p	-0,283 0,254	0,106 0,676	0,145 0,567	0,058 0,818	-0,190 0,450	-0,241 0,335	-0,325 0,189	0,024 0,924	-0,054 0,833	0,073 0,773	0,177 0,483	-0,104 0,683	0,038 0,883	-0,157 0,534	-0,145 0,567	,617** 0,006	,881** 0,000	1																
F.C. Reposo Mariposa	r p	-0,198 0,430	0,336 0,173	0,037 0,884	0,106 0,674	-0,049 0,848	-0,078 0,758	-0,276 0,267	-0,193 0,443	-0,352 0,152	-0,264 0,289	-0,038 0,881	-0,007 0,978	0,050 0,845	-0,238 0,422	-0,238 0,341	,474* 0,047	,738** 0,000	,664** 0,003	1															
F.C. Esfuerzo Crawl	r p	-0,320 0,023	,484* 0,372	0,297 0,411	0,405 0,634	0,231 0,331	0,168 0,224	0,107 0,720	-0,318 0,923	-0,185 0,122	-0,374 0,656	-0,229 0,298	-0,134 0,606	0,296 0,129	-0,100 0,490	-0,001 0,194	0,300 0,563	0,405 0,209	0,462 0,240	,659** 0,435	0,292 0,435	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292		
F.C. Esfuerzo Espalda	r p	-0,320 0,196	,484* 0,042	0,297 0,231	0,405 0,096	0,231 0,357	0,168 0,505	0,107 0,673	-0,318 0,198	-0,185 0,463	-0,374 0,127	-0,229 0,361	-0,134 0,596	0,296 0,233	-0,100 0,692	-0,001 0,997	0,300 0,227	0,405 0,096	0,462 0,054	,659** 0,003	0,292 0,435	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292	0,311 0,292	0,146 0,292	0,311 0,292		
F.C. Esfuerzo Braza	r p	-0,282 0,258	0,011 0,965	0,063 0,805	0,045 0,858	-0,118 0,642	-0,212 0,398	-0,153 0,544	-0,268 0,282	-0,139 0,582	-0,290 0,243	-0,227 0,365	0,196 0,436	0,060 0,813	-0,329 0,182	-0,238 0,341	0,336 0,173	,640** 0,004	,530 0,024	,601** 0,008	0,424 0,008	,649** 0,004	0,146 0,079	0,311 0,004	0,146 0,079	0,311 0,004	0,146 0,079	0,311 0,004	0,146 0,079	0,311 0,004	0,146 0,079	0,311 0,004	0,146 0,079		
F.C. Esfuerzo Mariposa	r p	-0,408 0,093	-0,204 0,417	-0,219 0,383	-0,213 0,397	-0,269 0,281	-0,390 0,110	-0,405 0,095	0,103 0,685	-0,460 0,055	0,075 0,766	0,172 0,496	0,112 0,658	0,244 0,330	-0,032 0,899	0,054 0,831	0,294 0,237	,588* 0,010	,605** 0,008	,610** 0,007	,684** 0,002	,492** 0,038	,567** 0,014	0,020 0,014	0,020 0,014	0,020 0,014	0,020 0,014	0,020 0,014	0,020 0,014	0,020 0,014	0,020 0,014	0,020 0,014	0,020 0,014		
S.O. Reposo Crawl	r p	-0,153 0,543	-0,044 0,861	-0,098 0,698	-0,186 0,460	-0,202 0,422	-0,215 0,393	-0,288 0,246	0,273 0,273	-0,007 0,976	0,255 0,307	0,222 0,376	-0,307 0,216	0,099 0,697	0,138 0,585	-0,146 0,564	0,088 0,727	-0,261 0,296	-0,108 0,671	-0,103 0,685	-0,030 0,906	0,067 0,791	-0,114 0,653	0,020 0,939	0,020 0,939	0,020 0,939	0,020 0,939	0,020 0,939	0,020 0,939	0,020 0,939	0,020 0,939	0,020 0,939	0,020 0,939		
S.O. Reposo Espalda	r p	-0,045 0,860	-0,199 0,428	-0,226 0,367	-0,176 0,485	-0,120 0,635	-0,174 0,490	-0,277 0,266	-0,149 0,555	-0,071 0,781	-0,351 0,153	-0,022 0,932	-0,101 0,689	-0,350 0,155	-0,252 0,314	-0,310 0,210	-0,125 0,620	0,087 0,731	0,136 0,590	0,183 0,467	-0,060 0,814	0,063 0,803	0,424 0,080	0,201 0,020	0,424 0,324	0,201 0,020	0,424 0,324	0,201 0,020	0,424 0,324	0,201 0,020	0,424 0,324	0,201 0,020	0,424 0,324		
S.O. Reposo Braza	r p	0,427 0,077	0,363 0,138	0,277 0,266	0,432 0,074	,516* 0,029	,539* 0,021	,575* 0,013	-0,225 0,369	0,272 0,274	-0,255 0,306	-0,175 0,486	0,025 0,923	-0,347 0,158	-0,399 0,101	-0,110 0,665	-0,412 0,089	-0,089 0,727	-0,268 0,282	0,061 0,810	-0,160 0,527	0,113 0,656	0,120 0,636	0,120 0,636	0,120 0,636	0,120 0,636	0,120 0,636	0,120 0,636	0,120 0,636	0,120 0,636	0,120 0,636	0,120 0,636	0,120 0,636		
S.O. Reposo Mariposa	r p	0,258 0,302	0,236 0,346	-0,102 0,688	0,194 0,439	0,446 0,063	0,414 0,088	0,218 0,386	-0,335 0,174	-0,237 0,343	-0,342 0,165	-0,074 0,769	-0,032 0,900	0,330 0,181	0,354 0,149	,690** 0,002	0,100 0,692	0,054 0,831	0,129 0,611	-0,169 0,503	-0,046 0,713	-0,168 0,856	-0,154 0,505	0,059 0,816	0,059 0,816	0,059 0,816	0,059 0,816	0,059 0,816	0,059 0,816	0,059 0,816	0,059 0,816	0,059 0,816	0,059 0,816		
S.O. Esfuerzo Crawl	r p	-0,011 0,966	-0,002 0,993	0,187 0,458	0,091 0,720	-0,017 0,945	-0,093 0,715	-0,290 0,243	-0,040 0,875	-0,006 0,980	0,031 0,903	0,210 0,403	0,082 0,748	-0,303 0,221	-0,350 0,065	-0,438 0,513	0,165 0,041	,486* 0,056	,458 0,062	0,448 0,513	-0,165 0,647	0,116 0,816	0,428 0,076	0,356 0,147	-0,079 0,755	0,468 0,508	0,167 0,508	0,167 0,508	0,167 0,508	0,167 0,508	0,167 0,508	0,167 0,508	0,167 0,508		
S.O. Esfuerzo Espalda	r p	0,342 0,165	0,091 0,718	0,148 0,558	0,038 0,880	-0,002 0,993	0,099 0,697	0,041 0,871	-0,080 0,753	0,465 0,052	0,079 0,755	0,055 0,828	-0,032 0,901	-0,186 0,460	-0,291 0,241	-0,438 0,069	0,037 0,885	0,212 0,398	0,124 0,624	0,296 0,233	-0,401 0,100	0,110 0,664	0,234 0,349	-0,111 0,661	-0,391 0,109	0,214 0,394	,481** 0,043	-0,269 0,280	0,268 0,283	0,268 0,283	0,268 0,283	0,268 0,283			
S.O. Esfuerzo Braza	r p	0,000 1,000	-0,082 0,748</																																

#### 4. DISCUSIÓN

Este estudio analizó las diferentes variables fisiológicas y temporales en nadadores universitarios tras un periodo de entrenamiento de 6 meses.

En un estudio llevado a cabo por González-Revuelta, se encontraron grandes diferencias entre la respuesta fisiológica de los nadadores, que según justifica el artículo, se debe a que todos han llevado el mismo plan de entrenamiento sin tener en cuenta las individualidades de los nadadores. Por otro lado, en nuestro estudio se han obtenido unos resultados totalmente opuestos, obteniendo como resultado una gran homogeneidad en los resultados, destacando las diferencias significativas en la producción de lactato del estilo Mariposa ( $p=0.033$ ).

En relación a la producción de lactato, Kenkisen et al. (1989) desarrollaron un trabajo para conocer la producción de lactato en pruebas de 100 m y 400 m en estilo crawl, en el que participaron 11 nadadores profesionales de alto nivel. La producción de lactato de estos nadadores en la prueba de 100 m Crawl fue de  $14.9 \pm 1.71$  mmol/l. La producción de lactato de nuestros nadadores en la misma prueba fue de  $11.31 \pm 1.81$  mmol/l, por lo que la producción de lactato obtenida por nadadores universitarios fue menor a la obtenida por nadadores de élite.

La FC media en reposo de los nadadores en las diferentes pruebas fue de  $75,61 \pm 13,58$  lpm en estilo Crawl;  $78,33 \pm 18,00$  lpm en Espalda;  $76,33 \pm 18,20$  lpm en Braza y  $85,33 \pm 25,84$  lpm en Mariposa. Tras realizar la prueba de 100m de cada estilo, esta FC se incrementó hasta obtener como resultado  $158,28 \pm 14,36$  lpm en estilo Crawl;  $159,78 \pm 30,54$  lpm en Espalda;  $178 \pm 18,05$  lpm en Braza;  $169,67 \pm 21,91$  lpm en Mariposa. Según un estudio realizado por Eriksson y Holmer (1974), descubrieron que la FC máxima era 15 latidos por minuto (lpm) menor durante la natación (hombre  $184 \pm 11$ ; mujer  $186 \pm 10$  lpm) en comparación con la carrera (hombre  $199 \pm 10$  lpm; mujer  $201 \pm 7$  lpm). Un estudio realizado por Olstad et al. (2019) en el que participaron 12 nadadores (8 hombres y 4 mujeres) velocistas y de media distancia obtuvieron  $190,8 \pm 8,3$  lpm tras realizar la prueba de 100 m. En un estudio realizado por Holmer (1980) en el que participaron 8 nadadores profesionales con  $18,3 \pm 1,5$  años de edad, en la que la media de sus mejores tiempos en la prueba de 100 m Crawl fue de 55,7 segundos, se obtuvo como FC media tras el esfuerzo de la prueba

mencionada  $181,0 \pm 4,5$  lpm, por lo que nuestros nadadores obtuvieron una FC tras esfuerzo  $\sim 11,71\%$  menor.

En un trabajo realizado por Dalamitros et al. (2022) se analizaron la FC, la producción de lactato y la saturación de oxígeno en sangre. Participaron un total de 12 nadadores nacionales (9 hombres con  $21,9 \pm 2,0$  años y 3 mujeres con  $20,2 \pm 1,5$  años). Se realizaron mediciones de las variables mencionadas cada 25 m hasta completar un total de 100 m en estilo Crawl. La producción de lactato media de los nadadores fue de  $12,7 \pm 2,9$  mmol/l, por lo que si realizamos una comparación con la producción de lactato de nuestros nadadores en la misma prueba ( $11,31 \pm 1,81$  mmol/l), la diferencia obtenida al comparar ambos resultados en la producción de lactato tras el esfuerzo es de  $\sim 12,28\%$ . Por otro lado, la saturación de oxígeno en sangre se analizó con un dispositivo de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), por lo que los resultados obtenidos no son comparables a los obtenidos en nuestro estudio.

En el estudio realizado por Dalamitros et al. (2022) que hemos comentado anteriormente, también se realizó un análisis de correlación entre las diferentes variables del estudio. Se encontró una correlación entre la saturación de oxígeno en sangre y la producción de lactato ( $r=0,498$ ;  $<0,05$ ). En nuestro análisis de correlación no se encontraron diferencias significativas en la correlación entre ambas variables ( $r=0,082$ ;  $p=0,748$ ). También se encontró una alta correlación entre la FC y la producción de lactato ( $r=0,694$ ;  $p=<0,05$ ), mientras que los datos obtenidos en nuestro análisis de correlación no mostraron diferencias significativas ( $r=0,131$ ;  $p=0,606$ ).

En cuanto al análisis comparativo de las variables fisiológicas en función del sexo, autores como Holfelder (2013), indican que la producción de lactato muestra diferencias significativas entre hombres y mujeres ( $r=-0,860$ ;  $p<.001$ ) en pruebas de 100 m de estilo libre. En este estudio realizado por Hoelfelder se analizaron los datos de un total de 170 mujeres ( $16,94 \pm 2,78$  años) y 228 hombres ( $19,10 \pm 3,17$  años). Los datos fueron recogidos por el Centro de Entrenamiento Olímpico de Hamburgo durante un periodo de 10 años. En el análisis comparativo de las variables fisiológicas en función del sexo que hemos llevado a cabo, se han encontrado diferencias significativas solamente en la producción de lactato del estilo Braza, siendo  $10,57 \pm 4,11$  mmol/l en hombres y  $9,025 \pm 0,063$  mmol/l en mujeres.

Para investigaciones futuras, podría ser interesante controlar y correlacionar el índice de brazada, la frecuencia de brazada y la longitud de brazada, dado que están estrechamente relacionados con diversas variables fisiológicas, como el consumo máximo de oxígeno, así como con algunas de las variables que hemos examinado en este estudio, tales como la frecuencia cardíaca, la concentración de lactato en sangre y la saturación de oxígeno en sangre (Kjendlie et al., 2004). Además, según (Keskinen et al., 2003) en los últimos años, la tecnología relacionada con la medición del consumo de oxígeno mediante tubos de snorkel ha mejorado considerablemente, lo que hace que resulte interesante medir y utilizar esta variable en futuras investigaciones. No obstante, es crucial considerar también el metabolismo anaeróbico, dado su contribución relativamente más elevada en la distancia de 100 metros.

Siguiendo un estudio llevado a cabo por Strzala y Tyka (2009), se descubrió que una significativa contribución de los procesos energéticos anaeróbicos durante los esfuerzos de esprint resulta en una elevada concentración de lactato en sangre posterior al ejercicio, obteniendo como resultado en nuestros nadadores valores aumentados hasta un máximo de 20,3 mmol/l en pruebas como 100 m Braza, por lo que medir y cuantificar las respuestas fisiológicas relacionadas con el lactato en pruebas de 100 m adquiere una relevancia mayor que realizar la medición de otras variables, dado que según estos autores, es una clara demostración de la respuesta fisiológica ante ejercicios predominantemente anaeróbicos.

Además, coincidimos con Tijani et al. (2021) que añadir algunas variables condicionantes del rendimiento en natación como la velocidad crítica de nado de cada deportista puede ofrecer un enfoque factible y práctico para monitorear la intensidad de entrenamiento en natación.

En relación al análisis comparativo entre las variables fisiológicas y temporales divididos por somatotipo, debemos destacar las diferencias obtenidas principalmente en el tiempo obtenido en los diferentes estilos, Crawl ( $p=0.022$ ) Braza ( $p=0.040$ ) Mariposa ( $p=0.011$ ), obteniendo, además, en este último estilo, diferencias muy significativas en la producción de lactato ( $p=0.033$ ). El somatotipo que dio como resultado una mayor producción de lactato fue Ectomorfo ( $13,23\pm 1,88$  mmol/), un  $\sim 32,7\%$  superior al somatotipo que menor producción de lactato generó en esta prueba, el Endomorfo ( $9,62\pm 0,55$  mmol/l). En un estudio realizado por Messina (2015), se demostró que el somatotipo endomorfo se correlaciona negativamente con el rendimiento en la prueba de 100 m libres. Por otro lado,

la respuesta fisiológica en función del somatotipo ha sido muy poco estudiada en el ámbito de la natación.

Por otro lado, coincidimos con Navarro (2016) en que el medio acuático dificulta mucho la toma de datos, como, por ejemplo, la Frecuencia Cardíaca o Lactato. Según una revisión realizada por Barbosa et al. (2020), indican que la natación es un deporte muy difícil para llevar a cabo investigaciones “debido a la complejidad de la tarea motora y las limitaciones del ambiente acuático” (p.326), lo que implican un número reducido de estudios en comparación con otros deportes. Además, en esta misma revisión se demuestra que casi en su totalidad se analiza el estilo crawl, discriminando los estilos de espalda, braza y mariposa. Además, se demostró en esta misma revisión, que la media de participantes es de  $\pm 10$ . En este último aspecto, hemos conseguido que nuestro estudio supere esta media significativamente, y, además, realizar esta investigación en base a los cuatro estilos predominantes.

La relación entre diversos parámetros biomecánicos y fisiológicos con el rendimiento en los 100 metros estilo crol en nadadores adolescentes ha sido investigada en un número limitado de estudios (Kjendlie et al., 2004). Además, muy pocos estudios centran su trabajo en la obtención de datos en nadadores no profesionales, dado que la gran mayoría están enfocados a la búsqueda de talentos utilizando como muestra a nadadores jóvenes y adolescentes o a nadadores de élite.

Además, en la mayoría de los estudios, como el realizado por González Revuelta (1998), centra la atención solamente en la cuantificación fisiológica, antropométrica o temporal, además de utilizar una muestra bastante reducida, por lo que nuestro estudio presenta grandes aportaciones en estos dos ámbitos y, además, con un número de participantes muy elevado. A diferencia, del resto de estudios como el de Wang et al. (1992), Slaughter (1995) o Reilly (2008) donde se analiza la respuesta fisiológica de nadadores jóvenes y de élite de cara al rendimiento, nuestro estudio pretende indicar como es esta respuesta fisiológica en nadadores universitarios que no buscan obtener un alto rendimiento en las diferentes pruebas.

## **5. CONCLUSIONES**

En base a los resultados en el análisis de variables fisiológicas y temporales en el alumnado en natación, las principales conclusiones son:



- En la producción de lactato según el sexo se encontraron diferencias significativas en la producción de lactato en el estilo Braza, siendo  $10.57 \pm 4.11$  en hombres y  $9.025 \pm 0.06$  en mujeres.
- El impacto del somatotipo en la producción de lactato y los tiempos de nado demostró que el somatotipo Ectomorfo presentó la mayor producción de lactato, un  $\sim 32,7\%$  superior al Endomorfo. También se encontraron diferencias significativas en los tiempos de los diferentes estilos, especialmente en Mariposa y Crawl.
- No se encontraron correlaciones significativas entre la saturación de oxígeno en sangre y la producción de lactato ( $r=0.082$ ;  $p=0.748$ ) ni entre la FC y la producción de lactato ( $r=0.131$ ;  $p=0.606$ ), a diferencia de los resultados de Dalamitros et al. (2022).
- A diferencia del estudio de González-Revuelta, que mostró grandes diferencias en la respuesta fisiológica debido a un plan de entrenamiento uniforme, nuestro estudio encontró una gran homogeneidad en los resultados, destacando diferencias significativas en la producción de lactato en el estilo Mariposa ( $p=0.033$ ).
- En la comparación de la producción de lactato entre nadadores universitarios y de élite, en la prueba de 100 m Crawl, la producción de lactato de los nadadores universitarios fue  $\sim 21,09\%$  menor que la obtenida por nadadores de élite en el estudio realizado por Kenkiskan et al. (1989).
- La Frecuencia Cardíaca media tras el esfuerzo fue de un  $\sim 11,71\%$  menor que la obtenida por Olstad et al. (2019) en nadadores de media y larga distancia en las prueba de 100m Crawl.
- La producción de lactato media en nuestros nadadores en 100 m Crawl fue de  $11.31 \pm 1.81$  mmol/l, un  $\sim 12.28\%$  menor que los  $12,7 \pm 2,9$  mmol/l encontrados por Dalamitros et al. (2022).
- Destacamos la dificultad de realizar las tomas de datos en el medio acuático, limitando la cantidad de estudios en comparación con otros deportes. Además, la mayoría de los estudios se centran en el estilo Crawl, discriminando el resto de estilo y utilizando muestras muy pequeñas.
- Algunas recomendaciones para futuras investigaciones incluyen el hecho de controlar y correlacionar el índice de brazada, la frecuencia y longitud de brazada, además de considerar los avances en tecnología para medir el consumo de oxígeno, así como realizar una comparación de variables fisiológicas, temporales y antropométricas para obtener un análisis completo de los nadadores.

- Nuestro estudio presenta grandes aportaciones con un número elevado de participantes y un análisis detallado de las respuestas fisiológicas en nadadores universitarios, en contraste con estudios que se enfocan en nadadores de élite o jóvenes deportistas de equipos de élite y utilizan muestras más reducidas.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arsenio, O., Strnad, R. (1998). *Natación 1. Manual de enseñanza y entrenamiento formativo técnico*. Buenos Aires. Instituto Bonaerense del Deporte.
- Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 262–269. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.01.003>
- Barbosa, T.M., Fernandes, R.J., Keskinen, K.L. and Vilas-Boas, J.P (2008). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology* 103, 139-149
- Belloch, S. L., Soriano, P. P., & Aparicio, I. A. (2011). Historia de la Natación I: desde la Prehistoria hasta la Edad Media. *Citius, Altius, Fortius*, 4(2), 51-83.
- Beneke, R., Leithauser, R. M., and Ochentel, O. (2011). Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* 6, 8–24
- Bhambhani, Y. N. (2004). Muscle oxygenation trends during dynamic exercise measured by near infrared spectroscopy. *Can. J. Appl. Physiol.* 29, 504–523.
- Bohannon, R. W., Peolsson, A., Massy-Westropp, N., Desrosiers, J., & Bear-Lehman, J. (2006). Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy*, 92(1), 11-15.
- Borresen, J., and Lambert, M. I. (2008). Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 3, 16–30.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front. Physiol.* 5:73.
- Cairampoma, M. R. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Redvet. Revista electrónica de veterinaria*, 16(1), 1-14.
- Capelli, C., Pendergast, D. R., & Termin, B. (1998). Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 78, 385-393.
- Carter, J., & Honeyman, B. (1990). *Somatotyping: development and implications*. USA: Cambridge University Press.
- Dalamitros, A. A., Semaltianou, E., Toubekis, A. G., & Kabasakalis, A. (2022). Oxigenación Muscular, Frecuencia Cardíaca y Concentración de Lactato en Sangre durante la Natación a Intervalos Submáximos y Máximos-Ciencias del Ejercicio.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Brasili, P., Merni, F., Piazza, M., Toselli, S., Ventrella, A. R. & Guidetti, L. (2008). Leaping ability and body composition in rhythmic gymnasts for talent identification. *J. sports Med. Phys. Fitness*, 48(3), 341-6.

- Di Prampero, P (1986). The energy cost of human locomotion on land and in water. *International Journal of Sports Medicine* 7, 55-72
- FitnessDigital. (s.f.). Báscula Tanita BC-545N. Recuperado de <https://www.fitnessdigital.com/bascula-tanita-bc-545n/p/10002663/>
- Franco M. Impellizzeri, Samuele M. Marcora, Aaron J. Coutts. Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14, 270-273 2019. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0935>
- Garrido, R., & González, M. (2006). Volumen de oxígeno por kilogramo de masa muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 6(21), 44-61
- Geladas, N. D.; Nassis, G. P.; Pavlicevic, S. Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. *Int. J. Sports. Med.*, 26:139-44, 2005
- Girold, S., Maurin, D., Dugue, B., Chatard, J. & Millet, G. (2007). Effects of dryland vs. Resisted and assisted sprint exercises on swimming sprint performances. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 599-605.
- González Revuelta, M., Amaro Chelala, J., Gomez Urbina, Reinaldo (1998). Comportamiento del rendimiento aeróbico-anaeróbico en un grupo de jóvenes que practican natación. *Facultad de Ciencias Médicas "Dr. Salvador Allende"*. *Revista cubana investigación biomédica*, 3, 198-9.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Vezos, N., Kasimatis, P., Antoniou, P., & Mavromatis, G. (2008). Estimation of hand forces and propelling efficiency during front crawl swimming with hand paddles. *J Biomech*, 41(1), 208-215. doi: 10.1016/j.jbiomech.2007.06.032
- Grosser, M. & Neumaier, A. (1986). *Técnicas de entrenamiento*. Barcelona: Ed. Martínez Roca.
- Holmer, I. (1992). Swimming physiology. *The Annals of physiological anthropology*, 11(3), 269-276.
- Holmér, I. N. G. V. A. R., Stein, E. M., Saltin, B., Ekblom, B., & Astrand, P. O. (1974). Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming and running. *Journal of applied physiology*, 37(1), 49-54.
- Ide, M. R., Belini, M. A. V., & Caromano, F. A. (2005). Effects of an aquatic versus non-aquatic respiratory exercise program on the respiratory muscle strength in healthy aged persons. *Clinics*, 60, 151-158.
- Jones, B., Parry, D., and Cooper, C. E. (2018). Underwater near-infrared spectroscopy can measure training adaptations in adolescent swimmers. *PeerJ* 6: e4393.
- Jürimäe, J.; Haljaste, K.; Cicchela, A.; Läht, E.; Purge, P.; Leppik, A. & Jürimäe T. (2007) Analysis of swimming performance from physical, physiological and biomechanical parameters in young swimmers. *Ped. Exerc. Sci.*, 19:70-81.
- Keskinen, K.L., Rodriguez F.A. and Keskinen, O.P (2003). Respiratory snorkel and valve system for breath-by-breath gas analysis in swimming. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 13, 322-329
- Kjendle, P. L. & Stallman, R. Morphology and Swimming Performance. In: *World Book of Swimming from Science to Performance*, Ed. Seifert, L., Chollet, D. and Mujika, I. (2011). *Nova Science Publish*. 203-221.
- Kjendlie, P.L., Stallman, R. K and Stray-Gundersen, J (2004). Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. *European Journal of Applied Physiology* 91, 649-655

- Kumar, C., Sinha, N., Kumar, T., & Sakshi, P. (2023). P300 changes in young adults with depression. *Int J Acad Med Pharm*, 5(3), 1643-1646.
- 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.
- Latt, E.; Jürimäe, J. & Maestu, J. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *J. Sport. Sci. Med.*, 9:398-404.
- Latt, E.; Jürimäe, J.; Haljaste, K.; Cicchela, A.; Purge, P. & Jürimäe T. (2009). Physical development and swimming performance during biological maturation in young female swimmers. *Coll Antropol.*, 33:117-22.
- Liu, P., Ma, F., Lou, H., & Liu, Y. (2013). The utility of fat mass index vs body mass index and percentage of body fat in the screening of metabolic syndrome. *BMC Public Health*, 13(629), 1-9. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-629>
- López Chicharro, J., Fernández Vaquero, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana
- Medi-shop.gr. (s.f.). Takei back muscle dynamometer. medi-shop.gr. <https://www.medi-shop.gr/en/dynamometers/takei-back-muscle-dynamometer>
- Messina, D. (2015). Relación entre el somatotipo y el rendimiento en nadadores competitivos de la provincia de Mendoza, Argentina.
- Messinis, S., Beidaris, N., Messinis, S., Soultanakis, H., Botonis, P., & Platanou, T. (2014). Swimming Stroke Mechanical Efficiency and Physiological Responses of 100-m Backstroke with and without the use of paddles. *J Hum Kinet*, 40, 171-180. doi: 10.2478/hukin-2014- 0019
- Morán-Navarro, R. (2016). Adaptación de los métodos de entrenamiento a las particularidades de la natación. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 5(1), 75-79.
- Navarro, F., Llop, F., González, C. y Arellano, R. (2001). Análisis de la Frecuencia de Ciclo y Longitud de Ciclo, en Nadadores Velocistas de Crol de Alto Nivel, Cuando Realizan Nado Resistido con Paracaídas. *Nuevas Aportaciones al Estudio de la Actividad Física y el Deporte*, 271-280.
- Navarro, V. T. (2017). Influencia de la masa muscular en el VO2max en atletismo, triatlón y natación. *Educación Física y Deporte*, 36(2), 193-218.
- Olstad, B. H., Bjørlykke, V., & Olstad, D. S. (2019). Maximal heart rate for swimmers. *Sports*, 7(11), 235.
- Pelayo, P.; Sidney, M.; KheriF, T.; Chollet, D. & Tourny, C. (1996). Stoking characteristics in freestyle swimming and relationship with anthropometric characteristics. *J. Applied Bimechanics*, 12(2):197-206,
- Pendergast, D., Zamparo, P., di Prampero, P.E., Capelli, C., Cerretelli, P., Termin, A., Craig, A. Jr., Bushnell, D., Paschke, D. and Mollendorf, J (2003). Energy balance of human locomotion in water. *European Journal of Applied Physiology* 90, 377-386
- Platonov, V., Bulatova, M. (1998). *La preparación física*, Madrid: Ed. Paidotribo
- Poujade, B., Hautier, C.A. and Rouard, A (2002). Determinants of the energy cost of front-crawl swimming in children. *European Journal of Applied Physiology* 87, 1-6
- Reilly, T (2008). The international face of sports science through the window of the Journal of Sports Sciences - with a special reference to kinanthropometry. *J. sports sci*, 26(4), 349-63

- Rodríguez, J. C. (2016). *El entrenamiento de calidad en natación* (Master's thesis, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación).
- Rodríguez-Montero, A., Ugalde-Ramírez, J. A., & Rojas-Valverde, D. (2020). Evaluación de indicadores antropométricos, fisiológicos y de aptitud según el sexo y la edad de participantes de un programa de natación. *MHSalud*, 17(2), 22-37.
- Ruiz, A. M. (2022). *Validity and Reliability of the Apple Series 6 and 7 Smartwatches and Polar H-10 Monitor on Heart Rate* (Doctoral dissertation, The University of Texas at El Paso).
- Ruiz-Navarro, J. J., López-Belmonte, Ó., Gay, A., Cuenca-Fernández, F., & Arellano, R. (2023). A new model of performance classification to standardize the research results in swimming. *European Journal of Sport Science*, 23(4), 478-488.
- Ruiz-Teba, A., Arellano, R., & López-Contreras, G. (2015). Technical and physiological responses of swimming crawlstroke using hand paddles, fins and snorkel in swimming flume: A pilot study. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Saavedra, J. M.; Escalante, Y. & Rodríguez, F. A. (2010). A multivariate analysis of performance in young swimmers. *Ped. Exer. Sci.*, 22:135-51.
- Siff, M. y Verkoshansky, Y. (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Silverthorn, D. U. (2020). *Human physiology: An integrated approach* (8th ed.). Pearson.
- Slaughter, M. H., & Christ, C. B. (1995). The role of body physique assessment in sport science. *Body Composition Techniques and Assessment in Health and Disease*. Cambridge: Cambridge University Press, 166–94.
- Smith, D. J., Norris, S. R., and Hogg, J. M. (2002). Performance evaluation of swimmers: scientific tools. *Sports Med*. 32, 539–554.
- Strzala, M. and Tyka, A (2009). Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short distances in young swimmers. *Medicina Sportiva* 13, 99-107
- Sumartiningsih, S., & Setiowati, A. (2011). The Effect of Breaststroke Swimming Exercise to Increase the value of Peak Expiratory Flow. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 5(5), 505-7
- Swart, J., and Jennings, C. L. (2004). Use of blood lactate concentration as a marker of training status. *S. Afr. J. Sports. Med.* 16, 1–5.
- Tanner, R. K., Fuller, K. L., & Ross, M. L. (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European journal of applied physiology*, 109, 551-559.
- Terrados N. Calleja-González J. Jukic I. and S. M. Ostojic. (2009) Physiological and medical strategies in post-competition recovery—practical implications based on scientific evidence. *Serbian Journal of Sports Sciences*. 3(1): 29-37.
- Terrados, N. (2011). Fisiología de la fatiga en el deporte. *XIII Jornadas sobre Medicina y Deporte de Alto Nivel*. COE.
- Tijani, J. M., Zouhal, H., Rhibi, F., Hackney, A. C., Ben Ounis, O., Saidi, K., & Ben Abderrahman, A. (2019). Relationship between anthropometry and stroking parameters of front crawl sprint performance in young swimmers. *Medicina dello Sport*, 72(3), 355-65.

- Torres Navarro, V. (2020). Composición corporal y somatotipo de jóvenes deportistas de alto nivel de atletismo, natación y triatlón. *Revista Española De Educación Física Y Deportes*, 429, 31–46. <https://doi.org/10.55166/reefd.vi429.898>
- Véliz, C. V., Cid, F. M., & Rodríguez, M. J. (2020). Relación de la fuerza, potencia y composición corporal con el rendimiento deportivo en nadadores jóvenes de la Región Metropolitana de Chile. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 38, 300-305.
- Wang Z., Pierson R., & Heymsfield S. (1992). The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56, 19-28.
- Weingárther, O. (2008). Pasado y presente de la regla biológica del estímulo. *Reckeweg Journal 1*. Bensheim: Alemania
- Wilmore y Costill (2004). *Fisiología del esfuerzo y el deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- World Aquatics. (2024). Competition regulations (Version 1st January 2024). World Aquatics. [https://resources.fina.org/fina/document/2023/01/04/65961a45-bde5-4217-b666-ca1f5dc2d1f0/1\\_Swimming-Technical-Rules.04.01.2023.pdf](https://resources.fina.org/fina/document/2023/01/04/65961a45-bde5-4217-b666-ca1f5dc2d1f0/1_Swimming-Technical-Rules.04.01.2023.pdf)
- Wu, Y., Song, T., and Xu, G. (2015). Changes of muscle oxygenation and blood lactate concentration of swimming athletes during graded incremental exercise. *Front. Optoelectron*. 8, 451–455.
- Yunus, F. (1997). Lungs and sports. *Journal Respiratologi Indonesia*, 17:100-5
- Zamparo, P., Pendergast, D. R., Termin, B., & Minetti, A. E. (2002). How fins affect the economy and efficiency of human swimming. *J Exp Biol*, 205, 2665-2676.
- Zamparo, P., Pendergast, D., Mollendorf, J., Termin, A. and Minetti, A (2005). An energy balance of front crawl. *European Journal of Applied Physiology* 94, 134-144
- Zintl, F. (1991). *Entrenamiento de la resistencia. Fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento*. Barcelona: Ed. Martínez Roca.

## ANEXO A

### Declaración de autoría y originalidad del trabajo de fin de grado.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



FACULTAD DE  
CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
Y DEL DEPORTE DE MELILLA

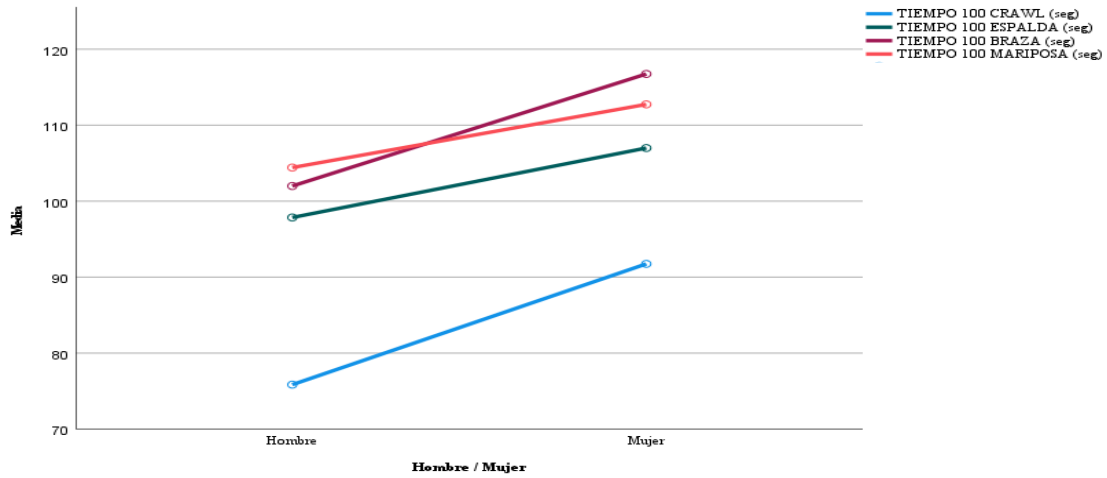
#### DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Yo, JAIME LEBRÓN ROLDÁN con documento de identificación 77035614N y estudiante del Grado en CCAFD + EP de la Facultad/Escuela de MELILLA de la Universidad de Granada, en relación con el Trabajo Fin de Grado presentado para su defensa y evaluación en el curso 2023 / 2024 declaro que asumo la originalidad de dicho trabajo, entendida en el sentido de que no ha utilizado fuentes sin citarlas debidamente.

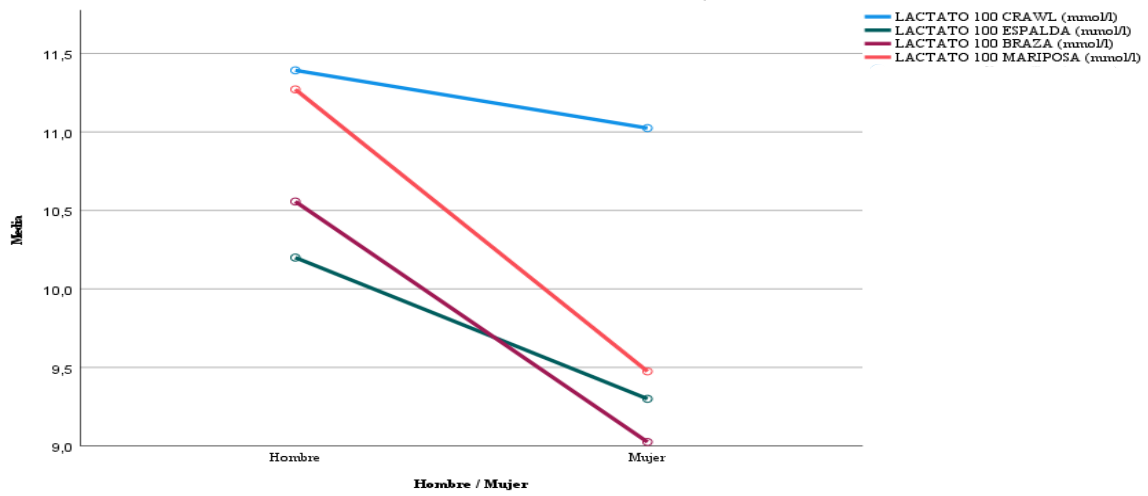
Firmado: JAIME LEBRÓN ROLDÁN

## ANEXO B

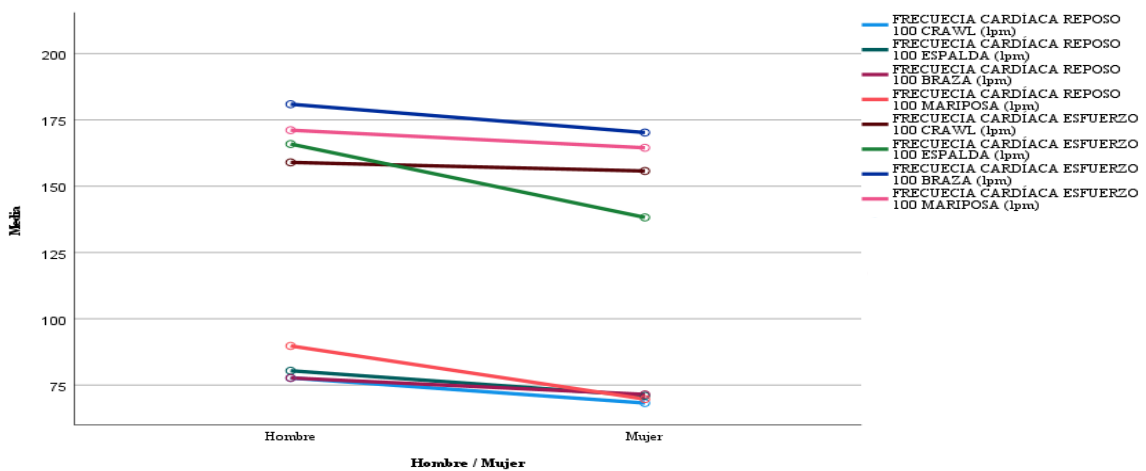
### Gráficas de resultados.



**Gráfico 1.** Media de tiempos obtenidos en la prueba de 100m de cada estilo por sexo.



**Gráfico 2.** Media de lactato producido tras realizar la prueba de 100m de cada estilo por sexo.



**Gráfico 3.** Media de frecuencia cardíaca PRE y POST esfuerzo de la prueba de 100m de cada estilo por sexo.



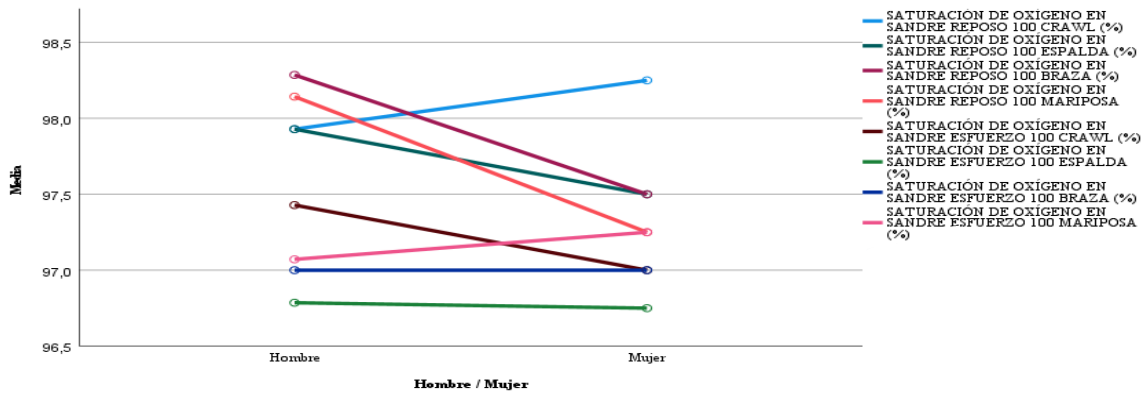


Gráfico 4. Media de saturación de oxígeno en sangre PRE y POST esfuerzo de la prueba de 100m de cada estilo por sexo.

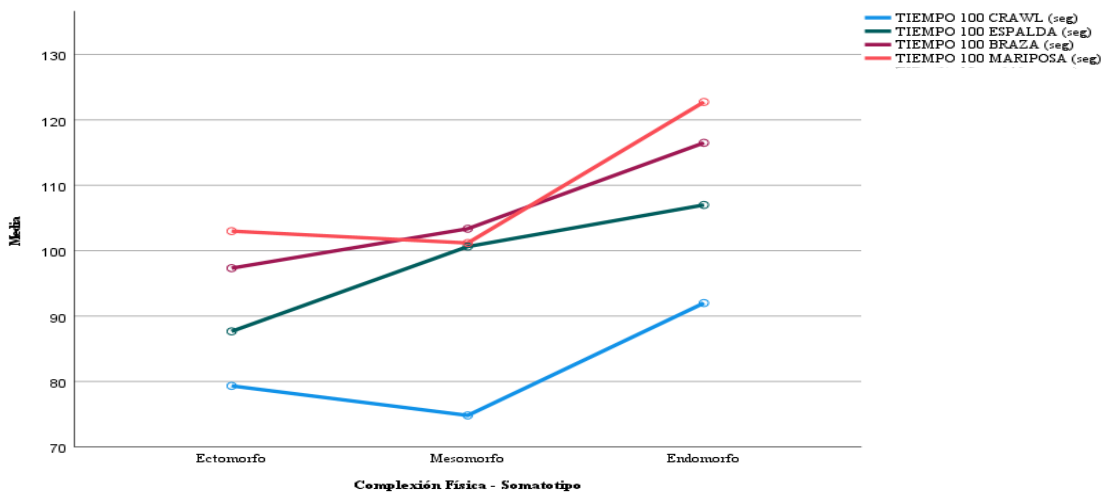


Gráfico 5. Media de tiempos obtenidos en la prueba de 100m de cada estilo por somatotipo.

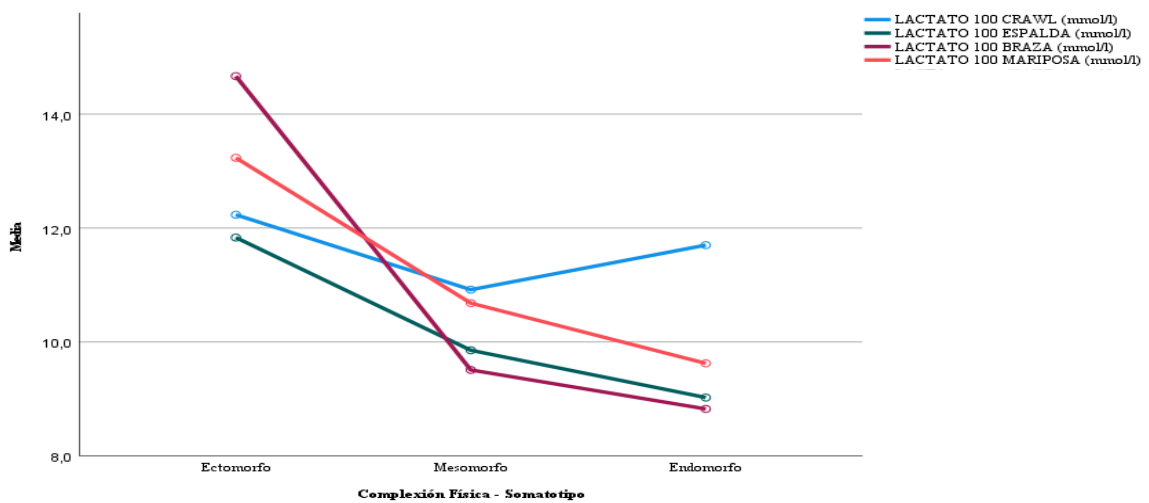


Gráfico 6. Media de lactato producido en la prueba de 100m de cada estilo por somatotipo.

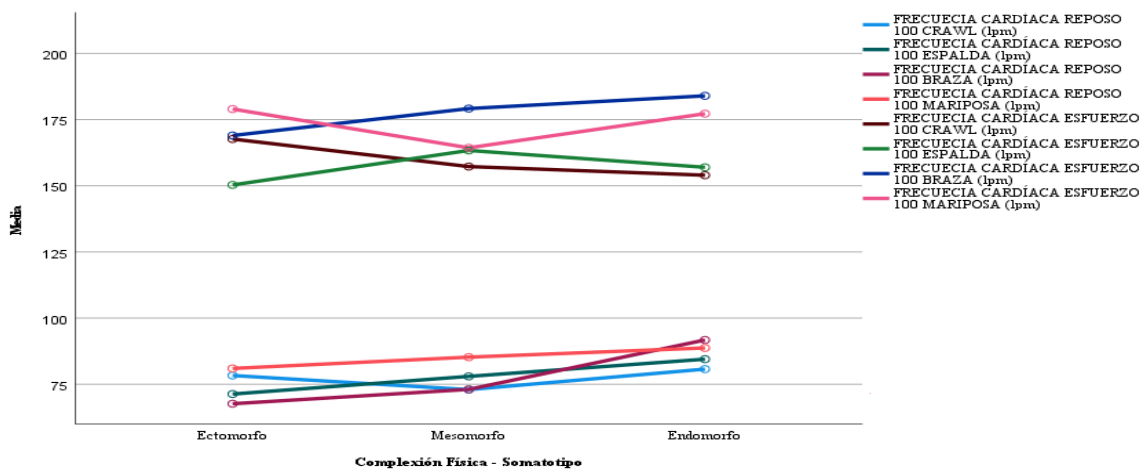


Gráfico 7. Media de frecuencia cardíaca PRE y POST esfuerzo de la prueba de 100m de cada estilo por sexo.

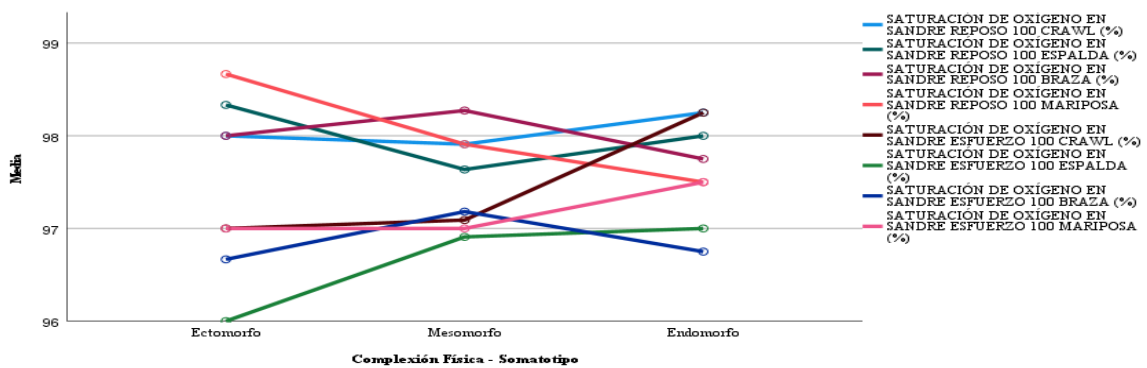


Gráfico 8. Media de saturación de oxígeno en sangre PRE y POST esfuerzo de la prueba de 100m de cada estilo por sexo.

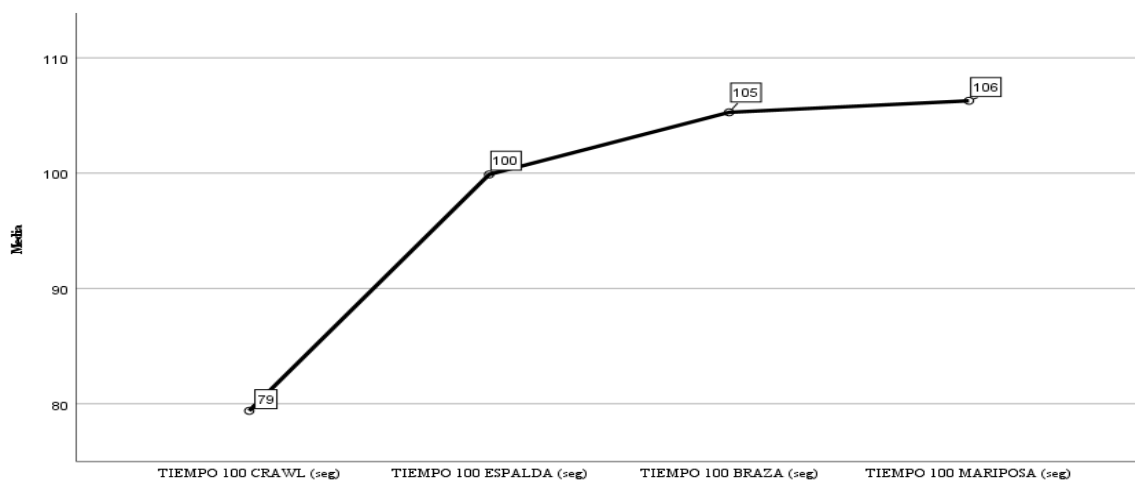


Gráfico 9. Media de tiempo de la prueba de 100m de cada estilo.

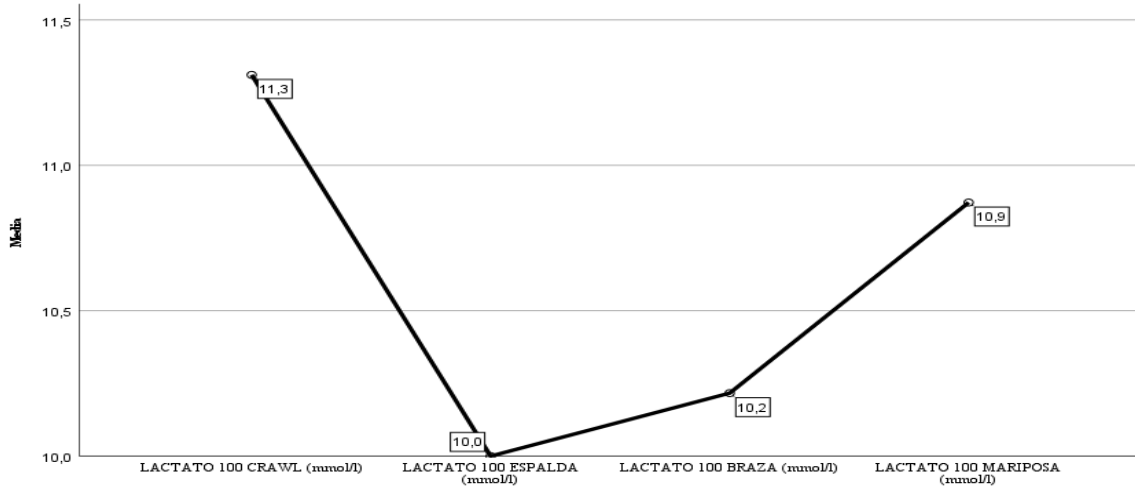


Gráfico 10. Media de lactato producido en la prueba de 100m de cada estilo.

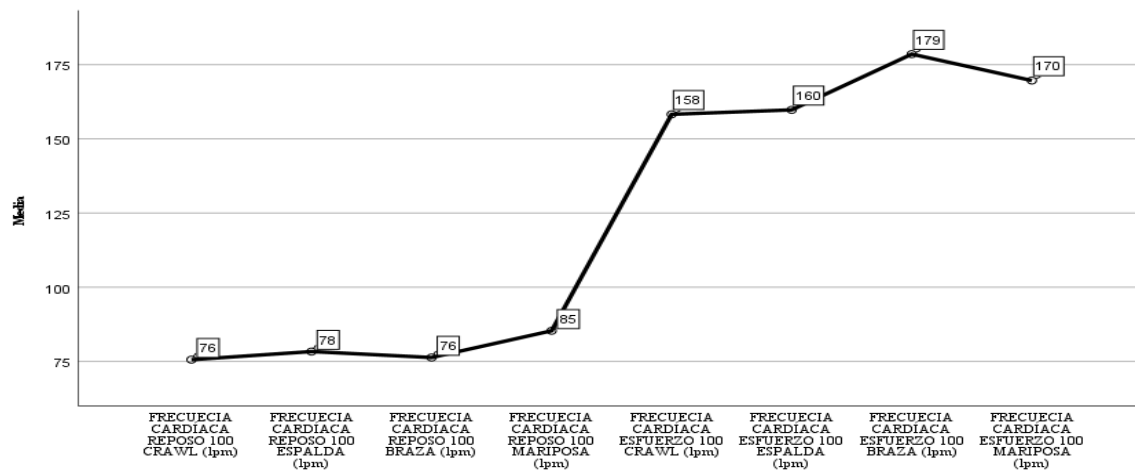


Gráfico 11. Media de frecuencia cardiaca PRE y POST esfuerzo en la prueba de 100m de cada estilo.

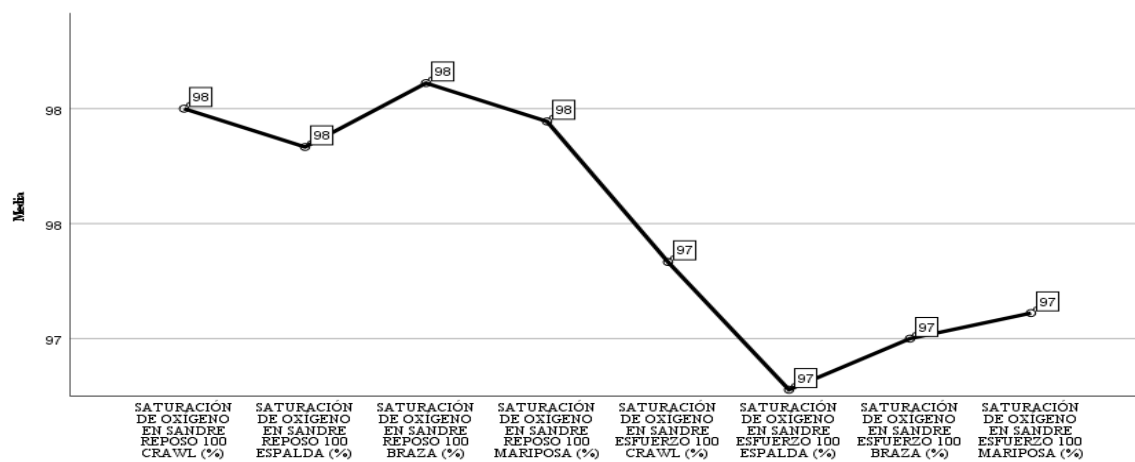


Gráfico 12. Media de saturación de oxígeno en sangre PRE y POST esfuerzo en la prueba de 100m de cada estilo.

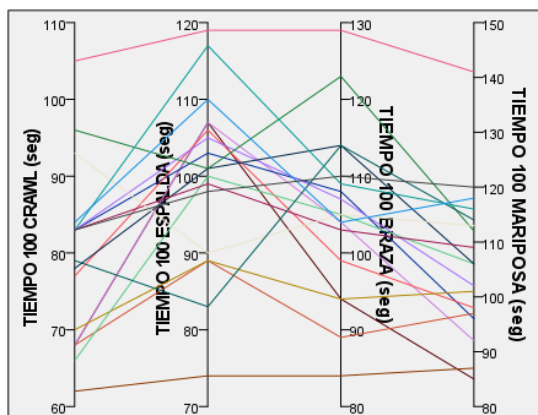


Gráfico 13. Tiempo de cada nadador en realizar la prueba de 100 m de cada estilo.

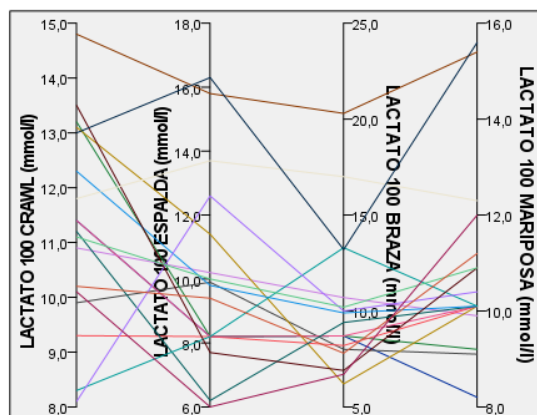


Gráfico 14. Lactato producido por cada nadador tras realizar la prueba de 100 m de cada estilo.

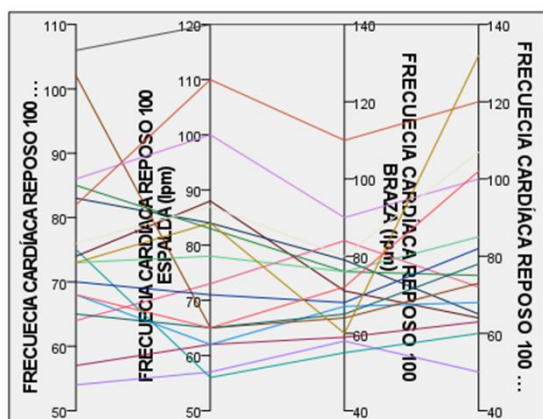


Gráfico 15. Frecuencia cardíaca en reposo de cada nadador antes de realizar la prueba de 100 m de cada estilo.

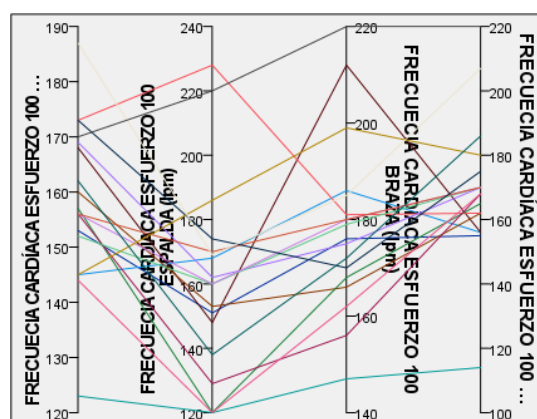


Gráfico 16. Frecuencia cardíaca tras el esfuerzo de cada nadador en la prueba de 100 m de cada estilo.

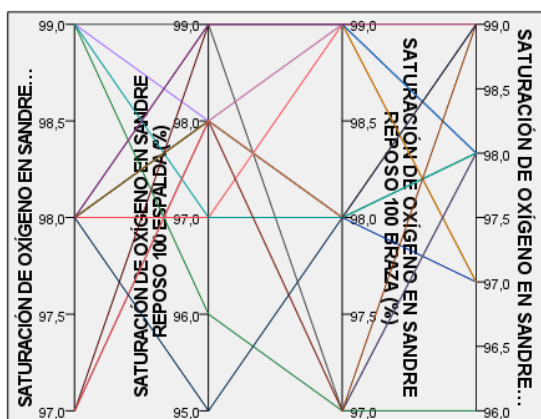


Gráfico 17. Saturación de oxígeno en sangre en reposo de cada nadador antes de realizar la prueba de 100 m de cada estilo.

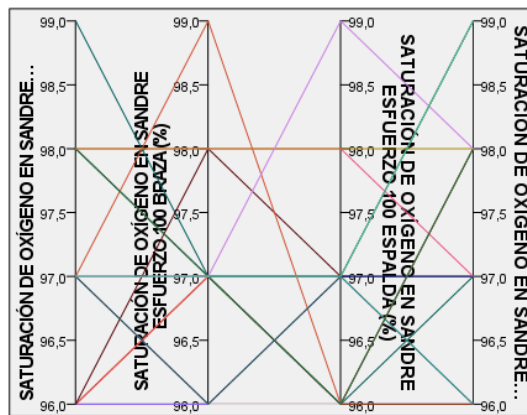


Gráfico 18. Saturación de oxígeno en sangre tras el esfuerzo de cada nadador en la prueba de 100 m de cada estilo.

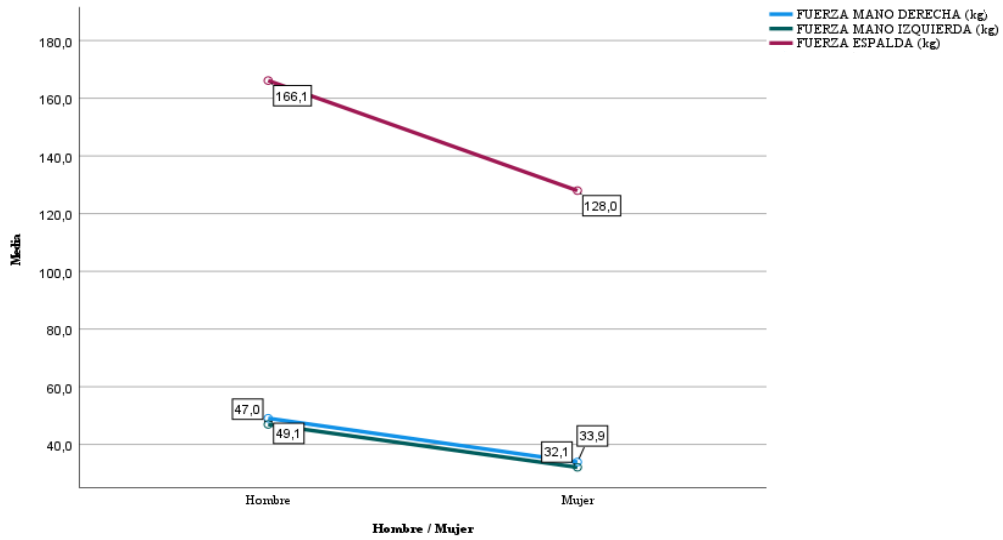


Gráfico 19. Fuerza en test de dinamometría manual y de espalda por sexo.

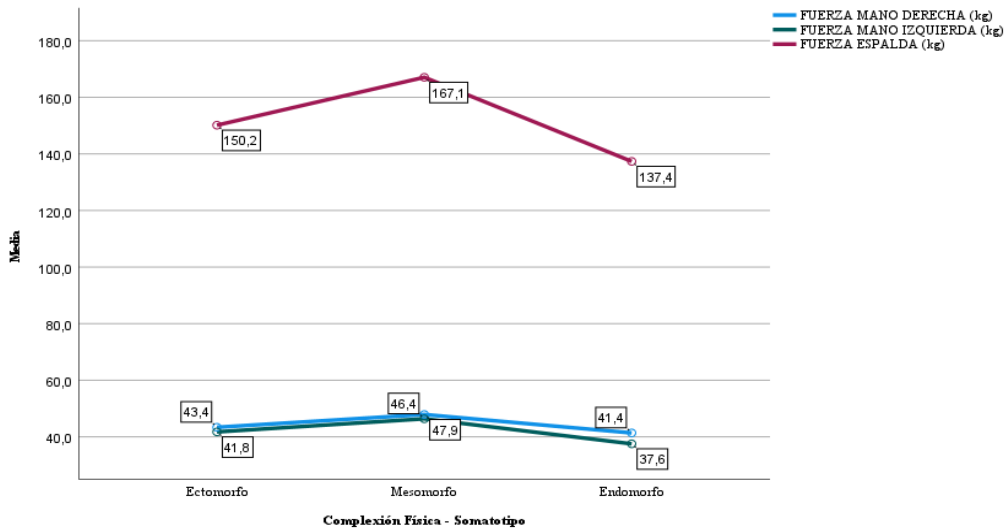


Gráfico 20. Fuerza en test de dinamometría manual y de espalda por somatotipo.

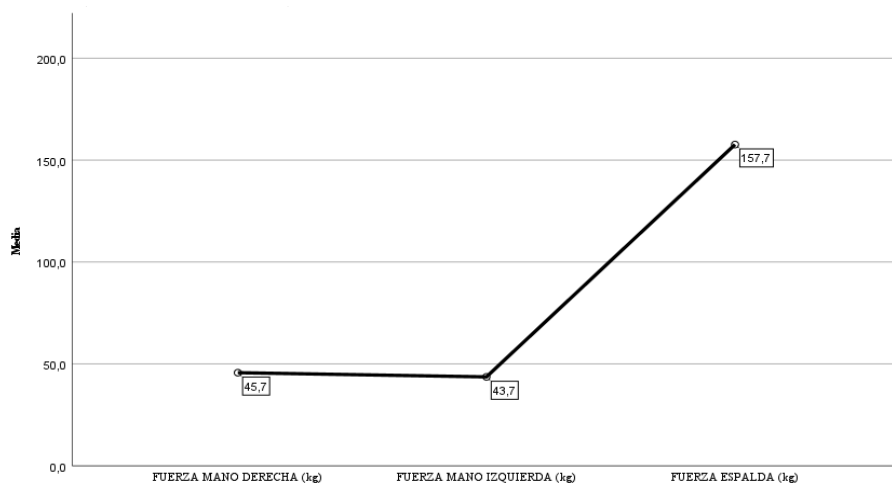
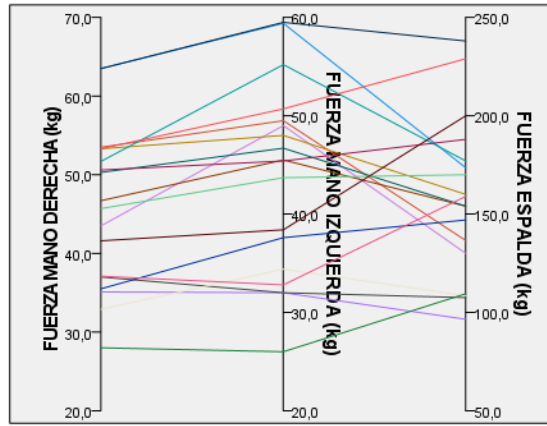


Gráfico 21. Media de fuerza en test de dinamometría manual y de espalda.



**Gráfico 20.** Fuerza en test de dinamometría manual y de espalda.