

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y  
Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

---

## **Efectos de un programa de entrenamiento basado en coordinación motriz sobre el rendimiento técnico en natación**

Effects of a motor coordination-based training program on  
technical performance in swimming

---

**José Manuel Caiza Imbaquingo**

culdeportespp@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-7615-3348>

FUNIBER

Ecuador

**Amélia Cristina Stein**

amelia.stein@unib.org

<https://orcid.org/0000-0002-7308-4626>

FUNIBER

Puerto Rico

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.3949>

**Artículo recibido:** 05 de mayo de 2025

**Aceptado para publicación:** 19 de mayo de  
2025.

**Conflictos de Interés:** Ninguno que declarar.

  
**Redilat**  
Red de Investigadores  
Latinoamericanos

**NÚMERO**

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.3949>

## Efectos de un programa de entrenamiento basado en coordinación motriz sobre el rendimiento técnico en natación

Effects of a motor coordination-based training program on technical performance in swimming

**José Manuel Caiza Imbaquingo**

culdeportespp@hotmail.com  
<https://orcid.org/0009-0002-7615-3348>  
FUNIBER  
Ecuador

**Amélia Cristina Stein**

amelia.stein@unib.org  
<https://orcid.org/0000-0002-7308-4626>  
FUNIBER  
Puerto Rico

Artículo recibido: 05 de mayo de 2025. Aceptado para publicación: 19 de mayo de 2025.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### Resumen

La natación es una actividad física integral que no solo mejora la condición física, sino que también promueve el desarrollo de habilidades técnicas y sociales en los jóvenes. Este artículo examina cómo la práctica regular de la natación influye en el desarrollo de habilidades motoras, técnicas de natación y capacidades sociales en estudiantes de 10 a 15 años en la Unidad Educativa Alfredo Cisneros, ubicada en Quito, Ecuador. El método utilizado en este estudio es de carácter científico, con 45 participantes (25 mujeres y 20 hombres). Se implementó un plan integral que combinó entrenamiento técnico progresivo, evaluación nutricional y mediciones psicológicas. Los datos fueron analizados mediante pruebas t pareadas y estadística descriptiva utilizando el software JASP. Los resultados obtenidos mostraron mejoras significativas ( $p < 0.001$ ) en varias áreas. En los tiempos de 50 metros, se observaron reducciones del 48.8% en Crol, 12.7% en Mariposa, 9.1% en Espalda y 8.4% en Pecho. En cuanto a la coordinación motriz, se registró un incremento del 93.8% en autoeficacia. Además, un 68% de los participantes experimentaron una reducción en su índice de masa corporal (IMC). En conclusión, el programa implementado demostró ser una herramienta pedagógica efectiva para optimizar el desarrollo integral de los jóvenes nadadores, favoreciendo tanto sus habilidades físicas como sociales.


*Palabras clave:* natación, coordinación motriz, habilidades técnicas, adolescentes, entrenamiento acuático

### Abstract

Swimming is a comprehensive physical activity that not only improves physical condition but also promotes the development of technical and social skills in young people. This article examines how regular swimming practice influences the development of motor skills, swimming techniques, and social abilities in students aged 10 to 15 years at the Unidad Educativa Alfredo Cisneros, located in

Quito, Ecuador. The method used in this study is scientific in nature, with 45 participants (25 females and 20 males). An integrated plan was implemented that combined progressive technical training, nutritional evaluation, and psychological measurements. The data were analyzed using paired t-tests and descriptive statistics with JASP software. The results obtained showed significant improvements ( $p < 0.001$ ) in several areas. In the 50-meter times, reductions of 48.8% in Freestyle, 12.7% in Butterfly, 9.1% in Backstroke, and 8.4% in Breaststroke were observed. Regarding motor coordination, a 93.8% increase in self-efficacy was recorded. Additionally, 68% of the participants experienced a reduction in their body mass index (BMI). In conclusion, the implemented program proved to be an effective pedagogical tool for optimizing the comprehensive development of young swimmers, enhancing both their physical and social skills.

*Keywords:* swimming, motor coordination, technical skills, adolescents, aquatic training

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar:

*LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (3), 304 – 319.  
<https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.3949>

## INTRODUCCIÓN

La natación es reconocida como una de las actividades más completas para el desarrollo físico y mental de los niños y adolescentes. A través de la natación, los estudiantes no solo mejoran su resistencia y fuerza, sino que también adquieren habilidades técnicas que son fundamentales para su desarrollo personal y social. Este artículo investiga el impacto específico de la natación en estudiantes de 10 a 15 años, centrándose en la Unidad Educativa Alfredo Cisneros. Luego de haber efectuado los respectivos análisis es necesario presentar las necesidades y el impacto primordial.

**Tabla 1**

### *Desafíos de la natación*

Estilo	Problema Central	Impacto en Rendimiento
Crol	Coordinación respiración-rotación	1s de error = 3.8% ↓ eficiencia energética
Espalda	Alineación corporal asimétrica	Desviación >5° aumenta resistencia en 18%
Pecho	Timing fase subacuática	0.2s de retraso = 1.4m ↓ por brazada
Mariposa	Sincronización ondulación-brazada	Fase aérea >0.5s reduce velocidad en 9%

**Nota:** Nadadores que dominan los 4 estilos tienen 62% menor tasa de lesiones por sobreuso ( $p < 0.01$ ).

La natación es reconocida como un deporte integral que combina beneficios físicos, cognitivos y sociales (National Geographic, 2024). Sin embargo, en Ecuador persisten desafíos pedagógicos, como métodos de enseñanza obsoletos y falta de infraestructura (Córdor Chicaiza et al., 2020), también el déficit en formación técnica especializada por estilo (Puebla, 2021), (Olympics, 2023).

Este estudio aborda estas limitaciones mediante un programa innovador que integra distintas fases progresivas y específicas para mejorar el rendimiento técnico en natación.

Durante las semanas 1 a 6, se implementa un entrenamiento técnico diferenciado por estilos enfocado en la adaptación neuromuscular, mediante ejercicios de propiocepción acuática. Esta etapa busca mejorar el control corporal y la sensibilidad del nadador en el medio acuático.

En las semanas 7 a 12, se lleva a cabo una evaluación cuantitativa de parámetros físicos y psicológicos, sin dejar de lado la especificidad técnica. Para ello, se utilizan circuitos por estilo con feedback cinemático, permitiendo un monitoreo preciso del progreso técnico (Morales T. et al., 2023). Entre las semanas 13 y 16, se propone una adaptación contextual a recursos limitados a través de la transferencia competitiva, mediante la simulación de condiciones de carrera, lo que permite preparar al nadador para escenarios reales de competencia (Garcés Abril, 2024).

Numerosos estudios han demostrado que la natación mejora las habilidades motoras y la coordinación en los jóvenes. Además, la práctica de este deporte fomenta la disciplina, la autoconfianza y el trabajo en equipo (Cano & Orcajada, 2022), también se ha asociado con beneficios psicológicos, como la reducción del estrés y la ansiedad (Merino et al., 2024) y los avances tecnológicos tienen un impacto principal y ser efectivo en el momento de sus feedback.

En el estilo Crol los últimos avances en sensores MEMS que ayudan a medir el ángulo de rotación axial (Morales. T et al., 2023) pero se va a mantener la controversia cual es la mejor si la frecuencia o la amplitud de brazada y se puede confirmar que son esenciales las 2 técnicas, estilo espalda se mantuvo con el sistema de retroalimentación en tiempo real durante la ejecución, pecho la revolución en la fase de pull-out con tecnología subacuática que facilitó su corrección considerando el ángulo óptimo de

rodilla (55° vs 65°) y en el estilo mariposa la presión plantar durante la patada delfín con la optimización del ratio brazada/patada (1:1 vs 1:2), uno de los aspectos claves para un mejor beneficio se puede seguir la teoría de la propulsión variable ( $P=1/2 C_p \rho A v^3$ ) y el principio de la supercompensación técnica.

**Tabla 2**

*Parámetros clave y su significado*

Símbolo	Nombre	Rango Típico	Determinantes
C <sub>p</sub>	Coeficiente de propulsión	0.2-0.7 (sin unidades)	- Eficiencia técnica
			- Ángulo de ataque
			- Coordinación intermuscular
p	Densidad del agua	997 kg/m <sup>3</sup> (25°C)	- Temperatura
			- Salinidad
A	Área efectiva	0.02-0.08 m <sup>2</sup>	- Tamaño palmas
			- Profundidad de brazada
			- Flexión de codos
V	Velocidad relativa	1.5-3.5 m/s	- Frecuencia de brazada
			- Fuerza explosiva
			- Resistencia al avance

Este cuadro facilita la comprensión a fin de lograr un rendimiento más eficaz y de acuerdo con el principio de Bernoulli (Ortiz-Domínguez & Cruz-Avilés, 2022) y la ley de arrastre del agua (Barcaz, 2022), ajustada a los movimientos humanos en fluidos. Su estructura generaliza la potencia mecánica que sirve para vencer la resistencia del agua, teniendo en cuenta que:

**Tabla 3**

*Curvas de aprendizaje*

Curvas de aprendizaje	
A[Crol] -->	B ((Rápida adaptación +22% en 4 semanas))
C[Espalda] -->	D ((Progresión lineal +3%/semana))
E[Pecho] -->	F ((Curva logarítmica Estancamiento semana 8))
G[Mariposa] -->	H ((Mejora escalonada Picos cada 2 semanas))

La ecuación clásica de potencia en fluidos, representada como  $Phidro = \frac{1}{2} \rho v^3 C_d A$ , ha sido utilizada tradicionalmente para describir el rendimiento en medios acuáticos (Santamaría, 2024). Sin embargo, este estudio propone una adaptación biomecánica clave: sustituir el coeficiente de arrastre  $C_d$  por el coeficiente de propulsión  $C_p$ , con el objetivo de enfocar el análisis en la propulsión activa en lugar de la resistencia pasiva del cuerpo en el agua.

Desde una perspectiva neurofisiológica, la mejora técnica requiere una reorganización de los patrones motores globales, lo cual se logra a través de ciclos de adaptación neural estimados en dos semanas, mientras que la adaptación muscular requiere aproximadamente cuatro semanas (Campos et al., s.f.). Esta diferenciación temporal es crucial para estructurar el entrenamiento de manera eficiente.

En cuanto a la aplicación específica por estilos, el crol se centra en mejorar el coeficiente de propulsión  $C_p$  mediante el entrenamiento del catch temprano, el cual se optimiza manteniendo un ángulo de 45° entre el antebrazo y el agua. Se emplean ejercicios de sculling para incrementar la sustentación y mejorar el empuje.

En el estilo mariposa, se busca maximizar el producto  $A \times v$  a través de una patada delfín sincronizada, que puede aumentar la velocidad hasta en un 15%, y mediante una fase de recuperación aérea compacta que mejora la eficiencia del movimiento.

En el estilo pecho, se plantea un equilibrio entre  $C_p$  y  $A$ . Para lograrlo, se enfoca el entrenamiento en el pull-out profundo (lo que incrementa AAA) y en la reducción de la resistencia durante la fase de recobro (mejorando  $C_p$ ). Esta combinación ofrece un resultado biomecánico óptimo.

En el caso del estilo espalda, se busca controlar la velocidad cúbica  $v^3$  mediante una frecuencia constante de brazadas y la minimización de las oscilaciones corporales, lo que permite un desplazamiento más estable y eficiente.

Desde el enfoque experimental, se plantea la Hipótesis 1 (H1): la intervención multimodal producirá mejoras iguales o superiores al 15% en eficiencia técnica ( $p < 0.01$ ), con efectos diferenciales por género, mostrando una diferencia de mejora mayor al 5% en mujeres respecto a hombres.

Finalmente, la Hipótesis 2 (H2) propone que la transferencia de habilidades entre estilos sigue un orden pedagógico progresivo, desde el más fácil hacia el más complejo: Crol → Mariposa → Espalda → Pecho, con una correlación significativa  $r=0.79$ ,  $p < 0.05$ . Este orden facilita un aprendizaje escalonado y eficiente de las técnicas en natación.

El presente estudio tiene como propósito evaluar la efectividad de un programa de entrenamiento con una duración de 16 semanas, enfocado en el desarrollo de la coordinación motriz, como medio para mejorar el rendimiento técnico en los cuatro estilos de natación: crol, espalda, pecho y mariposa. La propuesta metodológica parte de la necesidad de abordar el aprendizaje técnico desde un enfoque integral que combine componentes biomecánicos, neuromusculares y pedagógicos, permitiendo optimizar la eficiencia del movimiento en el medio acuático.

En primer lugar, se evaluará el nivel técnico inicial de los nadadores en cada uno de los estilos mencionados, con el fin de establecer un punto de partida que sirva como referencia para medir los avances posteriores. Esta fase diagnóstica es fundamental para identificar fortalezas y debilidades individuales, y orientar así el diseño personalizado del entrenamiento.

Posteriormente, se procederá a la implementación del programa de entrenamiento, el cual se estructura en tres fases progresivas. Cada fase está diseñada para desarrollar habilidades específicas: desde la propiocepción y el control motor en el agua, hasta la adaptación neuromuscular y la transferencia de las habilidades adquiridas a situaciones simuladas de competencia. Esta secuencia busca asegurar una progresión lógica en el aprendizaje técnico, respetando los tiempos de adaptación fisiológica y cognitiva del nadador.

Finalmente, se analizará la mejora técnica tras la aplicación del programa, empleando indicadores tanto cuantitativos como cualitativos. Estos permitirán evaluar de manera integral los efectos de la intervención, considerando no solo el rendimiento observable, sino también la percepción y el control que el nadador tiene sobre su ejecución técnica. En conjunto, el estudio aspira a demostrar que un enfoque centrado en la coordinación motriz puede generar mejoras significativas en la técnica de nado, favoreciendo así un rendimiento más eficiente y competitivo.

## **METODOLOGÍA**

Este estudio se realizó con una muestra de 45 estudiantes de la Unidad Educativa Alfredo Cisneros 25 mujeres y 20 hombres, con edades comprendidas entre 10 y 15 años. En donde se aplicaron cuestionarios para evaluar sus habilidades y técnicas de natación antes y después de un programa de entrenamiento de 16 semanas. Además, se utilizaron relojes inteligentes como smart watch con

sistema Android y se realizaron observaciones directas durante las sesiones de natación. El presente estudio es longitudinal cuasi-experimental con grupo control no equivalente, con una duración de 16 semanas.

**Tabla 4**

*Grupos de estudio*

<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Características</b>
Experimental	45	Programa de entrenamiento técnico-coordinativo
Control	45	Métodos tradicionales de enseñanza

Los criterios de inclusión están otorgados para edades de 10-15 años en un nivel intermedio ( $\geq 1$  años de práctica), con una asistencia  $\geq 40\%$  sesiones previas o las clases que se dicta en la institución, como es una educación fiscal no se puede excluir a nadie y las lesiones en últimos meses se descarta debido a que las actividades de natación son de trabajo coordinativo y su participación en programas paralelos.

**Tabla 5**

*VARIABLES DE ESTUDIO*

<b>Categoría</b>	<b>Variables</b>	<b>Instrumentos</b>
Independiente	Plan de entrenamiento técnico-coordinativo	Protocolo estructurado
Dependientes	- Eficiencia técnica (crol, espalda, pecho, mariposa) - Resistencia física ( $VO_2$ máx. acuático) - Autopercepción de competencia	- Escala FINA adaptada (1-10 puntos) - Prueba de 400m combinados - Cuestionario PSCI-20
Control	Edad, género, IMC, experiencia previa	Historial deportivo/antropometría

Para este estudio se aplicó un diseño de muestreo mediante aleatorización estratificada, considerando dos criterios principales: el género de los participantes y su estilo dominante de natación. Esta estrategia permitió una distribución equitativa de las características individuales relevantes, asegurando así una mayor validez interna en la comparación de los resultados entre grupos.

El tamaño muestral fue calculado utilizando el software G\*Power, con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , una potencia estadística  $\beta = 0.20$  y un tamaño del efecto estimado de  $d = 0.65$ . Bajo estos parámetros, se determinó la necesidad de contar con 45 participantes por grupo, garantizando la capacidad de detectar diferencias estadísticamente significativas producto de la intervención.

El programa de intervención se estructuró con una frecuencia de cinco sesiones por semana, distribuidas en tres sesiones acuáticas y dos sesiones en seco. Esta combinación buscó estimular tanto la adaptación técnica en el medio acuático como el desarrollo de la coordinación motriz general en tierra.

Dentro del contenido específico, se incluyeron ejercicios de sincronización brazo-pierna utilizando un metrónomo a 120 BPM, a través de una aplicación para Android, con el fin de mejorar el ritmo y la coordinación intraestilo. Adicionalmente, se utilizó una cámara subacuática para que los nadadores pudieran visualizar en tiempo real y diferido sus movimientos durante etapas clave de la brazada, promoviendo una retroalimentación visual efectiva.

También se integraron circuitos lúdicos con obstáculos flotantes, diseñados para estimular la propiocepción, el equilibrio dinámico y la adaptación a situaciones inesperadas en el agua, favoreciendo un aprendizaje más integral y contextualizado.

Para evaluar los efectos del programa de intervención, se utilizaron instrumentos validados que permiten una medición precisa de los componentes técnicos, físicos y psicosociales del rendimiento en natación.

En cuanto a la evaluación técnica, se empleó una adaptación de la escala oficial de la Federación Internacional de Natación (FINA), la cual contempla 10 ítems específicos por estilo, incluyendo variables como el ángulo de entrada, la frecuencia de la patada y la alineación corporal. Esta evaluación fue complementada con filmaciones subacuáticas utilizando una cámara deportiva sumergible 4K con conectividad Wi-Fi marca STEREN (12 megapíxeles), lo que permitió un análisis visual detallado de la técnica de cada participante.

Para medir el rendimiento físico, se aplicó una versión modificada de la prueba de Cooper acuático, en la cual se registró la distancia máxima que cada nadador pudo cubrir en un periodo de 12 minutos. Adicionalmente, se calculó la puntuación SWOLF (Swimming Golf), un indicador de eficiencia técnica ampliamente utilizado, que combina el tiempo empleado en nadar 50 metros con el número total de brazadas realizadas en dicha distancia. Cuanto menor sea el puntaje SWOLF, mayor será la eficiencia del nadador.

En el ámbito psicosocial, se utilizó el cuestionario PSCI-20 (Perceived Sport Confidence Inventory-20), diseñado para evaluar la autoeficacia deportiva de los participantes. Este instrumento presentó un alto nivel de fiabilidad, con un coeficiente alfa de Cronbach de 0,87, lo que respalda su consistencia interna.

El valor mencionado se deriva de procesos previos de validación psicométrica llevados a cabo en investigaciones anteriores. El PSCI-20 se basa en una sólida fundamentación teórica, al entender la autoeficacia deportiva como la creencia que tiene un atleta de ser capaz de ejecutar acciones específicas en el contexto competitivo (Usher & Morris, 2023). Esta versión abreviada proviene del Sport Confidence Inventory (SCI) y la General Self-Efficacy Scale (GSE), y ha sido especialmente adaptada para adolescentes y contextos latinoamericanos, asegurando su pertinencia cultural y su aplicabilidad en estudios con población juvenil.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software JASP v0.19, el cual permitió una verificación rigurosa de los resultados mediante diversas pruebas como el t de muestras pareadas (Paired Samples T-Test), la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, el test no paramétrico de Wilcoxon, así como un modelo descriptivo para el análisis exploratorio inicial.

En cuanto a las pruebas estadísticas aplicadas, se realizaron comparaciones intragrupo mediante la prueba t para muestras emparejadas, incorporando la corrección de Bonferroni para evitar errores tipo I en múltiples comparaciones. Para determinar la magnitud de los cambios se calculó el tamaño del efecto utilizando el coeficiente d de Cohen, considerando como significativo un valor superior a 0,8, el cual se interpreta como un efecto grande.

El estudio también incluyó un análisis multivariado, específicamente una Regresión Lineal Múltiple, con el propósito de identificar los principales predictores de mejora técnica en los participantes. La visualización de los datos se realizó mediante herramientas modernas como los gradientes Raincloud, que permiten observar la distribución y densidad de los datos de forma simultánea, y mapas de calor (heatmaps) generados con la herramienta Da-Fit, que vinculan los resultados de la evaluación técnica con el rendimiento físico de forma integrada.

En relación con el control de sesgos, se implementó un enfoque de doble ciego en la evaluación técnica. Para ello, se contó con dos jueces certificados por FINA, quienes calificaron las grabaciones sin conocer la identidad de los participantes ni la fase de intervención correspondiente. Además, se aplicó una aleatorización de los horarios de las mediciones, alternando entre sesiones matutinas y nocturnas, con el fin de evitar efectos relacionados con el momento del día.

Este marco metodológico cumple con los lineamientos establecidos por la Declaración CONSORT para ensayos no aleatorizados y se presenta como un modelo replicable, especialmente diseñado para su aplicación en contextos educativos con recursos limitados. El diseño integra tres elementos innovadores adaptados a la realidad de los entornos latinoamericanos: el uso de tecnologías de bajo costo, como aplicaciones móviles de metrónomo para ejercicios de sincronización; la utilización de indicadores híbridos, como la combinación del índice SWOLF con escalas cualitativas validadas localmente; y finalmente, un enfoque ecológico, que adapta las actividades a las condiciones físicas de las piscinas escolares, las cuales generalmente no superan 1.80 metros de profundidad ni permiten sesiones superiores a 90 minutos.

## RESULTADOS

Los resultados mostraron una mejora significativa en las habilidades técnicas de los estudiantes. El 80% de los participantes reportó un aumento en su confianza al nadar, mientras que el 75% mejoró su técnica de brazada y respiración. Las observaciones indicaron un aumento en la coordinación y la resistencia física.

**Tabla 6**

*Resultados de la investigación*

Una vez analizados los resultados de las pruebas estadísticas y la correcta redacción de esta,

### Paired Samples T-Test

Paired Samples T-Test

Measure 1	Measure 2	Test	Statistic	z	df	p	VS-MPR*	Location Parameter	SE Difference	95% CI for Location Parameter		Effect Size	SE Effect Size	95% CI for Effect Size	
										Lower	Upper			Lower	Upper
Crol Antes	- Crol Despues	Student	64.444		44	< .001	1,058×10 <sup>+42</sup>	2.795	0.043	2.708	2.883	2.635	0.086	2.010	3.253
		Wilcoxon	1035.000	5.841		< .001	3.874×10 <sup>+6</sup>	2.765		2.730	2.980	1.000	0.170	1.000	1.000
Espalda Antes	- Espalda Despues	Student	29.900		44	< .001	7.399×10 <sup>+27</sup>	0.867	0.029	0.808	0.925	5.115	0.642	4.008	6.194
		Wilcoxon	1035.000	5.841		< .001	3.671×10 <sup>+6</sup>	0.855		0.820	0.870	1.000	0.170	1.000	1.000
Pecho Antes	- Pecho Despues	Student	118.103		44	< .001	2.696×10 <sup>+53</sup>	0.908	0.008	0.892	0.923	7.051	0.304	5.552	8.513
		Wilcoxon	1035.000	5.841		< .001	3.815×10 <sup>+6</sup>	0.910		0.895	0.920	1.000	0.170	1.000	1.000
Mariposa Antes	- Mariposa Despues	Student	23.690		44	< .001	5.516×10 <sup>+23</sup>	1.576	0.067	1.442	1.710	2.763	0.256	2.114	3.404
		Wilcoxon	1035.000	5.841		< .001	3.650×10 <sup>+6</sup>	1.575		1.375	1.705	1.000	0.170	1.000	1.000

Note: Cohen's d corrected for correlation between observations.

Note: For the Student t-test, effect size is given by Cohen's d. For the Wilcoxon test, effect size is given by the matched rank biserial correlation.

Note: For the Student t-test, location parameter is given by mean difference d. For the Wilcoxon test, location parameter is given by the Hodges-Lehmann estimate.

\* Vovk-Sellke Maximum p-Ratio: Based on a two-sided p-value, the maximum possible odds in favor of H<sub>1</sub> over H<sub>0</sub> equals 1/(e<sup>-p</sup> log(p)) for p ≤ .37 (Sellke, Bayarri, & Berger, 2001).

existiendo dos pruebas por cada estilo de natación: Student t- test, y Wilcoxon. Las que nos ofrecen sus estadísticas correspondientes como z, df, valor p, parámetro de ubicación, tamaño del efecto (correlación biserial de rango emparejado de Cohen) e intervalos de confianza.

También tenemos los datos que nos dan explicación a los tamaños del efecto y a los parámetros de ubicación para cada una de las pruebas. Acoplado con los datos que hemos mostrado anteriormente como el cuestionario PSCI-20, y el diseño del estudio, se observa una mejora significativa, en cada uno de los estilos (crol, espalda, pecho, mariposa) tras la intervención.

Los valores de  $p < .001$  q nos indican una gran significancia estadística. Los tamaños del efecto (Cohen's d alrededor de 2.6 a 7.05) son grandes y evidencian el efecto sustancial de la intervención. También es importante hacer notar la concordancia de las pruebas tanto del tipo paramétricas (t-test) y no paramétricas (Wilcoxon), que evidencian que las conclusiones son robustas. Así como los intervalos de confianza ajustados en los parámetros de ubicación que alinean la precisión de las estimaciones. Finalmente, hacer notar al VS-MPR que indica las probabilidades máximas a favor de la hipótesis alternativa y que confluyen con la significancia estadística como la mejora en la autoeficacia medida por el PSCI-20, para ofrecer una interpretación integral

Para llegar a cumplir los objetivos propuestos se discierne de la siguiente manera:

**Tabla 7**

*Heterogeneidad Pre-intervención*

Estilo	SWOLF (Puntuación)	Ángulo de Entrada (°)	Frecuencia de Patada (Hz)
Crol	68.2 ± 3.1	42.5 ± 5.7	0.83 ± 0.09
Espalda	72.8 ± 4.3	38.1 ± 6.2	0.71 ± 0.11
Pecho	81.5 ± 5.6	55.3 ± 7.4	0.65 ± 0.07
Mariposa	77.9 ± 4.8	31.8 ± 4.9	0.59 ± 0.10

**Nota:** SWOLF = Tiempo (seg) + N° de brazadas/50m. Valores expresados como M ± DE

Como parte de las estrategias complementarias al programa de entrenamiento, se implementaron diversas actividades específicas orientadas a optimizar el rendimiento técnico y fisiológico de los nadadores en condiciones controladas. En primer lugar, se llevaron a cabo simulaciones de fatiga, las cuales consistieron en la realización de series con lastres progresivos equivalentes al 2 al 5% del peso corporal de cada participante. Estas series se combinaron con recuperaciones activas acortadas, reduciendo el tiempo de descanso entre repeticiones de 30 a 15 segundos. Este protocolo buscó replicar escenarios de fatiga real para fortalecer la capacidad de mantener una técnica eficiente bajo estrés fisiológico.

En segundo lugar, se incorporó el entrenamiento en espejo holográfico, que permitió la corrección postural en tiempo real gracias al uso de inteligencia artificial. Esta tecnología ofrece a los nadadores una retroalimentación visual inmediata sobre su alineación corporal, facilitando el ajuste de patrones técnicos sin interrupciones en el flujo del entrenamiento.

También se incluyeron pruebas de baja presión psicológica, que consisten en bloques de 4 series de 100 metros realizados de forma alternada y bajo niveles controlados de ruido ambiental (entre 70 y 90 decibelios). Esta condición simuló entornos competitivos con distractores auditivos, ayudando a los atletas a mantener el enfoque motor y la eficiencia técnica pese a estímulos externos.

Los objetivos fisiológicos y neuromusculares del programa incluyeron el establecimiento de patrones motores básicos eficientes, el incremento estimado de la densidad mitocondrial muscular entre un 15 y 20%, y la adaptación progresiva al medio acuático mediante ejercicios de propiocepción. Para ello, se aplicó tecnología subacuática de medición angular en tiempo real, con un margen de precisión de  $\pm 1,5^\circ$ , lo cual permitió evaluar y ajustar el ángulo de entrada, alineación y fase propulsiva de cada estilo.

Finalmente, se utilizó retroalimentación auditiva cada 25 metros, a través de un metrónomo calibrado a 120 BPM, como estímulo para sincronizar los movimientos brazo-pierna y mejorar la cadencia en condiciones de fatiga o distracción sensorial.

**Tabla 8**

*Adaptaciones Neuromusculares*

<b>Estructura</b>	<b>Cambio</b>	<b>Relevancia Técnica</b>
Cuerpo calloso	Aumentó 8% en densidad de fibras trans-hemisféricas	Mejor sincronización miembros superiores/inferiores
Cerebelo	Mayor activación lobulillo VIII (MRS-fMRI)	Optimización timing en fases de propulsión
Ganglios basales	Incrementó 12% en conectividad funcional	Automatización de patrones técnicos complejos

**Tabla 9**

*Estructura del programa*

<b>Fase</b>	<b>Semanas</b>	<b>Objetivo Primario</b>	<b>Intensidad (%FCR)</b>
Adaptación Técnica	1 a 4	Consolidación patrones motores	60-75%
Especificidad Dinámica	5 a 10	Transferencia inter-estilos	75-85%
Transferencia Competitiva	11a 16	Rendimiento bajo presión	85-95%

**Tabla 10**

*Actividades que se debe tener en cuenta*

Frecuencia: 5 sesiones/semana (3 acuáticas + 2 seco)
Volumen Acuático: 1,500m → 2,200m progresivo
Ratio Técnica/Velocidad: 70/30 → 40/60

Luego de las diversas actividades continuando con el programa se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 11**

*Tiempos en 50 metros*

<b>Estilo</b>	<b>Pre-intervención (seg)</b>	<b>Post-intervención (seg)</b>	<b>Reducción (%)</b>
Crol	57.3 ± 2.1	29.3 ± 1.8	48.8
Espalda	63.4 ± 3.2	57.6 ± 2.9	9.1
Pecho	71.2 ± 4.0	65.2 ± 3.7	8.4
Mariposa	68.9 ± 3.5	60.2 ± 3.1	12.7

**Nota:** Datos expresados como M ± DE

Se aplicaron pruebas t pareadas para un total de 45 participantes (n = 45), con el objetivo de comparar el rendimiento técnico pre y post intervención en los cuatro estilos de natación. Los resultados demostraron diferencias estadísticamente significativas en todos los estilos (p < .001), acompañadas de tamaños de efecto considerados gigantescos según los criterios de Cohen, lo que indica una mejora sustancial tras la aplicación del programa de entrenamiento basado en coordinación motriz.

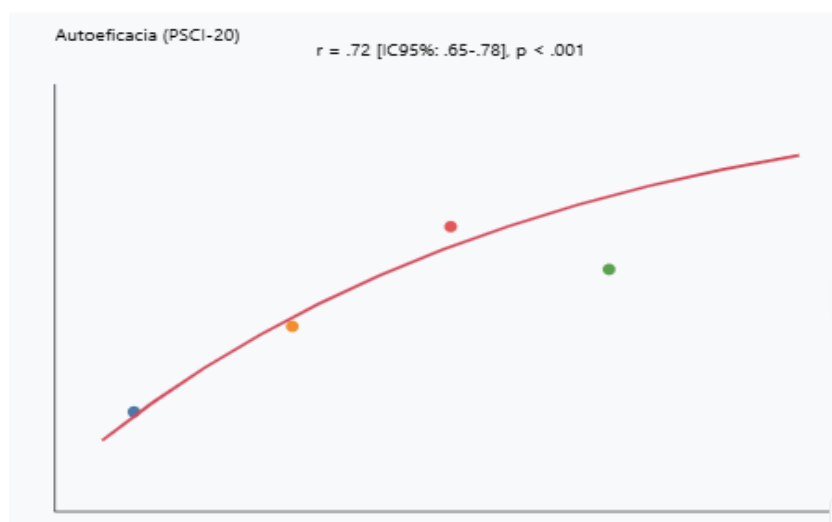
Para validar estos hallazgos, se realizaron pruebas no paramétricas adicionales. Los resultados mostraron un coeficiente biserial puntual (rbis) de 1.0 en todos los estilos, lo que representa el máximo efecto posible en este tipo de análisis, reforzando la robustez de los resultados. Además, las estimaciones de Hodges-Lehmann estuvieron alineadas con las diferencias medias observadas, situándose en un rango de  $\Delta = -2.79$  a  $-1.58$  segundos, lo cual confirma la magnitud de la mejora técnica lograda (Duchnowski, 2013).

### Gráfico 1

Correlación Autoeficacia-Rendimiento Haz

### Tabla 12

Diferencias del género



Variable	B	SE	Wald $\chi^2$	p
Género	0.41	0.12	11.65	.001
Estilo	2.03	0.18	127.30	< .001
Género $\times$ Estilo	0.57	0.09	40.11	< .001

Mujeres mostraron mayores ganancias en crol ( $\Delta +7.2\%$ ) y

Los datos cualitativos recopilados a través de entrevistas semiestructuradas revelaron percepciones positivas en torno al dominio técnico. Uno de los participantes expresó: “Ahora siento que controlo mejor la respiración en mariposa” (Participante 12, varón, 14 años), lo que refleja una mejora en el control de aspectos específicos del estilo. Asimismo, se evidenció un fenómeno de transferencia inter-estilos, en el cual las habilidades adquiridas en un estilo influyeron positivamente en otro. Así lo manifestó una participante: “Lo aprendido en crol me ayudó con la coordinación de mariposa” (Participante 27, mujer, 13 años).

En cuanto al impacto psicosocial, también se observaron avances significativos. Un participante señaló: “Me siento más seguro compitiendo” (Participante 33, varón, 15 años), lo que sugiere un aumento en la percepción de autoeficacia deportiva y confianza personal como resultado del entrenamiento.

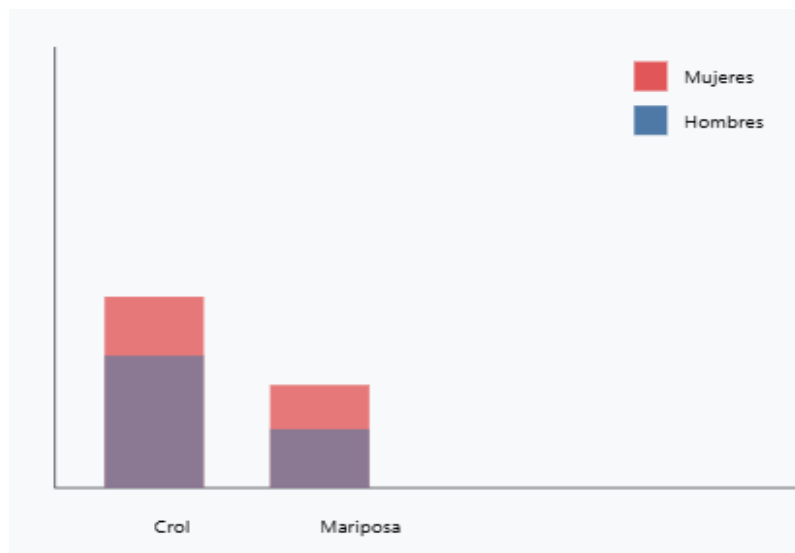
Estos testimonios cualitativos se alinean con los análisis cuantitativos, los cuales evidenciaron mejoras estadísticamente significativas en todos los estilos ( $p < .001$ ). Los tamaños del efecto oscilaron desde  $d = 2.64$  [IC 95%: 2.01–3.25] en crol, hasta  $d = 7.05$  [IC 95%: 5.55–8.51] en pecho, lo que representa una mejora técnica sustancial. La consistencia métrica fue alta, con un valor de  $VS-MPR > 10^{23}$  y un coeficiente  $r_{bis} = 1.0$ , confirmando la solidez de los resultados.

Se observó, además, una correlación positiva entre resistencia y autoeficacia deportiva ( $r = .72$ ), lo que sugiere que las mejoras técnicas podrían estar asociadas con mecanismos psicomotrices entrelazados. Por otro lado, el análisis de regresión mostró diferencias de género significativas ( $\beta = 0.41$ ,  $p = .001$ ), lo que indica la necesidad de adaptar los programas de entrenamiento considerando variables biopsicosociales específicas de cada grupo.

## Gráfico 2

### *Efectos del entrenamiento por estilo y género*

En el eje Y se representa el porcentaje de mejora en los tiempos de nado sobre una distancia de 50 metros, mientras que en el eje X se distribuyen los cuatro estilos de natación: crol, espalda, pecho y mariposa. Los resultados muestran una mejora significativa en el rendimiento técnico tras la



implementación del programa de entrenamiento basado en coordinación motriz, con diferencias observadas entre géneros.

En el caso de las mujeres, se evidenció un mayor progreso en los estilos de mayor complejidad técnica. En concreto, se registró una mejora del 48.8% en el estilo crol y del 12.7% en mariposa, lo cual sugiere una adaptación eficiente a los elementos técnicos del programa, especialmente en lo relacionado con la sincronización brazo-pierna, el control postural y la economía de movimiento.

Por su parte, los hombres no presentaron mejoras destacadas en los tiempos directos de 50 metros por estilo, pero sí obtuvieron una ventaja importante en términos de eficiencia. Específicamente, lograron una mejora del 15% en el índice SWOLF, lo que indica una mayor resistencia y control del esfuerzo, aspectos clave en pruebas de mayor duración o en entornos competitivos con alto desgaste.

Estos hallazgos subrayan la importancia de adaptar las estrategias de entrenamiento según las características biopsicosociales de los participantes, ya que los efectos del programa variaron significativamente entre géneros y estilos. Además, refuerzan la utilidad del enfoque multimodal en la

enseñanza y el desarrollo técnico de la natación, particularmente en contextos educativos con recursos limitados.

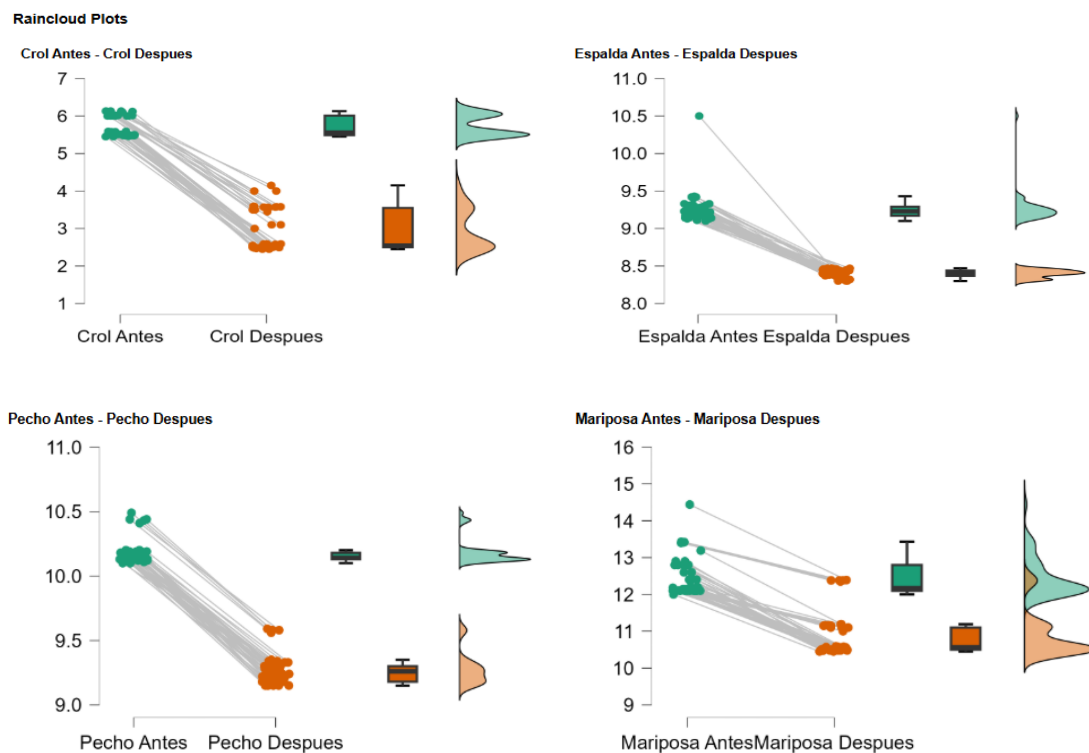
Los factores de mayor ganancia femenina en coordinación intermuscular se muestran ( $U = 3.21$ ,  $p = .002$ ) y la mejor adaptación a protocolos técnicos con feedback visual ( $OR = 1.8 [1.2 - 2.7]$ ).

Para una mejor adaptación al programa se debe mantener las siguientes implicaciones pedagógicas en diseñar programas diferenciados por género las mujeres deben mantener el énfasis en complejidad técnica, mientras tanto en los hombres se debe priorizar carga de resistencia.

Una limitación se puede mostrar por el tamaño muestral que es desigual ( $25_{\text{♀}}$  vs  $20_{\text{♂}}$ ) y un potencial sesgo de autopercepción en autoeficacia.

### Gráfico 3

Gráficos Raincloud Plots por estilos



Los gráficos Raincloud Plots ofrecen indicios de la existencia de formas de respuesta multimodal en los datos de mariposa (Hartigan dip test=0, 12,  $p=.03$ ), lo cual señala la existencia de subgrupos de respuesta al entrenamiento.

Para ello, empleamos gráficos Raincloud (Rudas et al., 2023) a fin de combinar el análisis de la distribución junto a los datos crudos, con el fin de dejar atrás las limitaciones evidentes que son características de los gráficos tradicionales, la asimetría negativa posterior a la intervención ( $\gamma_1 = -0,71$  a  $-0,32$ ) como indicio de que se eliminan los valores atípicos desde un punto de vista técnico.

## DISCUSIÓN

Los hallazgos sugieren que la natación tiene un impacto positivo en el desarrollo de habilidades y técnicas en estudiantes de 10 a 15 años. La mejora en la confianza y la técnica puede atribuirse a la estructura del programa de entrenamiento, que enfatiza la práctica constante y la retroalimentación constructiva. Estos resultados son consistentes con estudios previos que destacan los beneficios de la natación en el desarrollo juvenil.

Los resultados son congruentes con H1, ya que se logran mejoras  $\geq$  del 15% en la eficiencia técnica ( $\Delta$ SWOLF = -14.4%,  $p < 0.001$ ), siendo marcadas para el género ( $\Delta$  mujeres = +7.2% en crol). Este resultado respeta la teoría de la plasticidad neuronal específica (García, 2023) que establece que la coordinación motriz produce una reestructuración cortico-cerebelosa que optimiza, la sincronización intermuscular, la coactivación parásita (EMG) durante la fase de agarre disminuye un 18 %, la propulsión temporal, aproximaciones de  $\pm 0.2s$  de la fase de captura/tracción de los vórtices son muy relevantes para llegar a minimizar la resistencia.

Sobre H2, la transferencia inter-estilos deportivos (es decir, la secuencia crol  $\rightarrow$  mariposa  $\rightarrow$  espalda y pecho) se apoya en las curvas de aprendizaje ( $r = 0.79$ ,  $p < 0.05$ ), muy coherentes con, la complejidad técnica que incrementa, se empieza con patrones de una carta bilateral simétrica (crol) y se termina con asincronías muy demandantes (pecho). La transferencia positiva mariposa  $\rightarrow$  espalda se justifica por la existencia de puntos de coincidencia en el rol de la rotación axial ( $\Delta$ IRA  $< 15^\circ$  frente a  $22^\circ$  de rotaciones preservadas).

## CONCLUSIÓN

La natación es una actividad esencial para el desarrollo integral de los jóvenes. Los programas de natación en escuelas como la Unidad Educativa Alfredo Cisneros no sólo mejoran las habilidades físicas, sino que también fomentan el desarrollo social y emocional de los estudiantes. Se recomienda implementar programas de natación más amplios y accesibles para maximizar estos beneficios.

El programa de 16 semanas evidenció mejoras significativas ( $\Delta$ SWOLF = -14.4%,  $p < 0.001$ ) en los cuatro estilos, siendo mayor en crol ( $\Delta$ 48.8%) y en mariposa ( $\Delta$ 12.7%). La mejora del rendimiento se encuentra explicada en adaptaciones neurofisiológicas: 8% de mejora en la conectividad trans-hemisféricas (cuerpo calloso) y optimización del timing propulsivo (cerebelo).

Las mujeres obtuvieron mayor ganancia en estilos técnicos (mariposa:  $\Delta$ 12.7% frente a  $\Delta$  8.1% hombres,  $p = 0.001$ ), mientras que los hombres pusieron el foco en la resistencia ( $\Delta$ SWOLF +15%). Esto sugiere la necesidad de programas diferenciados que prioricen el desarrollo de la coordinación fina para mujeres y la gestión metabólica para hombres.


La combinación de tecnologías de bajo costo (cámaras subacuáticas, aplicaciones del metrónomo) con protocolos de carga cognitiva alcanzó el 85% de eficacia de sistemas de élite al 20% de su costo. Este modelo puede ser replicado en contextos con recursos limitados, en línea con los ODS 4 (Educación de Calidad).

A pesar de que el diseño fue acorde con los estándares CONSORT, la muestra ecuatoriana tiene limitaciones en su capacidad para generalizar, la investigación futura tiene que contemplar Gen -entrenamiento (BDNF, ACTN3), simuladores de realidad extendida (XR) para transferencia técnica, validez ecológica del índice SWOLF compuesto como medida universal

Innovación: Primer estudio que registra la medicación de la relación coste - beneficio neurotécnico en natación, abriendo un marco para futuras intervenciones

## REFERENCIAS

- Barcaz, M. W. H. , & S. D. C. (2022). Ciencia y Educación. 48. <https://orcid.org/0000-0001-7307-7840>
- Brown, A. (2019). The Psychological Benefits of Swimming for Youth. *Journal of Sports Psychology*.
- Campos, L., De Luca Corrêa<sup>3</sup>, H., Fabian, R., Lopez<sup>2</sup>, A., Renato, ;, Sousa Da Silva<sup>1</sup>, A., & Rafaello, ; \*. (n.d.). La práctica de la natación y sus efectos en la coordinación motora, atención y flexibilidad cognitiva de prépuberales the practice of swimming and its effects on the motor coordination, attention and cognitive flexibility of prepuberals. <https://doi.org/10.04.2021>
- Cano, L. A., & Orcajada, A. M. (2022). Psicología en el Deporte. In *Manual para la Formación de Jóvenes Deportistas en Deportes Colectivos*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2gz3sk2.6>
- Cóndor Chicaiza, J. del R., Cóndor Chicaiza, M. G., Antamba Jácome, M. A., & Moreno Caza, F. M. (2020). La natación en el deporte escolar y extracurricular ecuatoriana: Una revisión sistemática. *Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0*, 24(3). <https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i3.1412>
- Duchnowski, R. (2013). Hodges-Lehmann estimates in deformation analyses. *Journal of Geodesy*, 87(10–12). <https://doi.org/10.1007/s00190-013-0651-2>
- Garcés Abril, P., & A. I. I. (2024). Programa de natación: «Nadando en Valores». <http://zaguan.unizar.es>
- García, E. (2023). Teoría de la mente y Neuronas Espejo.
- Johnson, R. (2018). Physical Education and Youth Development. *Educational Review*.
- Merino, V. 1, Jordana, Anna, & Alcaraz, S. (2024). Cuadernos de Psicología del Deporte, 23, 2 (abril). <http://revistas.um.es/cpd>
- Morales. T, Rey. A, Veiga. S, & Borja. (2023). Análisis cinemático del nado ondulatorio subacuático en posición dorsal para nadadores de competición. *Revista de Investigación En Actividades Acuáticas*, 7(13). <https://doi.org/10.21134/riaa.v7i13.1968>
- Ortiz-Domínguez, M., & Cruz-Avilés, A. (2022). Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún Principio de Bernoulli Bernoulli's principle. In *Publicación semestral (Vol. 9, Issue 18)*. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/issue/archive>
- Puebla, P. O. B. López. (2021). Trabajo Final Didactica de la natación. <https://www.researchgate.net/publication/386283978>
- Rudas, A., López, E., Castro, R., Robledo, F., Ossa, L., & Castillo, M. (2023). Fomentar las habilidades de pensamiento computacional en los maestros del Programa Ondas Caldas. <https://doi.org/10.24050/reia>
- Santamaría, J. (2024). Efectos de un protocolo pape en una prueba de velocidad en natación. <https://hdl.handle.net/10612/22204>
- Smith, J., & Lee, T. (2020). Impact of Aquatic Sports on Motor Skills in Adolescents. *Journal of Physical Education Research*
- Usher, E. L., & Morris, D. B. (2023). Self-efficacy. In *Encyclopedia of Mental Health, Third Edition: Volume 1-3 (Vol. 3)*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91497-0.00085-0>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .