



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado

Out-of-water functional assessment: the role of reactive strength and explosive strength in swimming speed

Michael Czernisnski¹; Anyi Karina Oviedo Jara¹; Mariangel Granada Aristizábal¹; Javier Gaviria Chavarro^{1,2}; Viviana Amparo López Ulchur¹; Diego Fernando Orejuela Aristizábal¹; Isabel Cristina Rojas Padilla^{1*}

¹Escuela Nacional del Deporte

²Universidad Santiago de Cali

*autor de correspondencia. isabelcrojasp@gmail.com

Calendario editorial: Artículo recibido el 14/03/2026 Aceptado: 22/05/2026 Publicado: 01/07/2026

<https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Para citar este artículo, utilice la siguiente referencia:

Czernisnski, M.; Oviedo Jara, A.K.; Granada Aristizábal, M.; Gaviria Chavarro, J.; López Ulchur, V.A.; Orejuela Aristizábal, D.F.; Rojas Padilla, I.C. (2026). Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. *Sportis Sci J*, 12 (3), 1-19 <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Contribución del autor: todos los autores contribuyeron de forma equitativa al trabajo.

Financiamiento: esta investigación no contó con financiación de ninguna entidad ni institución.

Conflicto de intereses: los autores declaramos no tener conflicto de intereses.

Aspectos éticos: el estudio se desarrolló de conformidad con los principios éticos de la Declaración de Helsinki y con la normativa nacional sobre investigación en seres humanos, en particular con la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Todos los datos fueron tratados de forma confidencial y se utilizaron códigos anónimos para garantizar la privacidad de los participantes. El protocolo fue evaluado y aprobado por el comité de ética de la institución responsable antes del inicio de la recolección de información y cuyo registro corresponde al acta número 320.02-08-2025



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Resumen

El rendimiento en la prueba de 200 metros estilo libre depende de una interacción compleja entre las capacidades neuromusculares, la fuerza funcional y la eficiencia biomecánica. El objetivo de este estudio fue analizar si diversos indicadores de desempeño físico, incluidas pruebas de salto, fuerza explosiva y el índice de fuerza reactiva (RSI), pueden predecir el rendimiento competitivo en nadadores juveniles especializados en pruebas de medio fondo. Se evaluó a un grupo de nadadores mediante pruebas estandarizadas de salto vertical y de salto con contramovimiento, así como pruebas de fuerza funcional orientadas al gesto de natación. Asimismo, se registraron sus tiempos oficiales en 200 m libre. Los análisis estadísticos exploraron la relación entre las variables físicas y el rendimiento en piscina y construyeron un modelo predictivo preliminar. Los resultados mostraron que la potencia explosiva y el RSI se asociaron significativamente con el tiempo en 200 m libres, explicando una proporción relevante de la variabilidad del rendimiento. Estos hallazgos sugieren que las pruebas funcionales terrestres pueden complementar la evaluación en el agua y servir como herramientas prácticas para el seguimiento del desempeño y la planificación del entrenamiento de nadadores jóvenes.

Palabras clave: natación; rendimiento en 200 m libre; modelo predictivo; fuerza funcional; pruebas de salto.

Abstract

Performance in the 200-meter freestyle event depends on a complex interaction between neuromuscular abilities, functional strength, and biomechanical efficiency. This study aimed to analyze whether various indicators of physical performance, including jump tests, explosive strength, and reactive strength (RSI), can predict competitive performance in young swimmers specializing in middle-distance events. A group of swimmers was evaluated using standardized vertical jump and countermovement jump tests, as well as functional strength tests geared toward swimming movements. Their official times in the 200-meter freestyle were also recorded. Statistical analyses explored the relationship between physical variables and pool performance and constructed a preliminary predictive model. The results showed that explosive power and RSI were significantly associated with the 200 m freestyle time, accounting for a substantial proportion of performance variability. These findings suggest that land-based functional tests can complement in-water assessment and serve as practical tools for performance monitoring and training planning for young swimmers.

Palabras clave: swimming; 200-m freestyle performance; predictive model; functional strength; jump test.



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Introducción

La natación competitiva es reconocida como una de las disciplinas más exigentes del deporte moderno, debido a la interacción constante entre factores físicos, técnicos y fisiológicos (Chortane et al., 2022; Moreno et al., 2022). En particular, la prueba de 200 metros libres es un evento intermedio que combina la explosividad de las distancias cortas con la resistencia y la eficiencia biomecánica de las pruebas largas (McKenzie et al., 2022). El rendimiento en esta distancia depende de la capacidad del nadador para mantener una velocidad elevada, gestionar eficazmente su energía y mantener una técnica estable a lo largo de toda la prueba (De la Fuente, 2023).

En el caso de nadadores jóvenes, esta complejidad se ve acentuada por el proceso de maduración biológica que ocurre entre los 10 y los 16 años, en el que influyen cambios hormonales, variaciones en la composición corporal y discrepancias entre la edad cronológica y la biológica (Beyer et al., 2020; Born et al., 2022). Estos factores dificultan la interpretación del rendimiento y requieren evaluaciones que trasciendan la mera observación cualitativa (Rubio & Castellano, 2016; Nahar et al., 2025). Al mismo tiempo, este período ofrece una ventana de oportunidad: la fuerza relativa, la potencia muscular y la coordinación intersegmentaria experimentan un desarrollo acelerado (Nahar et al., 2025), lo que convierte a esta población en especialmente susceptible a progresos significativos si se aplican estrategias de entrenamiento adecuadas (Peña et al., 2016).

Los antecedentes científicos refuerzan esta visión integral. Una revisión sistemática reciente identificó que, en nadadores juveniles, la fuerza muscular, la potencia y la masa magra se asocian positivamente con un mayor rendimiento, mientras que el porcentaje de grasa corporal presenta una relación menos clara (Price et al., 2024). Costa et al. (2020) encontraron que los predictores del rendimiento en los 200 metros libres incluyen variables antropométricas, fisiológicas y biomecánicas, así como ergogénicas (Celso, 2024), lo que confirma la necesidad de un enfoque multidimensional. En la misma línea, un análisis multivariable previo demostró que los parámetros biomecánicos explicaban hasta el 87 % de la variabilidad del rendimiento en 200 metros estilo libre en jóvenes nadadores masculinos (Nasirzade et al., 2015).

La importancia de este enfoque también ha sido señalada en revisiones recientes. Morais et al. (2021) sostienen que el rendimiento en nadadores juveniles se entiende



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

mejor como un fenómeno dinámico y multifactorial, en el que tanto la antropometría como la biomecánica y la eficiencia energética desempeñan un papel esencial. Estudios más recientes, como el de Raineteau et al. (2023), introducen metodologías innovadoras, como los perfiles carga-velocidad en piscina, que permiten relacionar la fuerza aplicada durante entrenamientos específicos con el rendimiento en pruebas de 100 y 200 metros libres. Asimismo, investigaciones sobre pruebas funcionales de campo seco aportan evidencias relevantes: Gonzalez-Rave et al. (2024) observaron que el rendimiento en el salto con contramovimiento (CMJ) y en dominadas, mejora a lo largo de la temporada, así como la importancia del trabajo en tierra (Figueroa & Gracia, 2022). En paralelo a los progresos en el agua, aunque sin una correlación inmediata, lo que resalta la complejidad de los vínculos entre capacidades neuromusculares y rendimiento acuático. Finalmente, López-Plaza et al. (2024) demostraron que la regularidad en la ejecución de las brazadas es un factor determinante para alcanzar mayores velocidades en pruebas de estilo libre de 100 metros en nadadores juveniles.

La pertinencia de avanzar en este tipo de investigaciones radica en que comprender los factores que predicen el rendimiento de jóvenes nadadores puede transformar la planificación del entrenamiento (Matanza, 2024; Bolaños & Castillo, 2025). Su relevancia práctica se amplía al considerar que la detección temprana de talentos y la prevención de riesgos asociados a la especialización precoz requieren información científica sólida que oriente la práctica profesional (Escudero & Jarrín, 2024; Jurado, 2025). Al mismo tiempo, la susceptibilidad de esta población justifica la implementación de modelos que integren múltiples variables en un marco analítico riguroso, lo que permitirá tomar decisiones basadas en evidencia y adaptadas a las características del desarrollo juvenil.

En este sentido, el objetivo del presente estudio fue construir un modelo predictivo del rendimiento en la prueba de 200 metros libres en nadadores jóvenes, integrando pruebas de salto y de fuerza funcional. Con ello, se busca no solo ampliar la evidencia científica sobre el rendimiento en la natación juvenil, sino también ofrecer una herramienta práctica que facilite la optimización del proceso de entrenamiento y potencie el desarrollo del talento desde edades tempranas.



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Método

Diseño

El presente estudio se diseñó con un enfoque observacional, correlacional y de corte transversal, de carácter cuantitativo, con el propósito de identificar las variables físicas y funcionales que se asocian significativamente con el rendimiento en la prueba de 200 metros libres de natación. Dado que se trató de un estudio no experimental, no se manipularon variables independientes, se midieron las condiciones físicas y de desempeño durante un único periodo de evaluación, sin seguimiento longitudinal. Esta elección metodológica resultó pertinente para establecer asociaciones iniciales y generar hipótesis que puedan ser contrastadas en futuros trabajos longitudinales o con diseños de intervención controlada.

Contexto

La investigación se llevó a cabo en un club de natación competitivo, en un contexto habitual de entrenamiento, utilizando una piscina semiolímpica reglamentaria y un espacio de apoyo en tierra firme para realizar pruebas funcionales. Todas las evaluaciones se realizaron durante una misma semana, distribuidas en tres jornadas previamente planificadas, con el propósito de evitar la concentración excesiva de pruebas en un solo día y reducir el efecto de la fatiga acumulada sobre el desempeño funcional.

Participantes

La muestra estuvo conformada por 24 nadadores juveniles de nivel competitivo regional, vinculados a procesos sistemáticos de entrenamiento en un club de natación. Los participantes contaban con una experiencia deportiva aproximada entre tres y cinco años, lo que indica una trayectoria previa suficiente para la ejecución técnica de las pruebas evaluadas y para la participación en escenarios competitivos organizados. Todos los nadadores entrenaban bajo la orientación de entrenadores con formación específica en natación.

Los criterios de inclusión exigieron que los deportistas tuvieran al menos seis meses de práctica continua en el club y no presentaran lesiones musculoesqueléticas ni enfermedades que limitaran la ejecución de las pruebas. Se excluyeron los casos de participantes que no completaron el protocolo o carecían del consentimiento de sus padres o tutores. En todos los casos, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

responsables legales y el asentimiento de los menores, tras explicar detalladamente la naturaleza y los objetivos del estudio.

Variables

La variable dependiente del análisis fue el tiempo empleado para completar la prueba de 200 metros libres. Como variables independientes se incluyeron indicadores funcionales y neuromusculares evaluados en seco, tales como la altura del salto en squat jump (S_SJ) y su tiempo de vuelo (TV_SJ), así como el countermovement jump (CMJ), del cual se obtuvieron el índice reactivo (RSI_CMJ) y el tiempo de vuelo (TV_CMJ). También se incorporaron pruebas de fuerza del tren superior, como el número máximo de dominadas, y de resistencia muscular localizada, como las sentadillas con salto, los abdominales y las flexiones de brazos. Adicionalmente, se registró la edad como variable descriptiva de los participantes y la flexibilidad del tronco como indicador funcional complementario, expresada en centímetros. Aunque se contempló un amplio conjunto de indicadores, el análisis de regresión múltiple retuvo únicamente las variables que mostraron una relación significativa o marginal con el tiempo de prueba.

Procedimiento

Las pruebas de salto se registraron mediante un sistema de cronometraje electrónico de alta resolución (ADR Jumping), lo que permitió calcular los tiempos de vuelo y obtener los índices correspondientes. La prueba de dominadas se aplicó en barra fija, controlando la técnica de ejecución y registrando el número máximo de repeticiones válidas. Las demás pruebas funcionales se administraron bajo instrucciones estandarizadas, procurando mantener condiciones similares de calentamiento, recuperación y supervisión para todos los participantes.

El procedimiento se organizó en dos bloques de evaluación distribuidos dentro de la misma semana. El primero incluyó la valoración de fuerza y potencia mediante squat jump, countermovement jump y prueba de dominadas, y el segundo consistió en la realización de la prueba de 200 metros estilo libre en piscina, en el marco de una competencia oficial de carácter departamental. Con el fin de reducir la influencia de la fatiga neuromuscular sobre las variables de salto, fuerza e índice reactivo, las evaluaciones en tierra no se realizaron inmediatamente después de sesiones exigentes de entrenamiento en agua. El protocolo se distribuyó en jornadas separadas, dado que



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

concentrar todas las pruebas en un solo día podía incrementar la carga acumulada y afectar la calidad de ejecución, especialmente en indicadores sensibles como el RSI_CMJ y los tiempos de vuelo. Desde la lógica del entrenamiento deportivo, se procuró que las pruebas funcionales fueran aplicadas en condiciones de recuperación adecuada, antes de cargas acuáticas intensas o en días sin entrenamiento previo de alta exigencia. El registro cronométrico se efectuó mediante un sistema electrónico con placas de contacto de la marca OMEGA, avaladas por la Federación Colombiana de Natación (FECNA) y por World Aquatics, lo que garantiza la precisión y objetividad de la medición.

Recolección y análisis de datos

Los datos fueron obtenidos directamente por el equipo evaluador durante las sesiones programadas. Para reducir posibles sesgos de medición, se estableció un protocolo uniforme de secuencia de pruebas, se realizó un calentamiento común previo a cada jornada y se proporcionaron instrucciones homogéneas a todos los participantes. La consistencia interevaluador se garantizó al asignar el mismo grupo de profesionales a cada bloque de pruebas. Además, se controlaron aspectos ambientales y horarios para disminuir las variaciones derivadas de la fatiga o de las fluctuaciones circadianas. Aunque el uso de una muestra por conveniencia puede introducir un sesgo de selección, esta limitación se mitigó al incluir a todos los nadadores elegibles del grupo competitivo.

El tamaño muestral fue de 24 participantes disponibles en el club, lo cual, si bien representa un número reducido, permitió construir un modelo exploratorio de regresión lineal múltiple de carácter parsimonioso. Dado que la clásica regla de diez sujetos por variable no resultaba aplicable en este contexto, se optó por restringir el número de predictores finales mediante criterios de información y el análisis del R^2 ajustado, priorizando la estabilidad de los parámetros y la interpretabilidad del modelo frente al riesgo de sobreajuste.

El análisis estadístico incluyó, en primera instancia, una fase descriptiva en la que se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión para las variables cuantitativas, entre ellas la media, la desviación estándar y los valores mínimos y máximos. En el caso de las variables cualitativas, como el sexo, se obtuvieron frecuencias absolutas y relativas para caracterizar la muestra. Posteriormente, se estimó un modelo de regresión lineal múltiple con el tiempo de 200 metros como variable dependiente. Para la construcción



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

del modelo, se aplicó un procedimiento de selección hacia atrás que permitió eliminar progresivamente los predictores no significativos y obtener una ecuación parsimoniosa y estable. Previo a la modelación, se verificaron los supuestos de normalidad, homocedasticidad, independencia y ausencia de colinealidad, esta última evaluada mediante los factores de inflación de la varianza, adoptando un umbral de referencia de cinco como nivel de advertencia. Los coeficientes finales se interpretaron y los valores de significancia estadística se fijaron en un nivel de $\alpha = 0,05$. Todo el procesamiento se realizó con el software SPSS, versión 24.

Consideraciones éticas

El estudio se desarrolló de conformidad con los principios éticos de la Declaración de Helsinki y con la normativa nacional sobre investigación en seres humanos, en particular con la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Todos los datos fueron tratados de forma confidencial y se utilizaron códigos anónimos para garantizar la privacidad de los participantes. El protocolo fue evaluado y aprobado por el comité de ética de la institución responsable antes del inicio de la recolección de información y cuyo registro corresponde al acta número 320.02-08-2025.

Resultados

El análisis descriptivo inicial permitió caracterizar a los veinticuatro participantes del estudio. La edad media fue de $13,67 \pm 1,23$ años, con un rango de 11 a 16 años. En cuanto a la distribución por sexo, el 54,2 % correspondió a mujeres y el 45,8 % a hombres. Las variables funcionales y de condición física evidenciaron una notable heterogeneidad. La altura del salto en squat jump (S_SJ) presentó un promedio de $25,00 \pm 14,14$ cm, con valores entre 2 y 48 cm, mientras que el índice reactivo en countermovement jump (RSI_CMJ) presentó una media de $0,2050 \pm 0,0976$. El número de dominadas ejecutadas se ubicó en $3,88 \pm 4,90$ repeticiones, con valores que oscilaron entre 0 y 21. El tiempo de vuelo en squat jump (TV_SJ) alcanzó $472,25 \pm 57,48$ ms, y en countermovement jump (TV_CMJ) fue de $472,00 \pm 63,08$ ms. En la prueba de sentadillas con salto, los participantes obtuvieron un promedio de $42,04 \pm 7,40$ repeticiones. La flexibilidad del tronco se midió con un promedio de $29,27 \pm 9,74$ cm, mientras que las pruebas de



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

resistencia muscular mostraron medias de $68,58 \pm 15,31$ repeticiones en abdominales y de $46,50 \pm 39,56$ repeticiones en flexiones de brazos.

Posteriormente, se estimó un modelo de regresión lineal múltiple con el objetivo de identificar las variables que mejor explican el rendimiento en la prueba de 200 metros libres. El modelo fue estadísticamente significativo ($F = 5,60$; $p = 0,002$), lo que indica que las variables retenidas explicaron una proporción considerable de la variabilidad en los tiempos de prueba. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 71,01 %, mientras que el R^2 ajustado alcanzó 58,33 %, valores que confirman una capacidad explicativa aceptable teniendo en cuenta el tamaño muestral y el número de predictores incluidos.

El proceso de selección progresiva por pasos hacia atrás dejó siete variables en el modelo final, de las cuales seis alcanzaron significancia estadística ($p < 0,05$) y una presentó un valor marginal. La altura del salto en squat jump (S_SJ) mostró un coeficiente negativo ($\beta = -0,01107$; $p = 0,002$), lo que indica que, a mayor altura de salto, menor es el tiempo de ejecución en los 200 metros libres, lo que destaca la importancia de la potencia del tren inferior. De manera similar, el índice reactivo del CMJ (RSI_CMJ) se asoció negativamente con el tiempo de prueba ($\beta = -1,272$; $p = 0,037$), lo que evidencia la eficiencia en el ciclo de estiramiento-acortamiento como predictor del rendimiento. El número de dominadas también resultó significativo ($\beta = -0,0363$; $p = 0,007$), lo que confirma la relevancia de la fuerza del tren superior en la propulsión de la brazada.

En cuanto a los tiempos de vuelo, el TV_SJ se relacionó negativamente con el tiempo en los 200 metros ($\beta = -0,00404$; $p = 0,015$), reforzando el papel de la capacidad de impulso inicial, mientras que el TV_CMJ mostró un coeficiente positivo ($\beta = 0,00458$; $p = 0,005$), lo que sugiere que, en este caso, tiempos de vuelo más prolongados podrían asociarse con menor eficiencia mecánica durante la fase concéntrica del salto. La variable sexo también fue significativa ($\beta = 0,243$; $p = 0,045$); los nadadores codificados como 1 (hombres) presentaron, en promedio, un tiempo 0,243 segundos mayor que las mujeres, manteniendo constantes las demás variables, lo que sugiere un efecto diferencial en el rendimiento por sexo. Finalmente, las sentadillas con salto presentaron un coeficiente negativo ($\beta = -0,01132$; $p = 0,087$), sin alcanzar significancia estadística, aunque su inclusión en el modelo apunta a una posible tendencia que requeriría un mayor tamaño muestral para confirmarse.



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

La ecuación final del modelo de regresión fue la siguiente:

Para mujeres (sexo = 0):

$$\text{tiempo_200} = 3,331 - 0,01107 \cdot S_SJ - 1,272 \cdot RSI_CMJ - 0,0363 \cdot \text{dominadas} - 0,01132 \cdot \text{sentadillas_con_salto} - 0,00404 \cdot TV_SJ + 0,00458 \cdot TV_CMJ$$

Para hombres (sexo = 1):

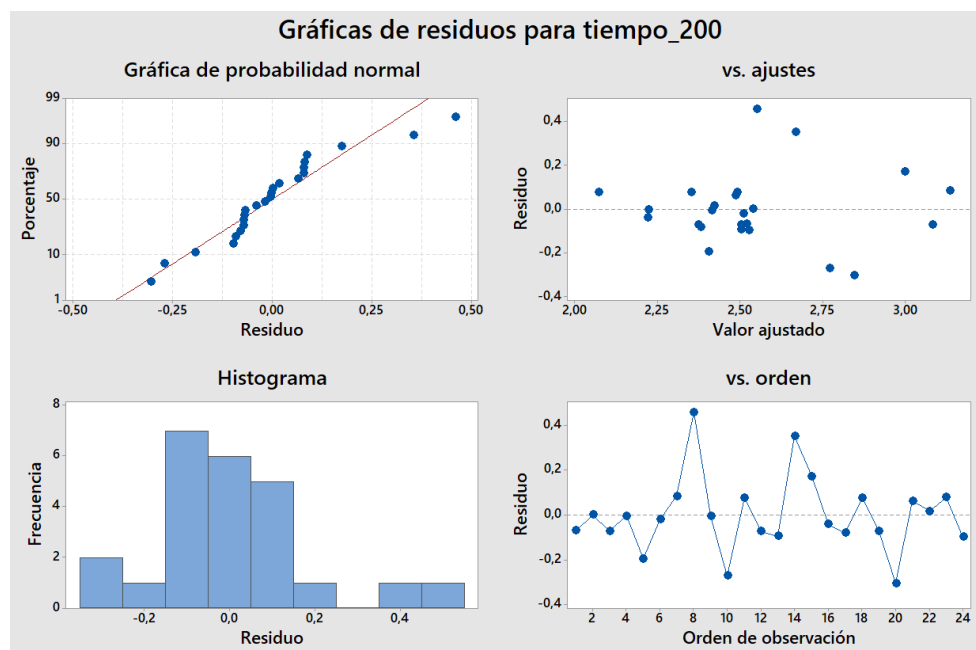
$$\text{tiempo_200} = 3,574 - 0,01107 \cdot S_SJ - 1,272 \cdot RSI_CMJ - 0,0363 \cdot \text{dominadas} - 0,01132 \cdot \text{sentadillas_con_salto} - 0,00404 \cdot TV_SJ + 0,00458 \cdot TV_CMJ$$

Los factores de inflación de la varianza (FIV) oscilaron entre 1,06 y 4,47, sin evidenciar problemas graves de colinealidad, aunque el valor máximo registrado de TV_CMJ se aproximó a los niveles de advertencia.

La inspección visual de los residuos permitió verificar los supuestos fundamentales del modelo. La gráfica de probabilidad normal evidenció un alineamiento satisfactorio con la recta teórica, lo que confirma que los errores se distribuyen aproximadamente de forma normal. El histograma mostró una distribución simétrica sin sesgos marcados, mientras que la gráfica de residuos frente a los valores ajustados no mostró patrones sistemáticos, lo que respalda la homocedasticidad. Por su parte, la representación de los residuos en función del orden de observación no evidenció autocorrelación, lo que valida la independencia entre los errores de las mediciones.

Estos hallazgos muestran que el modelo ajustado cumple razonablemente con los supuestos estadísticos y ofrece una aproximación robusta para comprender los factores físicos y funcionales que influyen en el rendimiento de nadadores juveniles en la prueba de 200 metros libres.

Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>



Grafica 1. Residuos para tiempo de 200 metros libre

Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar un modelo predictivo del rendimiento en la prueba de 200 metros libres en jóvenes nadadores a partir de variables físicas y funcionales específicas. Los hallazgos confirmaron la influencia significativa de seis predictores sobre el tiempo de ejecución, mientras que un séptimo mostró una asociación marginal, lo que aporta una visión más integral de los factores biomecánicos y neuromusculares que determinan el desempeño en pruebas de velocidad media y de resistencia anaeróbica.

Uno de los resultados más relevantes fue el efecto negativo de la altura alcanzada en el squat jump (S_SJ), lo cual se asoció con tiempos más bajos en la competencia. Este hallazgo es coherente con la literatura que reconoce la potencia explosiva del tren inferior como determinante en la natación, particularmente en pruebas en las que la salida y los virajes representan un porcentaje considerable del tiempo total (Ferreira de Souza et al., 2024). Estudios recientes refuerzan esta relación al demostrar que la altura de salto se correlaciona con la velocidad en tramos cortos y con la capacidad para superar la resistencia (Amara et al., 2025). Desde una perspectiva práctica, este resultado destaca la



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

necesidad de incluir ejercicios de salto y de trabajo pliométrico en la preparación de nadadores juveniles para mejorar la eficacia en las fases críticas de la prueba.

De manera complementaria, el índice reactivo del countermovement jump (RSI_CMJ) se incorporó como predictor significativo con efecto negativo sobre los tiempos, lo que confirma la importancia del ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC). Este indicador refleja la capacidad de utilizar eficazmente la energía elástica en acciones rápidas, un atributo asociado a la explosividad y la velocidad en atletas de alto rendimiento (Amara et al., 2026). En el caso de la natación, un RSI elevado puede traducirse en una mayor eficacia en la salida y en los virajes, aspectos que definen en gran medida el desempeño en pruebas intermedias como los 200 metros libres.

La fuerza del tren superior, evaluada mediante el número máximo de dominadas, también se mostró como un factor determinante. El coeficiente negativo encontrado indica que los nadadores con mayor capacidad de tracción reducen significativamente sus tiempos en 200 metros. Este resultado coincide con el metaanálisis de Amaral et al. (2023), que reportó correlaciones consistentes entre la fuerza máxima del tren superior y el rendimiento en pruebas de velocidad en natación. De manera complementaria, Vaishya et al. (2024) han mostrado que tanto la fuerza de agarre como el entrenamiento sistemático con dominadas mejoran la eficacia propulsiva en estilo libre. En términos prácticos, esto sugiere que los programas de entrenamiento deben priorizar el desarrollo de la fuerza y la potencia del tren superior, pues son componentes esenciales de la brazada en pruebas de velocidad media.

Un hallazgo interesante fue la observación de una relación inversa entre los tiempos de vuelo de los saltos verticales. Mientras que en el squat jump un mayor tiempo de vuelo se asoció con un mejor rendimiento, en el countermovement jump ocurrió lo contrario. Esta dualidad probablemente responda a diferencias biomecánicas entre ambos gestos: en el squat jump, el tiempo de vuelo refleja la potencia puramente concéntrica, mientras que en el countermovement jump podría indicar ineficiencias técnicas en la fase excéntrica-concéntrica, lo que repercute en una menor eficacia en el agua. Gao et al., (2025) señalan que no todos los parámetros derivados de los saltos tienen el mismo valor predictivo y que algunos reflejan mejor la eficiencia técnica que la capacidad de generar fuerza. En consecuencia, la interpretación de estas variables debe hacerse con cautela e



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

individualización, considerando tanto el tipo de prueba funcional como el perfil del nadador.

El sexo se mantuvo como un predictor significativo en el modelo, con un efecto positivo que indica que los hombres registraron tiempos ligeramente más altos que las mujeres, tras controlar el resto de las variables. Aunque este hallazgo puede resultar contraintuitivo dada la mayor masa muscular masculina, investigaciones previas han reportado diferencias en la composición corporal, el metabolismo energético y la biomecánica de la brazada (Tauda et al., 2025). Esto refuerza la importancia de incluir el sexo como variable en modelos predictivos y, al mismo tiempo, invita a desarrollar programas de entrenamiento diferenciados que atiendan las particularidades de cada grupo, así como a considerar la capacidad respiratoria (Trocoso et al., 2024; Ruiz & Sánchez, 2025)

La sentadilla con salto, aunque no alcanzó significancia estadística ($p = 0,087$), mostró una tendencia similar a la altura del squat jump. Este hallazgo sugiere que otros indicadores de potencia explosiva podrían tener relevancia práctica y que su falta de significancia se debe a un tamaño muestral limitado. Estudios sobre entrenamiento pliométrico han mostrado mejoras en la altura de salto y en la velocidad de nado tras intervenciones breves (Fernandez-Galvez et al., 2024), lo que respalda la necesidad de seguir explorando esta línea de investigación.

Desde el punto de vista metodológico, el modelo demostró validez estadística, con un R^2 ajustado del 58,33 %, lo cual se considera adecuado en estudios con múltiples variables fisiológicas y muestras reducidas. Los valores de la varianza inflacionaria (VIF) estuvieron por debajo de los umbrales críticos, lo que descartó colinealidad severa, y las pruebas gráficas confirmaron el cumplimiento de los supuestos clásicos de regresión. Este control garantiza que las inferencias del modelo sean consistentes y aplicables a contextos similares.

Los resultados refuerzan que la potencia del tren inferior, la eficiencia neuromuscular, la fuerza del tren superior y las diferencias entre sexos inciden directamente en el rendimiento en 200 metros libres. Estos hallazgos se alinean con la literatura existente y tienen implicaciones prácticas directas: entrenadores y preparadores físicos pueden utilizar pruebas como el squat jump, el countermovement jump y las



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

dominadas para evaluar y monitorear la evolución del rendimiento, ajustar las cargas de entrenamiento y personalizar los programas según el sexo y las características funcionales de los deportistas.

Finalmente, se reconocen limitaciones como el tamaño muestral reducido y el carácter transversal del diseño, que impiden establecer relaciones causales y limitan la generalización. Futuras investigaciones deberían incorporar muestras más amplias y diseños longitudinales, así como variables fisiológicas y biomecánicas adicionales, con el fin de enriquecer los modelos predictivos y mejorar su aplicabilidad.

Conclusiones

El modelo predictivo obtenido explicó un porcentaje importante de la variabilidad en los tiempos de los nadadores jóvenes en la prueba de 200 metros libres, lo que confirma la influencia de variables físicas y funcionales específicas en el rendimiento. Entre los predictores más relevantes se encontró la potencia del tren inferior, en la que tanto la altura como el tiempo de vuelo en el squat jump se asociaron con una reducción significativa de los tiempos. Esto indica que la capacidad de generar fuerza explosiva y de sostener un impulso eficaz constituye un factor clave para mejorar el rendimiento en pruebas de velocidad prolongada. La eficiencia neuromuscular, representada por el índice reactivo en el countermovement jump (RSI_CMJ), también mostró un efecto favorable sobre el rendimiento, lo que refuerza la importancia del ciclo de estiramiento-acortamiento como componente esencial en el desarrollo de nadadores en formación. A su vez, la fuerza del tren superior, evaluada mediante el número máximo de dominadas, se consolidó como un factor determinante en la reducción de los tiempos, lo que confirma el papel central de la musculatura dorsal y de los brazos en la fase propulsiva del estilo libre.

En contraste, el análisis de los tiempos de vuelo reveló un hallazgo diferenciado según el tipo de salto: mientras que un mayor tiempo de vuelo en el squat jump resultó beneficioso, en el countermovement jump se asoció con tiempos de vuelo más altos en la competencia. Esta dualidad sugiere que la interpretación de estas variables debe realizarse con cautela, considerando las especificidades técnicas y neuromusculares de cada prueba y de cada nadador. El sexo se incorporó como predictor significativo, lo que indica que los hombres presentaron tiempos ligeramente superiores tras ajustar por el resto de las



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

variables. Este resultado pone de manifiesto diferencias fisiológicas y biomecánicas no por completo explicadas por los indicadores medidos, lo que resalta la necesidad de considerar parámetros adicionales, como la composición corporal o las características metabólicas, en futuros estudios.

Finalmente, la inclusión marginal de las sentadillas con salto indica que algunos componentes de la potencia explosiva requieren una exploración más profunda. A pesar de que el modelo explicó una proporción considerable de la variabilidad del rendimiento, la naturaleza transversal del diseño y el tamaño muestral limitado sugieren cautela en la interpretación. Se recomienda que investigaciones posteriores integren muestras más amplias y diseños longitudinales, e incorporen, además, indicadores fisiológicos y técnicos complementarios que permitan robustecer los modelos predictivos y mejorar su aplicabilidad práctica.

Referencias

- Amara, S., Bouassida, A., & Tillaar, R. v. d. (2026). Relationships Between Dry-Land Load—Velocity Parameters and In-Water Bioenergetic Performance in Competitive Swimmers. *Sports*, 14(1), 11. <https://doi.org/10.3390/sports14010011>
- Amaral CA, Amaral TLM, Monteiro GTR, Vasconcellos MTL, Portela MC. Hand grip strength: reference values for adults and elderly people of Rio Branco, Acre, Brazil. *PLoS ONE*. 2019;14(1):e0211452. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211452>
- Beyer, K. S., Stout, J. R., Redd, M. J., Baker, K. M., Church, D. D., Bergstrom, H. C., Hoffman, J.R., y Fukuda, D. H. (2020). Effect of somatic maturity on the aerobic and anaerobic adaptations to sprint interval training. *Physiological Reports*, 8(9), e14426. <https://doi.org/10.14814/phy2.14426>
- Bolaños Cabezas, Y., & Castillo Muñoz, J. S. (2025). El Entrenamiento de Fuerza en Natación, Evidencia Reciente: Revisión Bibliográfica (2019-2025). *Ibero Ciencias - Revista Científica Y Académica*, 4(4), 556-575. <https://doi.org/10.63371/ic.v4.n4.a396>
- Born, D. P., Lomax, I., Rüeger, E., y Romann, M. (2022). Normative data and percentile curves for long-term athlete development in swimming. *Journal of*



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Science and Medicine in Sport, 25(3), 266–271.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.10.002>

Celso, R. T. (2024). Análisis comparativo de tres momentos de consumo de bebidas energéticas en el rendimiento del estilo libre en nadadores universitarios. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 11(1), 1-26. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.1.11220>

Chortane, O. G., Amara, S., Barbosa, T. M., Hammami, R., Khalifa, R., Chortane, S. G., y van den Tillaar, R. (2022). Effect of High-Volume Training on Psychological State and Performance in Competitive Swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 7619. <https://doi.org/10.3390/ijerph19137619>

Costa, M. J., Marinho, D. A., Reis, V. M., Silva, A. J., & Marques, M. C. (2020). Modelling the 200 m front crawl performance predictors. *Frontiers in Physiology*, 11, 714. <https://doi.org/10.3390/ijerph17062126>

De la Fuente, B. (2023). Entrenamiento técnico y biomecánico en natación: el modelo del Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada. *Revista de Investigación en Actividades Acuáticas*, 7(13), 22-27. <https://doi.org/10.21134/riaa.v7i13.2001>

Escudero, R., & Jarrín, S. (2024). Selección de talentos deportivos para la disciplina de natación. *Polo del Conocimiento*, 9(10), 147-164. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/8110>

Fernández-Galván, L. M., Casado, A., & Domínguez, R. (2024). Evaluación y prescripción del salto vertical y horizontal en futbolistas. Revisión narrativa (Assessment and prescription of vertical and horizontal jumping in soccer players. Narrative review). *Retos*, 52, 410-420. <https://doi.org/10.47197/retos.v52.101834>

Ferreira de Souza, J., Correa Teodoro, R., de Oliveira, P., de Assis, F., & Fernandes da Silva, S. (2024). Métodos más Accesibles para la Mensuración del Tiempo de contacto y la Altura del Salto Vertical: DROP JUMP. *Revista Peruana De Ciencia De La Actividad Fisica Y Del Deporte*, 11(2), 1925-1938. Recuperado a partir de <https://www.rpcafd.com/index.php/rpcafd/article/view/324>



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Figueroa Serrato, D. A., & Gracia Díaz, Álvaro J. . (2022). Beneficios del trabajo de fuerza en tierra para la natación. *EFEI (Educación Física Experiencias E Investigaciones)*, 11(10), 101–114. Recuperado a partir de <https://revele.uncoma.edu.ar/index.php/revistaefei/article/view/4446>

Gao T, Shen J, Tang B, Wu X, Shi Y and Huang B (2025) Configural analysis of dry-land strength and front crawl performance in adolescents. *Front. Physiol.* 16:1631224. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1631224>

Gonzalez-Rave, J. M., Sorgente, V., Agudo-Ortega, A., Rodrigo-Carranza, V., Psycharakis, S., & Turner, A. P. (2024). Countermovement-Jump and Pull-Up Performance Before and After a Swimming Race in Preparatory and Competitive Phases of a Swimming Season. *International journal of sports physiology and performance*, 19(5), 471–479. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0329>

Jurado Aillón, M. A. (2025). Métodos Predominantes En El Proceso De Selección De Talentos Deportivos. Revisión Sistemática. *GADE: Revista Científica*, 5(1), 157-176. <https://doi.org/10.63549/rg.v5i1.567>

López-Plaza, D., Madera, J., González-Ravé, J. M., & Morouço, P. (2024). Stroke steadiness as a determinant factor of performance in 100 m front-crawl events. *Sports*, 12(4), 107. <https://doi.org/10.3390/sports12040107>

Matanza, J. (2024). Influencia de la alimentación en la mejora del rendimiento deportivo en natación de velocidad. (2024). *MLS Health and Nutrition Research*, 3(2), 185-199. <https://doi.org/10.60134/mlsisj.v3i2.2924>

McKenzie, M. R., McKean, M. R., Doyle, D. P., Hogarth, L. W., & Burkett, B. J. (2022). Swimming performance, physiology, and post-activation performance enhancement following dryland transition phase warmup: A systematic review. *PLOS One*, 17(8), e0273248. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273248>

Morais, J. E., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2021). Young swimmers' anthropometrics, biomechanics, energetics, and efficiency performance: A systematic review. *Frontiers in Physiology*, 12, 691919. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.691919>



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Moreno, B., Veiga, S., Sánchez-Oliver, A. J., Domínguez, R., y Morencos, E. (2022). Analysis of Sport Supplement Consumption by Competitive Swimmers According to Sex and Competitive Level. *Nutrients*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/nu14153218>

Nahar, N., González-Jurado, J. A., Fernandes da Silva, S., & Sánchez-Oliver, A. J. (2025). Análisis del rendimiento en jóvenes nadadores tras un entrenamiento de alto volumen de 12 semanas. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 11(2), 1-25. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.2.11344>

Nasirzade, A., Sadeghi, A., Sobhkhiz, A., Mohammadian, K., Nikouei, A., Baghaiyan, M., & Fattahi, A. (2015). Multivariate analysis of 200-m front crawl swimming performance in young male swimmers. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 17(3), 137-143.

Peña, G., Heredia, J. R., Lloret, C., Martín, M., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2016). Iniciación al entrenamiento de fuerza en edades tempranas: revisión. *Revista Andaluza de medicina del deporte*, 9(1), 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.022>

Price, T., Cimadoro, G., & S Legg, H. (2024). Physical performance determinants in competitive youth swimmers: a systematic review. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 16(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00767-4>

Raineteau, Y., Fernandes, R. J., & Morais, J. E. (2023). Associations between load-velocity profiling and race variables in 100 and 200 m freestyle events. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1326106. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1326106>

Rubio, S. C., & Castellano, R. (2016). Trabajando en equipo. *Swimming Science II*, 164.

Ruiz, S. D., & Sánchez, M. Y. (2025). Efecto del entrenamiento de la musculatura respiratoria en el rendimiento de la natación: revisión sistemática. *Fisioterapia*. 47 (6), 305-316. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2025.09.001>



Artículo original. Evaluación funcional fuera del agua: el rol de la fuerza reactiva y la fuerza explosiva en la velocidad de nado. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, julio 2026. <https://doi.org/10.55040/za2r4c75>

Tauda, M., Cruzat Bravo, E., Fuentes Muñoz, A., Ergas Schleef, D., & Díaz Mödinger, W. (2025). Perfil antropométrico en jóvenes nadadores y correlación con la fuerza del tren inferior. *Retos*, 63, 534-555. <https://doi.org/10.47197/retos.v63.109527>

Troncoso, P. G., Araneda, O. F., & Naranjo-Orellana, J. (2024). El entrenamiento de los músculos inspiratorios durante 3 semanas aumenta la presión inspiratoria, pero no el rendimiento en jóvenes nadadores de élite chilenos (Inspiratory muscle training for 3 weeks increases maximal inspiratory pressure but not the performance in young Chilean elite swimmers). *Retos*, 60, 1110-1121. <https://doi.org/10.47197/retos.v60.106715>

Vaishya, R., Misra, A., Vaish, A. *et al.* Hand grip strength as a proposed new vital sign of health: a narrative review of evidences. *Journal of Health Population and Nutrition*, 43(7). <https://doi.org/10.1186/s41043-024-00500-y>