Universidad Andres Bello, Facultad de Educación y Ciencia Sociales

Relación y comparación de la potencia del tren superior e inferior con el rendimiento en diferentes estilos de nado en nadadores federados.

Autores: Nicolás Maurizio Hasche Zunino y Cristian Guillermo Henríquez Pérez.

Tesis de Pregrado para Optar al Título de Entrenador Deportivo/ Licenciado en Ciencias del Deporte.

Profesor Guía:

Josivaldo de Souza Lima

Santiago, Chile

2025

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Se declara por este medio que el trabajo de titulación presentado para su defensa y evaluación es original; las fuentes, herramientas y aplicaciones utilizadas que contribuyeron a la investigación realizada están debidamente citadas en el texto y acreditadas en el apartado de las referencias, conforme con los requisitos que establece el estilo bibliográfico APA y respetando los aspectos que conciernen a la propiedad intelectual.

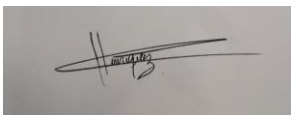
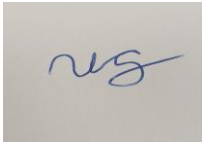
Por lo tanto, ante cualquier falta de integridad académica encontrada y que atente contra la Ley N°17.336 de Propiedad Intelectual, se asume la responsabilidad que representa para tal efecto, dejando constancia de ello, con fecha 14 de noviembre de 2025, en la ciudad de Santiago, Chile.

Facultad de Educación y Ciencias Sociales

Escuela Universidad Andrés Bello

Título del trabajo Licenciado en Ciencias del Deporte

Firmas

_____  ____ y _____  _____

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de todo este proceso. A mi papá, por su ejemplo de esfuerzo y por su constante impulso a dar cumplimiento a mis responsabilidades, recordándome siempre la importancia de la perseverancia y la disciplina.

También dedico este logro a todas las personas que creyeron en mí y me acompañaron en el camino académico, siendo fuente de inspiración y fortaleza para alcanzar esta meta.

Cristian Henríquez.

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, que me dieron la base y apoyo para seguir siempre mis objetivos y sueños. A toda mi familia por el cariño y entendimiento ya sea cuando estuve en mis peores momentos, estresado, de mal humor o todas las veces que no pude estar para ellos por mis prioridades académicas, gracias por estar presente. A todos los que me acompañaron en este camino, ya que de su apoyo yo pude seguir adelante y llegar a lo que soy hoy.

Nicolás Hasche.

Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al profesor Josivaldo de Souza por su constante direccionamiento en el desarrollo de este trabajo de tesis. Su disposición permanente para resolver dudas, su compromiso durante el proceso de toma y análisis de datos, así como su capacidad orientadora, fueron fundamentales para el cumplimiento de los objetivos propuestos. Agradezco profundamente su acompañamiento, paciencia y dedicación, que contribuyeron de manera significativa al crecimiento académico y personal alcanzado durante esta investigación.

Quiero manifestar mi agradecimiento a los profesores que considero mis mentores, al profesor Josivaldo de Souza por ayudarme en este proyecto y motivarme a lograr mi mejor versión. A Héctor Sanhueza por siempre darme consejos y ser un pilar importante en mi profesionalidad.

A mis amigos que gracias a ellos logré avanzar y sentir que valgo mucho más de lo que yo pensaba, los quiero.

Nicolás Hasche

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD 2
Tabla de Contenidos 5
RESUMEN 8
ABSTRACT 9
INTRODUCCIÓN 10
OBJETIVO GENERAL: 15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 16
HIPOTESIS ESPECIFICAS 21
POBLACIÓN Y MUESTRA 23
VARIABLES E INSTRUMENTOS 25
Variables principales 25
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN 25
PROCEDIMIENTO 26
DECLARACIÓN ÉTICA / CONSENTIMIENTO INFORMADO 27
RESULTADOS 32
Figura 1. Potencia promedio por estilo de nado y tipo de salto (CMJ y CMPU) 34
CONCLUSIONES 40
PROYECCIÓN Y LÍNEAS FUTURAS 42
ANEXOS 52

Tabla de Contenidos

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD i
DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTOS iii

RESUMEN (ESPAÑOL) iv
RESUMEN (INGLÉS) v

INTRODUCCIÓN 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN 5

- Objetivo general
- Objetivos específicos

MARCO TEÓRICO 8

- La natación competitiva y su base fisiológica
- Potencia muscular: definición y fundamentos
- Diferencias entre tren superior e inferior
- Estilos de nado: biomecánica y demandas energéticas
- Pruebas de medición de potencia en natación
- Hipótesis de investigación

MARCO METODOLÓGICO 18

- Tipo de estudio y diseño metodológico
- Población y muestra
- Variables e instrumentos
- Procedimientos de medición
- Análisis estadístico

RESULTADOS 27

- Descriptivos generales de la muestra
- Potencia y altura de salto por estilo de nado
- Comparaciones estadísticas entre estilos
- Figuras y tablas de resultados

DISCUSIÓN 35

CONCLUSIONES 41

LIMITACIONES DEL ESTUDIO 43

PROYECCIONES Y LÍNEAS FUTURAS 45

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47

ANEXOS 52

Índice de Tablas

Tabla 1. Descriptivos generales de la muestra……..……..27

Tabla 2. Potencia y altura de salto por estilo de nado……28

Tabla 3. Comparaciones estadísticas entre estilos de nado…….……...30

Índice de Figuras

Figura 1. Potencia promedio por estilo de nado y tipo de salto (CMJ y CMPU) ……..……31

Figura 2. Relación entre la altura y la potencia del salto CMJ según el estilo de nado…….33

RESUMEN

El rendimiento en natación competitiva depende de una interacción compleja entre factores fisiológicos, biomecánicos y técnicos, donde la potencia muscular desempeña un papel determinante. Este estudio tuvo como objetivo comparar la potencia del tren superior e inferior entre nadadores federados especializados en los estilos mariposa, espalda, pecho y crol. Se utilizó un enfoque cuantitativo, analítico y de diseño no experimental. La muestra estuvo compuesta por 39 nadadores federados chilenos (22 hombres y 18 mujeres) con una edad promedio de 24.6 ± 9.5 años. La potencia del tren inferior se evaluó mediante pruebas de salto vertical con contramovimiento (CMJ) y contramovimiento de tren superior (CMPU), utilizando una plataforma Chronojump. Se calcularon medias, desviaciones estándar y análisis de varianza (ANOVA) para comparar los estilos de nado. Los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre estilos ($p > 0.05$); sin embargo, los nadadores de pecho presentaron las mayores potencias medias (≈ 880 W) y los de mariposa las mayores alturas promedio de salto (≈ 30 cm). Estas tendencias reflejan las demandas biomecánicas específicas de cada estilo. Se concluye que la potencia de los miembros inferiores constituye una capacidad determinante y transversal para el rendimiento en natación, siendo relevante en todas las modalidades. Las pruebas CMJ y CMPU demostraron ser herramientas válidas y prácticas para evaluar la potencia neuromuscular de los nadadores. Se recomienda su incorporación sistemática en programas de preparación física y monitoreo del rendimiento competitivo.

Palabras clave: natación, potencia muscular, tren inferior, tren superior, rendimiento deportivo.

ABSTRACT

Competitive swimming performance depends on a complex interaction of physiological, biomechanical, and technical factors, in which muscular power plays a decisive role. This study aimed to compare upper- and lower-limb power among federated swimmers specialized in butterfly, backstroke, breaststroke, and freestyle. A quantitative, analytical, and non-experimental design was used. The sample consisted of 39 Chilean federated swimmers (22 men and 18 women; mean age 24.6 ± 9.5 years). Lower-limb power was assessed through countermovement jump (CMJ) and countermovement push up (CMPU) tests using a Chronojump platform. Means, standard deviations, and one-way ANOVA were calculated to compare swimming styles. Results showed no statistically significant differences among styles ($p > 0.05$); however, breaststroke swimmers presented the highest mean power values (≈ 880 W), while butterfly swimmers achieved the greatest jump heights (≈ 30 cm). These trends reflect the specific biomechanical demands of each stroke. It is concluded that lower-limb power is a key and transversal determinant of swimming performance, being relevant across all modalities. CMJ and CMPU tests proved to be valid and practical tools to assess swimmers' neuromuscular power. Their systematic application is recommended within physical preparation and performance monitoring programs.

Keywords: swimming, muscular power, lower limbs, upper limbs, sports performance.

INTRODUCCIÓN

La natación competitiva es una de las disciplinas deportivas más completas y exigentes desde los puntos de vista fisiológico, biomecánico y energético. El rendimiento en este deporte depende de una compleja interacción entre factores técnicos, morfológicos y de capacidad física, entre los que la fuerza y la potencia muscular desempeñan un papel fundamental. A diferencia de otras disciplinas, la natación requiere un trabajo coordinado entre el tren superior y el tren inferior para generar propulsión y vencer la resistencia hidrodinámica del agua, siendo esta interacción determinante para la eficiencia del movimiento acuático (Barbosa et al., 2010; Toussaint & Beek, 1992; Strzała et al., 2021).

El análisis de la potencia muscular en nadadores es esencial para comprender cómo los diferentes grupos musculares contribuyen al rendimiento según el estilo de nado. La evidencia indica que la capacidad de producir fuerza en periodos muy breves —potencia anaeróbica— es un predictor relevante del desempeño, especialmente en pruebas de velocidad, donde se requiere una elevada capacidad de aceleración y eficiencia mecánica (Garrido et al., 2012; Zampagni et al., 2008; Lätt et al., 2010). En este contexto, la potencia muscular se entiende como la habilidad para generar impulso propulsivo mediante la acción coordinada de las extremidades superiores e inferiores.

Desde una perspectiva fisiológica, la natación presenta demandas particulares respecto a otros deportes de resistencia y potencia. El medio acuático exige una elevada eficiencia motriz y una regulación precisa del esfuerzo anaeróbico y aeróbico. Además, la participación relativa de las extremidades varía según el estilo: en braza y en las fases de salida y viraje, el tren superior adquiere gran relevancia, complementado por una acción específica de piernas que contribuye

significativamente al ciclo propulsivo (Psycharakis & Sanders, 2008; Hołub et al., 2022). Esta diferenciación funcional refuerza la necesidad de evaluar comparativamente la potencia de ambos segmentos corporales para orientar el entrenamiento según estilo y distancia.

En términos biomecánicos, la propulsión se origina principalmente en las extremidades superiores en estilos como mariposa y crol, mientras que en braza las piernas pueden llegar a aportar hasta cerca de la mitad del impulso total (Deschodt et al., 1999; Morouço et al., 2011). La contribución relativa de brazos y piernas depende tanto de la técnica individual como del nivel competitivo, la distancia de prueba y la eficiencia del ciclo de brazada.

Asimismo, la literatura indica que la relación entre la potencia del tren superior y del tren inferior evoluciona a lo largo del proceso formativo del nadador. En etapas iniciales, los deportistas tienden a mostrar una mayor progresión de la fuerza y potencia del tren superior, mientras que en niveles avanzados la potencia del tren inferior adquiere un rol decisivo en la fase de salida y en los primeros metros de desplazamiento subacuático, considerada crítica para el rendimiento competitivo (García-Ramos et al., 2016; Baumrtová et al., 2017; Ikeda et al., 2022; Morouço et al., 2014).

El entrenamiento en seco (dry-land training) constituye una herramienta ampliamente utilizada para desarrollar fuerza y potencia en nadadores. Se ha demostrado que el trabajo específico del tren superior y los ejercicios explosivos del tren inferior se correlacionan positivamente con variables de rendimiento como la velocidad de salida, la distancia de deslizamiento y la velocidad de ciclo (Darchini et al., 2019; Garrido et al., 2012; Ikeda et al., 2022). Junto con ello, la

coordinación intermuscular entre ambos segmentos corporales resulta determinante para mantener la continuidad y eficiencia del gesto propulsivo, especialmente en estilos cíclicos como crol y mariposa (Veiga et al., 2013; Hołyб et al., 2022). En el caso de la braza, el patrón coordinativo difiere sustancialmente, ya que la propulsión se realiza mediante acciones simultáneas de brazos y piernas, con ciclos amplios de deslizamiento, donde la potencia segmentaria influye directamente en la técnica (Invernizzi et al., 2014).

Desde una perspectiva metodológica, la medición de potencia mediante pruebas de salto vertical (CMJ, SJ) o test de tracción en seco permite establecer relaciones entre la fuerza aplicada en tierra y la velocidad de desplazamiento en el agua, herramientas ampliamente utilizadas en el monitoreo del rendimiento (Morouço et al., 2014). Complementariamente, la fuerza y estabilidad del core actúan como un puente biomecánico que permite la transferencia eficaz de energía entre el tren superior e inferior, favoreciendo la eficiencia global del gesto (Marques et al., 2020).

Finalmente, factores antropométricos, como la envergadura, longitud de segmentos y masa magra, también influyen en la producción de potencia y en el rendimiento en los distintos estilos (Morais et al., 2019; Veiga et al., 2013). Considerando la variabilidad técnica y fisiológica entre nadadores, se hace evidente la necesidad de estudios que analicen de manera integrada la potencia del tren superior e inferior para comprender cómo sus diferencias influyen en el rendimiento competitivo (Keiner et al., 2015).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La natación es un deporte cuya eficiencia depende de la interacción coordinada entre múltiples capacidades físicas y técnicas. La potencia muscular, tanto del tren superior como del tren inferior, constituye un componente esencial para generar propulsión, optimizar la salida, mejorar los virajes y mantener la velocidad a lo largo de la prueba. Sin embargo, la contribución relativa de cada segmento corporal varía según el estilo de nado, la distancia competitiva y el nivel de especialización del nadador.

A pesar de la evidencia existente sobre la importancia de la potencia en el rendimiento, todavía se observa un vacío en la literatura respecto a la comparación integrada entre la potencia del tren superior y del tren inferior en los distintos estilos de nado. La mayoría de los estudios se centran en análisis aislados de uno u otro segmento, o en poblaciones específicas, lo que limita la comprensión global de las diferencias intersegmentarias y su impacto en el rendimiento competitivo.

La necesidad de evaluar simultáneamente ambos segmentos se vuelve relevante para comprender cómo las demandas biomecánicas propias de cada estilo influyen en la producción de potencia, la eficiencia propulsiva y el desempeño final. Un análisis comparativo permite identificar patrones característicos, orientar mejor el entrenamiento específico por estilo y establecer criterios objetivos para el monitoreo del rendimiento en nadadores federados.

En este contexto, surge la interrogante central del presente estudio: ¿existen diferencias significativas entre la potencia del tren superior y del tren inferior en los distintos estilos de nado en nadadores federados, y cómo se relacionan estas diferencias con el rendimiento observado?

Responder esta pregunta permitirá profundizar en la comprensión de las adaptaciones neuromusculares asociadas a cada estilo y aportar evidencia útil para entrenadores, deportistas y profesionales del área.

OBJETIVO GENERAL:

Comparar la potencia del tren inferior y superior entre nadadores en los estilos Mariposa, Espalda, Pecho y Crol, mediante la aplicación de pruebas de salto vertical (CMJ), Y despegue de tren superior (CMPU) con el fin de identificar diferencias significativas asociadas al estilo de nado practicado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Cuantificar la potencia del tren inferior y superior de los nadadores mediante la aplicación de las pruebas de salto vertical Counter Movement Jump (CMJ) y Counter Movement push up (CMPU).
2. Comparar los niveles de potencia desarrollados por los nadadores en los estilos mariposa, espalda, pecho y crol, a partir de los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas.
3. Analizar las diferencias en la producción de fuerza explosiva en función del estilo de nado, considerando las demandas biomecánicas específicas de cada técnica.
4. Determinar la relación existente entre la potencia del tren inferior y superior en nadadores de distintos estilos.

MARCO TEÓRICO

La natación es un deporte cíclico, técnico y altamente coordinativo que exige un equilibrio entre la potencia del tren superior y del tren inferior para lograr un desplazamiento eficiente en el agua. Su naturaleza multifactorial integra elementos biomecánicos, fisiológicos y neuromusculares que influyen de manera decisiva en el rendimiento competitivo. Estudios recientes señalan que la interacción entre la producción de fuerza, la potencia explosiva y la precisión técnica del gesto propulsivo orienta la eficiencia del nado en distintos estilos (Barbosa et al., 2021; Morais et al., 2023). Los movimientos propulsivos se originan mediante la contribución conjunta de brazos y piernas, donde la coordinación inter-miembro y la mecánica del ciclo de brazada son factores clave para el rendimiento (Costa et al., 2023; Barbosa & Morais, 2010)

A nivel competitivo, la optimización del gesto técnico y la capacidad de aplicar fuerza en un periodo breve de tiempo son indicadores esenciales del desempeño, especialmente en nadadores federados que buscan mejorar su rendimiento en pruebas específicas (Barbosa et al., 2010; Lätt et al., 2010; Morais et al., 2021). Comprender cómo interactúan los componentes de fuerza y potencia en los distintos estilos permite diseñar estrategias de entrenamiento más eficaces, basadas en la transferencia entre el trabajo terrestre y acuático (Batalha et al., 2018).

El estudio de la potencia del tren superior e inferior permite comprender cómo cada segmento corporal contribuye al rendimiento según las características biomecánicas de cada estilo. En pruebas de crol y mariposa, el tren superior tiene un papel predominante en la propulsión, mientras que en estilos como pecho y espalda la contribución del tren inferior cobra mayor relevancia relativa dentro del ciclo de brazada, de acuerdo con la mecánica de la patada y los patrones de coordinación brazo-pierna descritos en la literatura biomecánica (Barbosa et al., 2011; Deschodt

et al., 1999). Esta relación varía según la técnica individual, la distancia de competición y el nivel de especialización del nadador (Barbosa et al., 2019; Lätt et al., 2010; Morais et al., 2021).

La evaluación de la potencia mediante pruebas de salto vertical —como el salto con contramovimiento (CMJ) y el salto sin contramovimiento (SJ)— o a través de test de tracción en seco ha demostrado ser útil para establecer relaciones entre la fuerza aplicada y la velocidad de desplazamiento en el agua, especialmente en la salida y los primeros metros de la prueba (García-Ramos et al., 2016; Papadopoulos et al., 2009; Morouço et al., 2014). Estas herramientas permiten cuantificar la contribución de los distintos segmentos corporales al rendimiento global y orientar el entrenamiento hacia una mayor eficiencia propulsiva.

En términos de rendimiento, se ha comprobado que la potencia del tren inferior influye de manera decisiva en los componentes explosivos del nado, especialmente en la salida, el impulso de viraje y la fase subacuática, donde la magnitud y eficiencia del empuje inicial predicen una mayor velocidad en los primeros metros (Marinho et al., 2020). Asimismo, la literatura señala que la fuerza y la capacidad propulsiva del tren superior desempeñan un rol determinante en la velocidad media y en la longitud de brazada durante el nado libre, dado que los brazos aportan la mayor proporción de la fuerza propulsiva en desplazamientos sostenidos (Morais et al., 2019).

El estilo mariposa es uno de los más exigentes desde el punto de vista biomecánico y metabólico, debido al elevado coste energético asociado a la ondulación corporal y a la activación simultánea del tren superior, tronco y tren inferior (Zamparo, Capelli & Pendergast, 2011). Esta técnica requiere altos niveles de fuerza explosiva, estabilidad del tronco y movilidad de hombros para sostener la secuencia propulsiva y mantener la eficiencia del desplazamiento. La intensidad propia de las pruebas de 50 y 100 metros favorece una participación predominante del metabolismo anaeróbico, con concentraciones de lactato típicas de esfuerzos máximos en natación competitiva

(Zamparo et al., 2019). Además, la sincronización entre la tracción de brazos, la ondulación del tronco y el batido de piernas es determinante para optimizar la eficiencia propulsiva y minimizar pérdidas de velocidad, ya que la coordinación intersegmentaria es un componente central del rendimiento en estilos cíclicos como la mariposa (Seifert et al., 2014).

El estilo espalda comparte similitudes mecánicas con el crol debido al carácter alternado de la brazada, aunque la posición dorsal modifica la orientación del cuerpo, la flotación y la relación con la resistencia hidrodinámica. Mantener una alineación estable y minimizar la oscilación corporal son factores esenciales para reducir el arrastre y mejorar la eficiencia del desplazamiento (Psycharakis & Sanders, 2010). La propulsión se genera mediante un patrón alternado de brazos, complementado por una patada constante, en la que deltoides, tríceps, extensores de la columna y glúteos participan activamente para estabilizar el cuerpo y transferir fuerza de manera eficiente (Gonjo, Fernandes, Sanders & Vilas-Boas, 2021). Desde el punto de vista metabólico, el rendimiento combina aportes aeróbicos y anaeróbicos según la distancia y la intensidad del esfuerzo, lo que se observa en el costo energético y en la variabilidad inter-estilo descrita en la literatura comparativa de natación (Zamparo, Cortesi & Gatta, 2019). Finalmente, el control postural y la estabilidad del core son determinantes para sostener la alineación hidrodinámica, especialmente porque el estilo espalda presenta mayores desafíos para evitar movimientos laterales que incrementen el costo energético del nado.

El estilo pecho es considerado el más complejo desde el punto de vista técnico, debido al patrón simétrico del movimiento y los prolongados periodos de deslizamiento entre brazadas, lo que reduce la velocidad promedio respecto a otros estilos (Nicol et al., 2022). Gran parte de la propulsión emana de la patada de piernas, complementada por una tracción simultánea de brazos,

lo que implica una coordinación muy específica de grupos musculares del tren inferior y superior (Takagi et al., 2004). Metabólicamente, en pruebas cortas domina el sistema anaeróbico láctico, mientras que en distancias mayores toma mayor relevancia el componente aeróbico, en un estilo que demanda fuerza-resistencia como aspecto clave del rendimiento (Zamparo et al., 2019). Finalmente, la eficiencia del estilo depende de la coordinación entre la fase propulsiva y la respiración frontal, junto con la movilidad articular de caderas, rodillas y tobillos, ya que estos rangos de movimiento facilitan la extensión adecuada de piernas y reducen la resistencia al avance (Nicol et al., 2022).

El estilo libre (crol) es considerado el más veloz y eficiente desde el punto de vista hidrodinámico, ya que permite una propulsión prácticamente continua y una reducción relativa de la resistencia al avance gracias a la alineación del cuerpo y a un patrón técnico estable (Toussaint & Beek, 1992; Barbosa et al., 2010). La demanda energética en este estilo es mixta: en pruebas de velocidad predomina el componente anaeróbico, mientras que en distancias medias y largas aumenta la contribución aeróbica, en función de la interacción entre factores biomecánicos y energéticos (Barbosa et al., 2010). Desde el punto de vista mecánico, la propulsión se basa principalmente en la acción de los brazos, mientras que la batida de piernas contribuye a la estabilidad postural y al mantenimiento de la posición hidrodinámica, además de aportar un porcentaje menor pero relevante a la velocidad final (Deschodt et al., 1999). La eficiencia del crol depende, además, del ajuste coordinado entre la frecuencia y la longitud de brazada, así como del control de la respiración lateral, de modo que se minimicen las perturbaciones en la alineación corporal y se optimice la velocidad de nado (Morais et al., 2023).

La potencia muscular se define como la capacidad del sistema neuromuscular para generar fuerza de manera rápida, integrando los componentes de fuerza y velocidad en acciones explosivas (Haff & Nimphius, 2012). Este atributo depende de la activación eficiente de fibras tipo II, del incremento en la tasa de desarrollo de la fuerza y de una adecuada coordinación intermuscular, todas ellas variables críticas en el rendimiento deportivo (Suchomel et al., 2016). Su entrenamiento se sustenta en métodos que combinan fuerza máxima, ejercicios pliométricos y levantamientos derivados del entrenamiento olímpico, orientados a mejorar la producción de fuerza en tiempos breves y optimizar su transferencia hacia gestos deportivos específicos (Suchomel et al., 2018).

En natación, el desarrollo de la potencia se aborda mediante el entrenamiento en seco y el trabajo específico en el agua. El entrenamiento terrestre incorpora ejercicios de tracción, saltos, cargas externas y trabajo resistido para potenciar los grupos musculares involucrados en la propulsión y mejorar la capacidad de generar fuerza de forma explosiva (Morouço et al., 2012). En el medio acuático, se emplean dispositivos como paletas, aletas y resistencias externas que incrementan la demanda propulsiva, favorecen la producción de fuerza específica por ciclo de brazada y mejoran la eficiencia mecánica del gesto técnico (Amaro et al., 2018). Estas adaptaciones son fundamentales para optimizar la aceleración, las salidas, los virajes y la eficiencia técnica, componentes determinantes del rendimiento competitivo (Toussaint & Truijens, 2005).

HIPOTESIS GENERAL

Se espera encontrar una relación significativa entre la potencia del tren superior y del tren inferior con el rendimiento en los diferentes estilos de nado en nadadores federados.

HIPOTESIS ESPECIFICAS

- Los nadadores de estilo pecho presentarán mayores niveles de potencia en el tren inferior, debido a la alta demanda de impulso propulsivo generado por las extremidades inferiores.
- Los nadadores de estilo mariposa mostrarán mayor potencia en el tren superior, como resultado del elevado requerimiento de fuerza en la fase de tracción subacuática.
- Los nadadores de estilo espalda y crol mantendrán valores intermedios de potencia en ambos trenes, reflejando un equilibrio entre propulsión y técnica.

MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo de carácter analítico y correlacional, orientado a medir y describir de forma objetiva la relación entre la potencia muscular del tren superior e inferior y el rendimiento competitivo en nadadores federados especializados en los estilos de mariposa, espalda, pecho y crol. El estudio se enmarca en un diseño no experimental de tipo transversal, dado que las variables fueron observadas en su contexto natural sin manipulación deliberada por parte de los investigadores. Este enfoque permitió establecer comparaciones y asociaciones entre los estilos de nado y las variables de potencia, identificando patrones y diferencias interindividuales.

Las mediciones se realizaron a lo largo de 15 días consecutivos, en jornadas diurnas y vespertinas, considerando la disponibilidad y carga de entrenamiento de los deportistas. Se resguardó la homogeneidad de las condiciones de evaluación (hora del día, calentamiento previo, tipo de superficie y equipamiento), con el fin de minimizar el error técnico y asegurar la validez interna del estudio.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objetivo estuvo conformada por nadadores federados chilenos pertenecientes a clubes competitivos de nivel nacional, con participación activa en campeonatos oficiales y una experiencia mínima de un año de entrenamiento sistemático en natación. Los deportistas incluidos mantenían rutinas estructuradas que combinaban sesiones acuáticas con trabajo de fuerza y acondicionamiento físico terrestre, lo que los convierte en una muestra representativa para analizar la relación entre potencia muscular y rendimiento en contextos competitivos.

La muestra final estuvo compuesta por 39 nadadores federados (22 hombres y 18 mujeres), seleccionados mediante un muestreo no probabilístico intencionado, considerando criterios de disponibilidad, regularidad en los entrenamientos y especialización competitiva. Las edades oscilaron entre 18 y 60 años (media = 24,6 ± 9,5 años), con un peso corporal promedio de 72,4 kg y experiencia deportiva entre 1 y 18 años.

La distribución de los participantes según su estilo de especialización fue la siguiente:

- **Crol:** 24 nadadores (61,5 %)
- **Espalda:** 7 nadadores (18,0 %)
- **Pecho:** 6 nadadores (15,4 %)
- **Mariposa:** 2 nadadores (5,1 %)

Cada participante aportó información demográfica (edad, sexo, peso corporal, años de experiencia y estilo de especialización), junto con los resultados de las pruebas de potencia y los tiempos oficiales de rendimiento por estilo. Esta estructura permitió analizar la relación entre la potencia

del tren inferior, la potencia del tren superior y el desempeño competitivo, considerando la influencia de variables individuales.

La inclusión de deportistas con distintos años de práctica y niveles de especialización posibilitó el análisis de variaciones interindividuales asociadas al tiempo de entrenamiento, edad y masa corporal, así como la identificación de tendencias generales en la expresión de potencia neuromuscular según el estilo técnico de nado.

VARIABLES E INSTRUMENTOS

Variables principales

- Variable dependiente**:**

  El rendimiento deportivo, determinado mediante los tiempos oficiales de nado registrados en pruebas individuales de los estilos mariposa, espalda, pecho y crol.

- Variables independientes**:**

  1. Potencia del tren inferior**,** medida mediante el salto vertical con y sin contramovimiento.
  2. Potencia del tren superior**,** obtenida a través de registros complementarios de fuerza propulsiva en extremidades superiores (según registros de entrenamiento y desempeño técnico).

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Las evaluaciones se realizaron utilizando una plataforma de contacto Chronojump (modelo DINA2)**,** validada científicamente para la medición de potencia y cinemática del salto vertical en poblaciones deportivas. Este sistema permitió registrar de forma precisa las variables tiempo de vuelo (s)**,** altura de salto (cm)**,** potencia generada (W) **y** velocidad inicial ($m \cdot s^{-1}$)**.**

Los protocolos de salto aplicados fueron los siguientes:

- Countermovement Jump (CMJ)**:** empleado para evaluar la potencia del tren inferior a partir del impulso elástico previo al despegue.
- Countermovement Push Up (CMPU): empleado para evaluar la potencia del tren superior a partir del impulso elástico previo al despegue.

Cada participante realizó tres intentos por tipo de salto**,** seleccionándose para el análisis el mejor registro individual en términos de potencia máxima alcanzada. Previo a las pruebas, los sujetos realizaron una activación estandarizada de 10 minutos que incluyó movilidad articular, ejercicios de activación y saltos submáximos de ensayo.

PROCEDIMIENTO

Las pruebas se desarrollaron en instalaciones controladas, con temperatura ambiente estable (22–24 °C) y superficie antideslizante. Los participantes vistieron indumentaria deportiva liviana y zapatillas estándar de entrenamiento. Cada sesión fue supervisada por un investigador con experiencia en evaluación funcional y un asistente encargado de registrar los datos en la interfaz Chronojump.

Los tiempos de rendimiento en los diferentes estilos fueron obtenidos a partir de registros oficiales de competencias recientes y cotejados con los resultados de potencia. La integración de ambas mediciones permitió establecer análisis comparativos y correlacionales entre potencia muscular y rendimiento competitivo.

CLASIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS

Para el análisis estadístico, los estilos y pruebas fueron codificados de la siguiente forma:

Estilo de nado:

1 = Mariposa

2 = Pecho

3 = Espalda

4 = Crol

Categoría de especialidad:

1 = 50 metros

2 = 100 metros

3 = 200 metros

4 = 400 metros

5 = 800 metros

DECLARACIÓN ÉTICA / CONSENTIMIENTO INFORMADO

Este estudio respetó los principios éticos de la Declaración de Helsinki (2013) y las directrices nacionales de investigación en seres humanos. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado, garantizando la confidencialidad, anonimato y el uso exclusivo de los datos con fines académicos. Los investigadores aseguraron la voluntariedad de la participación y el derecho a desistir del estudio en cualquier momento sin consecuencias.

Antes de su participación, todos los deportistas recibieron información clara y detallada sobre los objetivos del estudio, los procedimientos de evaluación, los posibles riesgos y beneficios, así como sobre el uso y tratamiento de los datos recolectados. Posteriormente, cada participante firmó un consentimiento informado en concordancia con las directrices éticas para investigaciones en seres humanos.

El documento explicaba explícitamente:

El carácter voluntario de la participación.

El derecho a retirarse del estudio en cualquier momento y sin consecuencias.

La confidencialidad y anonimato de los datos personales.

El uso exclusivo de la información con fines académicos.

Las medidas adoptadas para proteger la integridad y bienestar de los participantes durante las evaluaciones.

La firma del consentimiento fue requisito indispensable para la inclusión de cada deportista en el estudio, garantizando así la transparencia y el respeto de los principios éticos aplicables.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El procesamiento de los datos se realizó en el entorno de programación Google Colab, utilizando el lenguaje Python versión 3. Para el análisis se emplearon las librerías especializadas en estadística y visualización de datos, incluyendo pandas, numpy, scipy.stats, matplotlib y seaborn. El procedimiento estadístico siguió una estructura secuencial que abarcó la revisión inicial de la base de datos, la limpieza e imputación de valores, la verificación de supuestos estadísticos, el análisis descriptivo y la posterior evaluación inferencial.

En una primera etapa, se llevó a cabo una inspección detallada de la base de datos con el propósito de identificar valores atípicos, datos faltantes y errores de digitación. La base original comprendía treinta y nueve registros correspondientes a nadadores federados, con quince variables asociadas a características antropométricas, experiencia deportiva, tiempos de competencia y resultados de pruebas de salto vertical. Durante la revisión se constató la ausencia de valores faltantes, lo que permitió mantener la integridad del conjunto de datos. Sin embargo, se detectaron inconsistencias en el formato de la variable que contenía los tiempos de mejor marca individual, debido a diferencias en la notación de horas, minutos y segundos. Para resolver esta inconsistencia, se desarrolló un procedimiento de normalización que transformó todos los registros al formato estándar de horas, minutos y segundos, y posteriormente se convirtieron en valores continuos expresados en segundos. Este proceso garantizó la uniformidad de la escala de medida, lo cual es esencial para los análisis comparativos posteriores.

Durante esta fase también se evaluó la coherencia interna entre las variables categóricas relacionadas con el estilo de nado y la especialidad competitiva. Para ello se utilizó un diccionario de referencia elaborado por el investigador, en el que se codificaron los estilos de nado como

mariposa, pecho, espalda y crol, y las especialidades como pruebas de 50, 100, 200, 400 y 800 metros. La estandarización de las categorías permitió eliminar ambigüedades y asegurar la correcta interpretación de los resultados en las etapas siguientes.

Una vez asegurada la consistencia de los datos, se verificó la presencia de valores atípicos en las variables de tiempo y potencia mediante análisis visuales y estadísticos. Los casos con tiempos inusualmente elevados fueron examinados individualmente para determinar si correspondían a errores de registro o a rendimientos atípicos pero válidos. En lugar de eliminar observaciones, se optó por mantener todos los registros y aplicar una conversión uniforme de las unidades de tiempo a segundos totales. Este criterio se adoptó para preservar la representatividad de la muestra y evitar sesgos derivados de la exclusión de casos extremos, los cuales, en el contexto del deporte competitivo, pueden reflejar diferencias reales en el rendimiento.

En la etapa siguiente, se llevó a cabo la verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, necesarios para la aplicación de pruebas paramétricas. La evaluación de la normalidad se realizó mediante la prueba de Shapiro–Wilk, aplicada a las principales variables dependientes del estudio: altura y potencia en el salto con contramovimiento, y altura y potencia en el salto sin contramovimiento. En todos los casos, los valores de probabilidad obtenidos fueron superiores al nivel de significancia de 0.05, lo que permitió aceptar la hipótesis de normalidad. Adicionalmente, se inspeccionaron los diagramas Q–Q y los boxplots para confirmar de manera visual la ausencia de asimetrías o valores extremos que pudieran alterar los resultados. Los hallazgos de esta etapa confirmaron que los datos cumplían con los supuestos básicos para la aplicación del análisis de varianza.

Una vez verificada la normalidad de los datos, se procedió con el análisis descriptivo, en el cual se calcularon las medidas de tendencia central y de dispersión (media, desviación estándar, valor mínimo y máximo) para todas las variables incluidas en el estudio. Este análisis permitió caracterizar de manera general a la muestra, que presentó una edad promedio cercana a veinticinco años, un peso medio de aproximadamente setenta y dos kilogramos, y una experiencia deportiva promedio de ocho años. Los resultados de rendimiento mostraron que la altura media del salto con contramovimiento fue cercana a veintinueve centímetros, mientras que la potencia media alcanzó aproximadamente ochocientos veintisiete vatios. En el salto sin contramovimiento, los valores medios fueron de ocho centímetros en altura y cuatrocientos treinta y ocho vatios en potencia. Estos indicadores fueron utilizados posteriormente para comparar el desempeño entre los distintos estilos de nado.

En la fase inferencial, se aplicó un análisis de varianza de un factor con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre los estilos de nado en las variables de salto evaluadas. El análisis no arrojó diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las comparaciones realizadas, ya que todos los valores de probabilidad fueron superiores a 0.05. Estos resultados sugieren que, desde un punto de vista estadístico, los nadadores de diferentes estilos presentan un rendimiento comparable en términos de fuerza explosiva de los miembros inferiores. No obstante, los análisis descriptivos y la inspección gráfica permitieron observar ciertas tendencias que aportan información relevante. Los nadadores del estilo pecho registraron las mayores potencias medias en ambos tipos de salto, seguidos por los de espalda y crol, mientras que los nadadores del estilo

mariposa alcanzaron las mayores alturas promedio, lo cual podría estar asociado a un patrón de movimiento más elástico y coordinado.

Para complementar la interpretación de los resultados, se realizaron representaciones gráficas que mostraron las comparaciones de potencia media por tipo de salto y la relación entre la altura y la potencia del salto con contramovimiento. Estas visualizaciones confirmaron que, en todos los estilos, la potencia generada en el salto con contramovimiento fue superior a la observada en el salto sin contramovimiento, lo que pone de manifiesto el efecto de la acción elástica en la producción de fuerza explosiva. Asimismo, se constató que la relación entre la altura del salto y la potencia desarrollada se mantiene coherente entre estilos, lo que respalda la consistencia de las mediciones y la homogeneidad del grupo analizado.

Finalmente, se aplicaron pruebas post hoc de Bonferroni para verificar comparaciones por pares entre los estilos, las cuales tampoco revelaron diferencias significativas. En conjunto, los análisis estadísticos confirman la robustez del conjunto de datos y la ausencia de sesgos derivados de la imputación, además de evidenciar que los patrones de producción de potencia y altura de salto son comparables entre los diferentes estilos de nado. Estos resultados constituyen una base sólida para la interpretación fisiológica y biomecánica de las capacidades explosivas de los nadadores en las distintas modalidades competitivas.

RESULTADOS

La muestra estuvo compuesta por 39 nadadores federados, con una edad promedio de 24.56 ± 9.56 años, un peso de 72.28 ± 12.26 kg y un tiempo de experiencia en natación de 8.18 ± 5.88 años. El mejor tiempo promedio registrado en la prueba principal fue de 58.85 ± 44.90 segundos.

En las pruebas de salto, los valores medios fueron de 28.58 ± 7.05 cm para la altura del salto con contramovimiento (CMJ) y 8.23 ± 4.05 cm para el push up en contramovimiento (CMPU). La potencia media generada fue de 826.96 ± 192.24 W en el CMJ y 437.59 ± 129.58 W en el SJ (Tabla 1).

Tabla 1. Descriptivos generales de la muestra

Variable	Media	DE	Mín	Máx	N
Edad (años)	24.56	9.56	18.00	60.00	39
Peso (kg)	72.28	12.26	42.50	95.00	39
Tiempo de experiencia (años)	8.18	5.88	1.00	23.00	39
Mejor tiempo (s)	58.85	44.90	12.83	188.16	38
CMJ – Altura (cm)	28.58	7.05	15.89	40.81	39
CMJ – Potencia (W)	826.96	192.24	451.60	1219.50	39
CMPU – Altura (cm)	8.23	4.05	3.44	21.78	39
CMPU – Potencia (W)	437.59	129.58	197.30	707.70	39

Nota. Los valores se expresan como media ± desviación estándar. N = número de participantes con datos válidos por variable.

Al analizar las variables por estilo de nado, se observaron diferencias descriptivas entre los grupos (Tabla 2). Los nadadores del estilo pecho presentaron los mayores valores de potencia media en el CMJ (880.57 W) y en el SJ (447.94 W), seguidos por los de espalda (847.78 W y 475.98 W, respectivamente). En cuanto a la altura de salto, el estilo mariposa mostró el promedio más alto en el CMJ (29.99 cm) y también el mayor valor en el CMPU (9.80 cm). Por su parte, los nadadores de crol presentaron valores intermedios en todas las variables, con una tendencia a menor

variabilidad dentro del grupo. Estas diferencias pueden observarse también en los gráficos comparativos, donde se evidencia una mayor dispersión de los valores de potencia en los estilos pecho y espalda, y una mayor consistencia en los estilos crol y mariposa.

Tabla 2. Potencia y altura de salto por estilo de nado

Estilo	CMJ Altura (cm)	CMJ Potencia (W)	CMPU Altura (cm)	CMPU Potencia (W)
Crol	27.79	821.32	7.62	419.62
Espalda	27.99	847.78	9.11	475.98
Mariposa	29.99	766.82	9.80	456.45
Pecho	30.18	880.57	8.07	447.94

Nota: Promedios calculados por grupo. El estilo Pecho presentó la mayor potencia en CMJ, mientras Mariposa mostró la mayor altura en ambos tipos de salto.

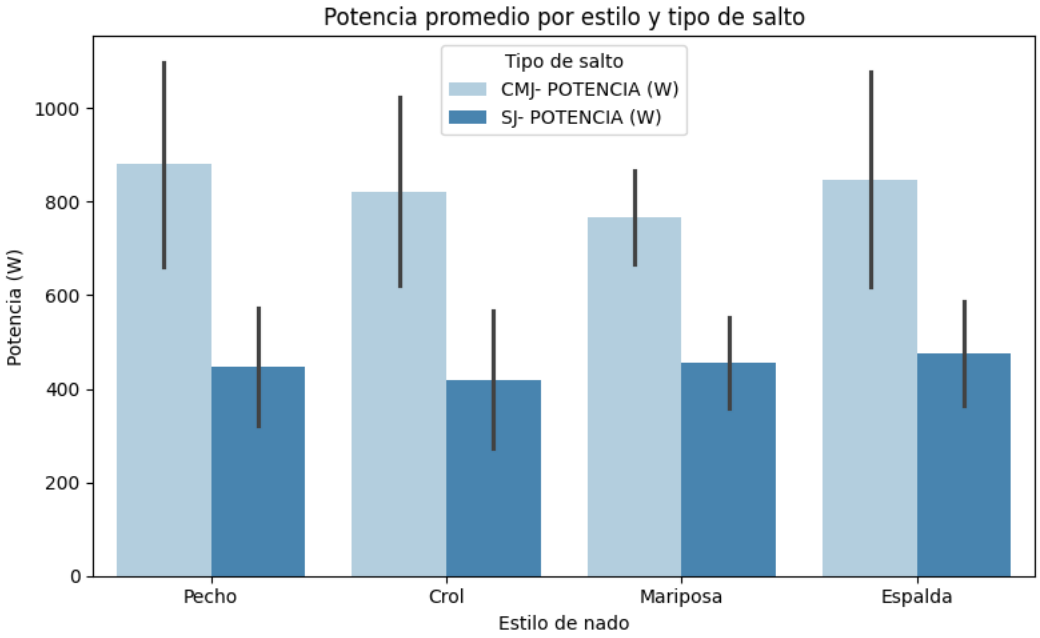
El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los estilos de nado para ninguna de las variables evaluadas (**$p > 0.05$**). Las pruebas de normalidad confirmaron que las variables seguían una distribución aproximadamente normal ($p > 0.05$ en Shapiro–Wilk), validando el uso del análisis paramétrico (Tabla 3).

Tabla 3. Comparaciones estadísticas entre estilos de nado

Variable	Método	Estadístico	p-valor	Normalidad media (p)
CMJ – Altura (cm)	ANOVA	0.283	0.837	0.618
CMJ – Potencia (W)	ANOVA	0.383	0.766	0.507
CMPU – Altura (cm)	ANOVA	0.522	0.670	0.322
CMPU – Potencia (W)	ANOVA	0.320	0.811	0.337

Nota: Los valores de $p > 0.05$ indican ausencia de diferencias significativas entre estilos de nado para las variables analizadas. Todos los conjuntos de datos mostraron distribución aproximadamente normal ($p > 0.05$ en Shapiro–Wilk).

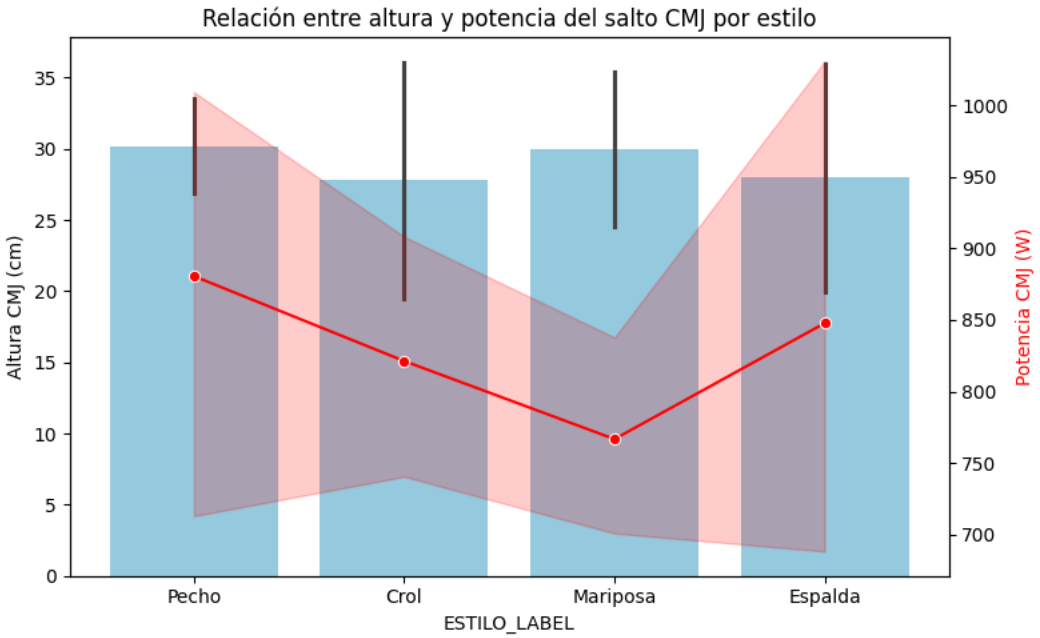
Figura 1. Potencia promedio por estilo de nado y tipo de salto (CMJ y CMPU)



La Figura 1 muestra la comparación de la potencia promedio (en vatios) obtenida en los saltos con contramovimiento (CMJ) y el empuje en contramovimiento de tren superior (CMPU), diferenciada por estilo de nado. Se observa que los valores de potencia son consistentemente mayores en el CMJ respecto al CMPU en todos los estilos, lo que confirma el efecto de la acción elástica en la generación de fuerza explosiva.

Entre los estilos, los nadadores de pecho presentan las mayores potencias medias tanto en CMJ (≈ 880 W) como en CMPU (≈ 448 W), seguidos por los de espalda y crol. El estilo mariposa muestra valores ligeramente menores en potencia CMJ, pero mantiene una potencia CMPU similar a la de los otros estilos, lo que sugiere una mayor eficiencia en la transferencia de fuerza sin impulso previo.

Figura 2. Relación entre la altura y la potencia del salto CMJ según el estilo de nado



La Figura 2 ilustra la relación entre la altura del salto (cm) y la potencia generada (W) en el test de salto con contramovimiento (CMJ), comparando los cuatro estilos de nado. En general, se aprecia que los nadadores del estilo pecho alcanzan simultáneamente los valores más altos de altura y potencia, mientras que los del estilo mariposa exhiben una menor potencia pese a mantener una altura similar.

Los estilos crol y espalda presentan perfiles intermedios, con potencias próximas a 820–850 W y alturas promedio de 28 cm. Esta tendencia sugiere que, aunque la altura de salto se mantiene relativamente estable entre estilos, las diferencias en la capacidad de producir potencia pueden estar vinculadas con adaptaciones neuromusculares específicas y características técnicas del ciclo de brazada y patada propias de cada modalidad.

En otras palabras, las Figuras 1 y 2 presentaron los patrones descriptivos entre potencia, altura de salto y estilos de nado:

Figura 1: La potencia fue consistentemente mayor en CMJ que en CMPU en todos los estilos, reflejando el efecto del ciclo de estiramiento–acortamiento.

Figura 2: Los nadadores de pecho mostraron simultáneamente altos valores de altura y potencia en CMJ, sugiriendo mayor eficiencia mecánica.

No obstante, ninguna de estas tendencias alcanzó significación estadística ($p > 0.05$), aunque constituyen elementos relevantes para la interpretación biomecánica del desempeño.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio indican que los nadadores de los diferentes estilos mariposa, pecho, espalda y crol no difieren de manera estadísticamente significativa en las variables de potencia y altura de salto, tanto en el salto con contramovimiento como en el empuje de contramovimiento de push up. Sin embargo, los valores descriptivos mostraron tendencias interesantes: los nadadores del estilo pecho presentaron las mayores potencias promedio en ambas pruebas, mientras que los nadadores de mariposa destacaron por registrar las mayores alturas de salto. Estos patrones, aunque no significativos en términos estadísticos, son coherentes con la evidencia científica reciente sobre la influencia de la fuerza explosiva del tren inferior en el rendimiento en natación.

La literatura especializada ha confirmado que los saltos verticales, en particular el salto con contramovimiento (CMJ) y el empuje en contramovimiento de tren superior (CMPU), constituyen indicadores válidos y confiables de la potencia neuromuscular de los nadadores. En su revisión sistemática, Tomljanović et al. (2021) analizaron 37 estudios que evaluaron la relación entre diferentes pruebas de salto y el rendimiento en la salida y el viraje, concluyendo que tanto el CMJ como el CMPU presentan alta fiabilidad (coeficiente de correlación intraclase > 0.90) y

correlaciones moderadas a fuertes con la velocidad de nado en los primeros metros de la prueba ($r = 0.60 – 0.80$). Los autores subrayaron que una mejora de tan solo 2 cm en la altura del salto puede traducirse en una reducción de entre 0.03 y 0.05 segundos en el tiempo de salida en pruebas de 50 m libre, lo que confirma el papel determinante de la potencia del tren inferior en la fase inicial de la natación (Tomljanović et al., 2021).

En línea con esta evidencia, Matúš et al. (2022) evaluaron la relación entre las capacidades de salto y el rendimiento en la salida mediante un diseño experimental con 12 nadadores adolescentes (edad = 15.7 ± 1.1 años). Los resultados mostraron correlaciones significativas entre el CMJ con brazos y el tiempo hasta los 5 m ($r = −0.80$, $p < 0.01$), así como entre el CMPU y el mismo parámetro ($r = −0.70$, $p < 0.05$). Los autores concluyeron que los nadadores con mayores niveles de potencia en el tren inferior logran tiempos de salida más rápidos, principalmente por su capacidad de generar mayor velocidad horizontal en la fase de impulso (Matúš et al., 2022). Estos resultados son consistentes con los hallazgos del presente estudio, donde los estilos con mayor demanda explosiva, como el pecho, exhibieron potencias promedio más altas.

De manera complementaria, Sammoud et al. (2019) demostraron el efecto del entrenamiento pliométrico sobre la potencia y el rendimiento en nadadores prepuberales. En un ensayo controlado aleatorizado de ocho semanas con 26 participantes (edad = 10.2 ± 0.3 años), los autores reportaron mejoras significativas en la altura del salto con contramovimiento ($d = 0.53$) y en la distancia del salto horizontal ($d = 0.95$) tras incorporar dos sesiones semanales de entrenamiento en seco. Asimismo, se observaron incrementos en la velocidad de nado en 15 m ($d = 0.60$) y 50 m libre ($d = 0.56$), mientras que el grupo control no mostró cambios relevantes (Sammoud et al., 2019). Estos hallazgos sustentan que la capacidad explosiva de los miembros inferiores puede transferirse

positivamente al rendimiento acuático, especialmente en nadadores jóvenes y en estilos que dependen de un impulso más marcado del tren inferior.

El estudio de Price et al. (2024) aporta evidencia adicional en nadadores juveniles, demostrando que el salto con contramovimiento explica hasta un 27 % de la varianza del tiempo de salida en 15 m ($p < 0.01$) y que, combinado con el salto sin contramovimiento, puede predecir hasta un 43 % del rendimiento global en 50 m libre. En su análisis multivariante, los autores concluyeron que la potencia de los miembros inferiores constituye un predictor clave de la velocidad inicial y del rendimiento competitivo, independientemente del sexo o la edad (Price et al., 2024). Esta evidencia refuerza la interpretación de que la similitud en la potencia y altura de salto observada entre los estilos en el presente estudio refleja un componente común de entrenamiento y adaptación neuromuscular en nadadores de nivel federado.

La ausencia de diferencias significativas entre estilos puede explicarse, en parte, por la naturaleza del entrenamiento moderno en natación, donde los programas de fuerza y potencia suelen ser homogéneos y transversales entre especialidades. Además, la muestra del presente estudio incluyó nadadores con un promedio de más de ocho años de experiencia competitiva, lo que sugiere una adaptación neuromuscular consolidada y una base de fuerza similar entre los distintos grupos. No obstante, las tendencias observadas mayor potencia en pecho y mayor altura en mariposa son coherentes con las demandas técnicas de cada estilo. En el caso del estilo pecho, la patada simultánea y la extensión explosiva de cadera y rodilla requieren una elevada tasa de desarrollo de fuerza, lo cual podría explicar las mayores potencias registradas. En contraste, el estilo mariposa implica un patrón ondulatorio más dependiente del ciclo de estiramiento–acortamiento, favoreciendo una mayor utilización del componente elástico y, por ende, una mayor altura relativa en el salto.

En síntesis, la evidencia empírica disponible (Tomljanović et al., 2021; Matúš et al., 2022; Sammoud et al., 2019; Price et al., 2024) coincide en que la potencia y la altura de salto medidas mediante CMJ y SJ son indicadores robustos del rendimiento explosivo en nadadores. Los resultados de este estudio contribuyen a reforzar esa relación, mostrando que, aunque no existan diferencias estadísticamente significativas entre estilos, las pruebas de salto permiten identificar tendencias fisiológicas y técnicas relevantes. De este modo, su aplicación en contextos de evaluación y monitoreo de rendimiento resulta plenamente justificada dentro de la preparación física del nadador federado.

CONCLUSIONES

El presente estudio tuvo como objetivo analizar las diferencias en la potencia y la altura del salto entre nadadores de distintos estilos competitivos, empleando pruebas de salto con contramovimiento y sin contramovimiento como indicadores de la capacidad explosiva del tren inferior. Los resultados mostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los estilos de nado (mariposa, pecho, espalda y crol) en ninguna de las variables evaluadas. Sin embargo, se identificaron tendencias descriptivas coherentes con las demandas fisiológicas y técnicas de cada modalidad: los nadadores del estilo pecho alcanzaron las mayores potencias promedio en ambas pruebas, mientras que los del estilo mariposa obtuvieron las mayores alturas de salto.

Estos hallazgos confirman que las pruebas de salto vertical son instrumentos válidos para la evaluación de la potencia neuromuscular en nadadores, incluso en ausencia de diferencias significativas entre grupos. La similitud de los valores entre estilos sugiere que los programas de entrenamiento actuales tienden a desarrollar la fuerza y la potencia del tren inferior de forma homogénea, independientemente de la especialidad técnica. No obstante, las diferencias

observadas en los patrones de potencia y altura respaldan la idea de que cada estilo presenta adaptaciones específicas derivadas de la naturaleza de su movimiento propulsivo.

Los resultados se alinean con la evidencia científica previa, que ha demostrado una fuerte asociación entre la capacidad de salto y el rendimiento en fases críticas de la natación, como la salida y el viraje (Tomljanović et al., 2021; Matúš et al., 2022). Asimismo, estudios experimentales han mostrado que programas de entrenamiento pliométrico o combinados con fuerza en seco pueden mejorar tanto la potencia de salto como el rendimiento acuático (Sammoud et al., 2019; Price et al., 2024). En este contexto, la aplicación sistemática de pruebas como el CMJ y el SJ permite monitorizar la eficacia del entrenamiento, identificar asimetrías funcionales y evaluar la transferencia de la potencia de los miembros inferiores al rendimiento acuático.

En conjunto, estos resultados sugieren que la potencia de los miembros inferiores constituye una capacidad determinante y transversal para el rendimiento en natación competitiva, siendo relevante para todos los estilos y especialidades. Por tanto, su evaluación periódica debe considerarse una herramienta fundamental dentro de los programas de preparación física de nadadores federados y de alto rendimiento.

LIMITACIONES

A pesar de la solidez metodológica del estudio y del tratamiento estadístico aplicado, es necesario reconocer ciertas limitaciones que condicionan la generalización de los resultados. En primer lugar, el tamaño muestral, aunque adecuado para un análisis descriptivo y comparativo preliminar, puede considerarse limitado para detectar diferencias pequeñas entre estilos con potencia

estadística elevada. Estudios futuros con muestras más amplias o multicéntricas podrían ofrecer resultados más concluyentes.

En segundo lugar, el diseño transversal del estudio no permite establecer relaciones causales entre la potencia de salto y el rendimiento en el agua. Por consiguiente, no es posible afirmar que una mayor potencia medida en el CMJ o CMPU se traduzca directamente en mejores tiempos de competencia. Investigaciones longitudinales o intervenciones experimentales que incluyan entrenamiento pliométrico o de fuerza específica podrían esclarecer mejor esta relación.

Una tercera limitación reside en la ausencia de variables técnicas específicas de natación, como la velocidad de salida, la distancia de deslizamiento o la frecuencia de brazada. Estas variables podrían haber proporcionado un panorama más completo sobre la transferencia entre la potencia del tren inferior y la eficiencia mecánica durante la prueba acuática. Además, factores como el tipo de superficie, el nivel de fatiga o las diferencias individuales en la técnica del salto pueden haber introducido variabilidad en los resultados.

Finalmente, aunque la muestra incluyó nadadores de ambos sexos y distintas especialidades, no se consideraron las posibles diferencias en maduración biológica, edad de inicio deportivo o volumen de entrenamiento semanal, variables que podrían influir en la potencia muscular y la capacidad de salto.

PROYECCIÓN Y LÍNEAS FUTURAS

Futuras investigaciones deberían abordar la relación entre la potencia del tren inferior y el rendimiento competitivo mediante diseños experimentales controlados, incorporando análisis biomecánicos tanto en seco como en el agua. La integración de tecnologías como plataformas de

fuerza, sistemas de captura de movimiento y análisis cinemático subacuático permitiría cuantificar con mayor precisión la transferencia entre la producción de potencia y la eficiencia propulsiva. Asimismo, sería pertinente examinar las adaptaciones diferenciales en función del sexo, la edad y el nivel competitivo, con el fin de desarrollar programas de entrenamiento específicos y basados en evidencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaro, N. M., Morouço, P. G., Marques, M. C., Batalha, N., Neiva, H., & Marinho, D. A. (2018). A systematic review on dry-land strength and conditioning training on swimming performance. *Science & Sports.* https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.07.003

Barbosa, T. M., Bartolomeu, R., Morais, J. E., & Costa, M. J. (2019). Skillful swimming in age-groups is determined by anthropometrics, biomechanics and energetics. *Frontiers in Physiology, 10*, 73. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00073

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., Costa, M. J., Marinho, D. A., & Morais, J. E. (2021). The role of the biomechanics analyst in swimming training and competition. *Sports Biomechanics.* https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1971895

Barbosa, T. M., Marinho, D. A., Costa, M. J., & Silva, A. J. (2011). Biomechanics of competitive swimming strokes. En V. Klika (Ed.), *Biomechanics in applications* (pp. 367–388). InTech. https://www.intechopen.com/chapters/19665

Baumrtová, L., Živný, P., & Procházka, K. (2017). Start performance and its effect on swimming sprint results. *Journal of Sports Sciences, 35*(10), 978–984. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1209305

Batalha, N., Dias, S., Marinho, D. A., & Parraca, J. A. (2018). The effectiveness of land and water-based resistance training on shoulder rotator cuff strength and balance of youth swimmers. *Journal of Human Kinetics, 62*, 91–102. https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0161

Costa, M. J., Santos, C. C., & Barbosa, T. M. (2023). Association between elite swimmers' force production and racial kinematics: Implications for propulsion and performance. *Frontiers in Sports and Active Living.* https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1205800

Darchini, A., Moghaddam, A., & Wilson, B. (2019). Dry-land strength training improves swimming start performance in adolescent swimmers. *Sports Biomechanics, 18*(6), 590–603. https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1435735

Deschodt, V. J., Arsac, L. M., & Rouard, A. H. (1999). Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *European Journal of Applied Physiology, 80*(3), 192–199. https://doi.org/10.1007/s004210050581

Deschodt, V., Arsac, L. M., & Rouard, A. (1999). Relative contribution of arms and legs in breaststroke propulsion. *Journal of Applied Biomechanics, 15*(2), 142–152.

García-Ramos, A., Feriche, B., Calderón, C., & Jaric, S. (2016). Power–velocity relationship as an alternative tool for monitoring resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 30*(1), 265–273. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001062

García-Ramos, A., Padial, P., de la Fuente, B., Argüelles-Cienfuegos, J., Bonitch-Góngora, J., & Feriche, B. (2016). Relationship between vertical jump height and swimming start performance before and after an altitude training camp. *Journal of Strength and Conditioning Research, 30*(6), 1638–1645. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001240

Garrido, N., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Costa, A. M., Silva, A. J., Pérez-Turpin, J. A., & Marques, M. C. (2012). Relationships between dry-land strength, power variables and short-sprint performance in young competitive swimmers. *Journal of Human Kinetics, 32*, 157–165. https://doi.org/10.2478/v10078-012-0035-3

Gonjo, T., Fernandes, R. J., Sanders, R., & Vilas-Boas, J. P. (2021). Comparison of body roll characteristics between front crawl and backstroke swimming. *Scientific Reports, 11*, 2438. https://doi.org/10.1038/s41598-020-80711-5

Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal, 34*(6), 2–12. https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826db467

Hołub, W., Zatoń, M., Wądrzyk, M., & Klarowicz, A. (2022). Kinematic determinants of performance in butterfly swimming. *Journal of Human Kinetics, 82*, 57–66. https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0044

Ikeda, Y., Ichikawa, H., & Shimoyama, Y. (2022). Determinants of underwater kicking performance in competitive swimmers. *Sports Biomechanics, 21*(7), 764–776. https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1816208

Invernizzi, P. L., Scurati, R., Longo, S., Gatta, G., & Michielon, G. (2014). Relationships between swimming style and dry-land strength in breaststroke. *Sport Sciences for Health, 10*(1), 11–16. https://doi.org/10.1007/s11332-013-0165-6

Keiner, M., Yaghobi, D., Sander, A., Wirth, K., & Hartmann, H. (2015). The influence of maximal strength performance of upper and lower extremities and trunk muscles on different sprint swim performances in adolescent swimmers. *Science & Sports, 30*(6), 147–154. https://doi.org/10.1016/j.scispo.2015.05.001

Lätt, E., Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P., & Jürimäe, T. (2010). Physical development and swimming performance during biological maturation in young female swimmers. *Collegium Antropologicum, 34*(3), 829–835.

Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., Keskinen, K. L., Rodríguez, F. A., & Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine, 9*(3), 398–404.

Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Neiva, H. P., Silva, A. J., & Morais, J. E. (2020). Comparison of the start, turn and finish performance of elite swimmers in 100 m and 200 m races. *Journal of Sports Science & Medicine, 19*(2), 397–407. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7196746/

Marques, M. C., Neiva, H., Morouço, P., & Marinho, D. A. (2020). Muscle strength and power training in swimming. *Strength and Conditioning Journal, 42*(6), 8–21. https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000568

Morais, J. E., Barbosa, T. M., Arellano, R., & Neiva, H. P. (2023). Race analysis and determination of stroke frequency–stroke length combinations during the 50-m freestyle event. *Journal of Sports Science and Medicine, 22*(1), 156–165. https://doi.org/10.52082/jssm.2023.156

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, 12*, 691919. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.691919

Morais, J. E., Barbosa, T. M., Lopes, V. P., Moriyama, S.-I., & Marinho, D. A. (2023). Comparison of swimming velocity between age-group swimmers using Statistical Parametric Mapping. *Sports Biomechanics.* https://doi.org/10.1080/14763141.2023.2241845

Morais, J. E., Marinho, D. A., Arellano, R., & Barbosa, T. M. (2019). Anthropometric variables influence propulsion in front crawl swimming. *Human Movement Science, 64*, 154–162. https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.02.008

Morouço, P. G., Marinho, D. A., Amaro, N. M., Pérez-Turpin, J. A., & Marques, M. C. (2012). Effects of dry-land strength training on swimming performance: A brief review. *Journal of Human Sport and Exercise, 7*(2), 553–559. https://doi.org/10.4100/jhse.2012.72.18

Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship between tethered forces and swimming performance in the four competitive strokes. *Journal of Applied Biomechanics, 27*(2), 161–169. https://doi.org/10.1123/jab.27.2.161

Morouço, P., Marinho, D. A., Amaro, N. M., Pérez-Turpin, J. A., & Marques, M. C. (2014). Effects of dry-land strength training on swimming performance: A review. *Journal of Human*

Sport and Exercise, 9(S1), S113–S120. https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/41129

Nicol, E., Pearson, S., Saxby, D., Minahan, C., & Tor, E. (2022). Stroke kinematics, neuromuscular activity, pacing, and kinetics in elite breaststroke swimming: A systematic review. *Sports Medicine – Open, 8*, 75. https://doi.org/10.1186/s40798-022-00467-2

Papadopoulos, C., Sambanis, M., Gissis, I., Noussios, G., Gandiraga, E., Manolopoulos, E., & Papadimitriou, I. D. (2009). Evaluation of force and vertical jump performance in young swimmers with different force-time characteristics. *Biology of Sport, 26*(4), 301–314.

Psycharakis, S. G., & Sanders, R. H. (2008). Shoulder and hip roll changes during 200-m front crawl swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 40*(12), 2129–2136. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818160bc

Psycharakis, S. G., & Sanders, R. H. (2010). Body roll in swimming: A review. *Journal of Sports Sciences, 28*(3), 229–236. https://doi.org/10.1080/02640410903508847

Seifert, L., Komar, J., Barbosa, T. M., Toussaint, H. M., & Millet, G. P. (2014). Inter-limb coordination and energy cost in swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport, 17*(4), 439–444. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.07.003

Strzała, M., Stanula, A., Krężałek, P., Rejdych, W., Karpiński, J., Maciejczyk, M., & Radecki-Pawlik, A. (2021). Specific and holistic predictors of sprint front crawl swimming performance. *Journal of Human Kinetics, 78*, 197–207. https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0058

Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine, 46*(10), 1419–1449. https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: Training considerations. *Sports Medicine, 48*(4), 765–785. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z

Takagi, H., Sanders, R., & Sugimoto, S. (2004). A comparison of hydrodynamic characteristics of the breaststroke and the butterfly stroke. *Journal of Sports Sciences, 22*(2), 147–154. https://doi.org/10.1080/02640410310001641449

Toussaint, H. M., & Beek, P. J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine, 13*(1), 8–24. https://doi.org/10.2165/00007256-199213010-00002

Toussaint, H. M., & Truijens, M. J. (2005). Biomechanical aspects of peak performance in human swimming. *Animal Biology, 55*(1), 17–40. https://doi.org/10.1163/1570756053276907

Veiga, S., Cala, A., Mallo, J., & Navarro, E. (2013). A different view of the stroke index to analyze swimming performance in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine, 34*(12), 1032–1036. https://doi.org/10.1055/s-0033-1337943

Zamparo, P., Capelli, C., & Pendergast, D. R. (2011). Energetics of swimming: A historical perspective and state of the art. *European Journal of Applied Physiology, 111*(3), 367–378. https://doi.org/10.1007/s00421-010-1433-7

Zamparo, P., Cortesi, M., & Gatta, G. (2019). The energy cost of swimming and its determinants. *European Journal of Applied Physiology, 119*(9), 2211–2224. https://doi.org/10.1007/s00421-019-04270-y

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. *Journal of Strength and Conditioning Research, 22*(4), 1298–1307. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a597b

ANEXOS

Anexo A. (Consentimiento informado)

Formulario de Participación en Investigación

Asociación entre potencia y estabilidad en nadadores de diferentes estilos

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN INVESTIGACIÓN

Investigadores principales:
- Nicolás Hashe
- Cristian Henríquez

Carrera y universidad: Entrenador Deportivo – Universidad Andrés Bello
Correo de contacto: cristianghp25@gmail.com
Teléfono (opcional): +56 9 4536 0810

1. Propósito de la investigación: Usted está siendo invitado(a) a participar en una investigación académica cuyo objetivo es analizar la asociación entre la potencia y la estabilidad en nadadores de diferentes estilos.

2. Procedimientos: Si decide participar, se le pedirá seguir las indicaciones entregadas por los evaluadores para realizar las pruebas de evaluación física. La duración total será de aproximadamente 25 minutos. Los investigadores estarán presentes en las estaciones de evaluación para guiar cada procedimiento.

3. Voluntariedad: Su participación es totalmente voluntaria. Puede retirarse en cualquier momento sin consecuencias.

4. Confidencialidad: Toda la información obtenida será confidencial y utilizada exclusivamente con fines académicos. Los datos serán anonimizados y presentados de forma agregada.

5. Riesgos y beneficios: No se prevén riesgos significativos. Los beneficios incluyen conocer su propio rendimiento físico y contribuir al avance del conocimiento en entrenamiento deportivo.

6. Contacto: Para consultas o inquietudes, puede comunicarse con el investigador o con el tutor(a) de tesis.

Tutor(a): .....
Correo: .....

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO

☐ He leído y comprendido la información anterior, y doy mi consentimiento libre y voluntario para participar en esta investigación.

Nombre completo: _____
Firma: _____
Fecha: ___ / ___ / _____

Datos generales del participante

1. Nombre completo: _____
2. Edad: _____
3. Sexo: ☐ Femenino ☐ Masculino ☐ Otro
4. Años de práctica en natación: _____
5. Club o equipo al que pertenece: _____
6. Nivel competitivo: ☐ Amateur ☐ Federado ☐ Selección regional/nacional

Estilo de especialización

7. Estilo principal de natación: ☐ Mariposa ☐ Espalda ☐ Pecho ☐ Crol
8. ¿Practica más de un estilo en competencia? ☐ Sí ☐ No
Si respondió 'Sí', indique cuáles: _____

Tiempos y pruebas

9. Mejor marca en 50 metros (estilo principal): _____
10. Mejor marca en 100 metros (estilo principal): _____
11. Mejor marca en 200 metros (si aplica): _____
12. Otra distancia o prueba donde compita con frecuencia (indique distancia y tiempo): _____

Entrenamiento y preparación física

13. Horas semanales dedicadas al entrenamiento en agua: ☐ <5 ☐ 5-8 ☐ 9-12 ☐ >12
14. Horas semanales dedicadas a la preparación física fuera del agua: ☐ <2 ☐ 2-4 ☐ 5-8 ☐ >8
15. Tipo de ejercicios más frecuentes en su preparación física (puede marcar más de una opción):
☐ Entrenamiento de fuerza
☐ Saltos pliométricos
☐ Estabilidad / core
☐ Movilidad articular
☐ Cardio complementario
☐ Otros: _____

Información complementaria

16. ¿Ha tenido alguna lesión en el tren inferior en los últimos 6 meses? ☐ Sí ☐ No
Si respondió 'Sí', indique tipo de lesión y tiempo de recuperación: _____
17. Comentarios o información adicional que desee agregar: _____

Anexo B. (Sistema de medición)

La plataforma Chronojump DINA-2 es un sistema de medición biomecánica utilizado ampliamente en ciencias del deporte para evaluar parámetros de fuerza, potencia y velocidad mediante saltos verticales. Este dispositivo funciona a través de sensores de contacto que registran con alta precisión el tiempo de vuelo y el tiempo de apoyo, permitiendo calcular indicadores clave como la potencia máxima, la potencia media, la altura de salto y el índice de fuerza reactiva. En el ámbito del rendimiento deportivo, el Chronojump DINA-2 se ha consolidado como un instrumento válido y confiable para evaluar tanto el tren inferior como el tren superior a través de pruebas estandarizadas como el Countermovement Jump (CMJ) y el Squat Jump (SJ).

En investigaciones aplicadas a la natación, su uso ofrece una herramienta objetiva para cuantificar la capacidad explosiva, relacionarla con el desempeño específico en los distintos estilos y comparar diferencias entre nadadores según especialidad y nivel de entrenamiento. La posibilidad de obtener registros repetibles, junto con un software que facilita el análisis estadístico y la exportación de datos, convierte al Chronojump DINA-2 en un recurso esencial para estudios que buscan establecer correlaciones entre la potencia musculoesquelética y el rendimiento competitivo.

