



### *Uso del Tempo Trainer como recurso didáctico en el entrenamiento deportivo moderno en nadadores*

### *Use of the Tempo Trainer as a teaching resource in modern sports training for swimmers*

**Guido Reyes Santana**

[greyes@unemi.edu.ec](mailto:greyes@unemi.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0008-5192-2335>

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

**Magaly Abigail Mite Figueroa**

[mmitef@unemi.edu.ec](mailto:mmitef@unemi.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0005-0839-7836>

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

**Borys Bismark Leon Reyes**

[borysleonreyes@gmail.com](mailto:borysleonreyes@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-6936-9947>

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Recibido: 08 de enero 2026 / Aceptado: 05 de febrero 2026 / Publicado: 07 de abril 2026

#### RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo analizar el efecto del uso de un recurso tecnológico de control rítmico en la precisión temporal del rendimiento deportivo en nadadores juveniles durante el entrenamiento. Se desarrolló una investigación con enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental con medición antes y después de la intervención. La muestra estuvo conformada por deportistas adolescentes pertenecientes a una federación deportiva provincial, quienes participaron en un programa de entrenamiento estructurado en el que se incorporó un dispositivo de regulación temporal como herramienta didáctica para mejorar la sincronización del ritmo de ejecución durante las tareas acuáticas. La recolección de datos se realizó mediante registros de tiempo de ejecución y medidas de error temporal respecto al ritmo previamente programado, utilizando instrumentos de medición cronográfica y procedimientos estandarizados de control del rendimiento. Los resultados mostraron una reducción consistente del error temporal durante la ejecución de las tareas de entrenamiento tras la aplicación de la intervención, evidenciando una mejora en la capacidad de los deportistas para ajustar su ritmo de movimiento al patrón temporal establecido. Asimismo, se observaron mejoras en la estabilidad del rendimiento y en la regularidad del tiempo de ejecución durante las repeticiones controladas. Se concluyó que la incorporación de recursos tecnológicos de control rítmico en el proceso de entrenamiento contribuyó al perfeccionamiento de la precisión temporal del gesto deportivo y favoreció la regulación del ritmo de ejecución en nadadores en formación.

**Palabras clave:** Entrenamiento deportivo, Tecnología educativa, Control del movimiento, Aprendizaje motor, Natación.

## ABSTRACT

The study aimed to analyze the effect of the use of a rhythmic control technological resource on temporal accuracy during sports performance in young swimmers during training. A quantitative study with a quasi experimental design and pre and post intervention measurements was conducted. The sample consisted of adolescent athletes belonging to a provincial sports federation who participated in a structured training program in which a temporal regulation device was incorporated as a didactic resource to improve synchronization of execution rhythm during aquatic tasks. Data collection was carried out through performance time records and measures of temporal error in relation to a previously programmed rhythm, using chronographic measurement instruments and standardized performance monitoring procedures. The results showed a consistent reduction in temporal error during the execution of training tasks after the intervention, indicating an improvement in the athletes' ability to adjust their movement rhythm to the established temporal pattern. Improvements were also observed in performance stability and regularity of execution time during controlled repetitions. It was concluded that the incorporation of rhythmic control technological resources in the training process contributed to the refinement of temporal accuracy in the sports gesture and favored the regulation of execution rhythm in developing swimmers.

**Keywords:** Sports training, Educational technology, Motor control, Motor learning, Swimming.

## INTRODUCCIÓN

El entrenamiento deportivo contemporáneo en el ámbito educativo ha experimentado una transformación significativa a partir de la incorporación de recursos tecnológicos orientados a optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje motor (Galeano-Rojas et al., 2023b; León-Reyes et al., 2025a), particularmente en disciplinas cíclicas como la natación, donde el control del ritmo, la frecuencia gestual y la dosificación del esfuerzo constituyen variables determinantes tanto del rendimiento como de la eficiencia técnica y la economía del movimiento (Castillo et al., 2022; Galeano-Rojas et al., 2024). En este contexto, los dispositivos de regulación temporal externa, entre ellos los sistemas basados en metrónomo y tecnologías análogas al Tempo Trainer, emergen como herramientas con potencial didáctico al facilitar la sincronización motora, la estabilidad del gesto técnico y la internalización progresiva del ritmo de ejecución, aspectos estrechamente vinculados con los principios contemporáneos del aprendizaje motor y la pedagogía del deporte.

La evidencia empírica reciente respalda la relevancia del control rítmico externo en natación, particularmente en relación con la adaptación a nuevos ritmos aeróbicos y el monitoreo de variables técnico-temporales, se ha demostrado que el entrenamiento guiado por metrónomo acelera la adaptación a un ritmo específico de nado y reduce el error temporal tanto global como por parciales, con efectos que se mantienen hasta diez días

después de la intervención, lo que sugiere consolidación del aprendizaje motor temporal (Fassone et al., 2025; Galeano-Rojas et al., 2023a; Rubio y Leon-Reyes et al., 2024). Asimismo, el uso sistemático del metrónomo permite monitorear cambios en la longitud de brazada durante distintos periodos de la temporada, aportando información objetiva para la regulación técnico-metodológica (Fassone et al., 2023). Estos resultados se complementan con investigaciones que subrayan la importancia de la planificación metodológica basada en principios bioenergéticos y de especificidad del entrenamiento en natación (Gussakov, 2021).

Desde una perspectiva neurofisiológica, el entrenamiento pautado por señales temporales externas ha mostrado efectos significativos en la excitabilidad corticospinal y en la modulación de la inhibición intracortical, por lo cual se sugiere que la regulación rítmica no solo impacta la ejecución observable sino también los mecanismos neurales subyacentes al control motor (Akalu et al., 2025; Leon Reyes et al., 2026). En consonancia, estudios sobre sincronización auditivo-motora evidencian que los estímulos temporales discretos mejoran la coordinación intersegmentaria y la consistencia rítmica incluso en poblaciones con dificultades coordinativas (Goetschalckx et al., 2024). Investigaciones en control motor también muestran que los procesos de aprendizaje y los patrones optimizados de movimiento no son equivalentes a los movimientos autopautados consolidados, esto

indica que la regulación externa puede activar estrategias adaptativas distintas en el sistema motor (Hayashi y Takiyama, 2025).

En el ámbito pedagógico de la natación, diversas estrategias metodológicas han demostrado incidir en la adquisición técnica y el rendimiento, entre ellas el enfoque atencional externo (Křehký et al., 2021), el entrenamiento diferencial para favorecer la autoorganización motriz (Nikravesch et al., 2022), la preparación física orientada a la mejora técnica (Jiang, 2023), y el uso de ejercicios acuáticos adaptados en poblaciones con discapacidad (Abdullah, 2024; Galeano-Rojas et al., 2023c; Hernández et al., 2020; Olivo et al., 2024). De igual modo, el entrenamiento de habilidades sensoriomotoras y la propiocepción lumbar en nadadores de élite ha mostrado efectos significativos cuando se integra con estrategias cognitivas como la imaginación motora (Solana-Tramunt y Bofill-Ródenas, 2025), mientras que el uso de visualización mental favorece la aceleración del aprendizaje del estilo crol (Al-Habashneh et al., 2024).

La integración de tecnologías emergentes también ha demostrado potencial en la mejora del aprendizaje técnico en natación, como ocurre con el modelado en realidad virtual que mejora indicadores de desempeño y percepción del esfuerzo (Namlı et al., 2025; León-Reyes et al., 2023), así como con modelos computacionales basados en redes neuronales profundas que permiten evaluar cuantitativamente los efectos del entrenamiento (Hou et al., 2022). En un plano más amplio, estudios sobre aprendizaje motor en sistemas robóticos inspirados en la natación han mostrado que la frecuencia emerge como variable crítica en la optimización del movimiento, lo cual refuerza la importancia del control temporal en sistemas biológicos y artificiales (Deng et al., 2023; León-Reyes y León, 2022a).

Desde el enfoque psicoeducativo, variables como la ansiedad influyen negativamente en el aprendizaje de la natación (Rastovski et al., 2023; León-Reyes et al., 2025b), lo que sugiere que herramientas que aporten estructura y previsibilidad temporal podrían contribuir indirectamente a la

regulación emocional del aprendiz (Taco et al., 2024; León-Reyes et al., 2022b). Además, investigaciones sobre retroalimentación auditiva en tareas rítmicas muestran que la sincronización externa puede modificar los procesos de integración sensoriomotora (Frankford et al., 2022; Tenorio et al., 2025), mientras que estudios sobre entrenamiento autopautado y control del ritmo evidencian que la autorregulación puede potenciar el desempeño cognitivo cuando el aprendiz tiene cierto grado de control sobre la temporalidad de la tarea (Uslu y Vögele, 2023).

Pese a esta base empírica sólida, persiste un vacío en la literatura educativa respecto a la integración sistemática del Tempo Trainer como recurso didáctico estructurado en programas de formación de nadadores, dado que la mayoría de los estudios se centran en variables de rendimiento o neurofisiológicas, sin profundizar en su articulación con principios pedagógicos como la progresión didáctica, la autonomía del estudiante, la transferencia del aprendizaje y la evaluación formativa (Carrillo et al., 2024). Por tanto, el problema científico se define como la insuficiente fundamentación teórico-metodológica del uso del Tempo Trainer como recurso didáctico en el entrenamiento deportivo moderno en contextos educativos de natación.

En términos de impacto social, la incorporación fundamentada de dispositivos de regulación temporal podría contribuir a democratizar el acceso a metodologías basadas en evidencia, mejorar la calidad de la enseñanza en instituciones educativas y optimizar la eficiencia del aprendizaje técnico, reduciendo tiempos de adquisición y errores persistentes, además podría favorecer procesos inclusivos al ofrecer referencias temporales claras para poblaciones con necesidades específicas (Abdullah, 2024). Sin embargo, también deben considerarse posibles limitaciones, entre ellas la dependencia excesiva de señales externas, la reducción de la exploración motriz espontánea o la tecnificación prematura del proceso formativo, aspectos que requieren un equilibrio metodológico entre regulación externa y autorregulación interna (Hayashi y Takiyama, 2025).

En coherencia con los fundamentos teóricos, empíricos y pedagógicos expuestos, el objetivo general de la presente investigación es analizar el uso del Tempo Trainer como recurso didáctico en el entrenamiento deportivo moderno en nadadores, evaluando su impacto en la adaptación al ritmo de nado, la precisión temporal, la estabilidad técnico-coordinativa y variables pedagógicas asociadas a la autorregulación y al aprendizaje motor, con el propósito de fundamentar científicamente su integración metodológica en programas educativos de natación y contribuir al desarrollo de prácticas formativas basadas en evidencia en el ámbito de la educación física y el deporte.

### METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental de tipo pretest-postest con un solo grupo, dado que la población estuvo constituida por la totalidad de nadadores juveniles registrados en la Federación Deportiva del Guayas durante el periodo competitivo 2025, integrada por 17 deportistas, varones y mujeres, con edades comprendidas entre 15 y 17 años, presentando una media de edad de 16,0 años y una desviación estándar aproximada de  $\pm 0,8$  años, lo que permitió caracterizar a la muestra como población adolescente en etapa de especialización deportiva inicial, correspondiente al periodo de preparación específica dentro de la planificación anual, fase en la cual se consolidaron capacidades técnico-coordinativas y se optimizó el control del ritmo competitivo, se establecieron como criterios de inclusión pertenecer oficialmente a la Federación, mantener asistencia regular superior al 85 % de las sesiones, poseer experiencia mínima de tres años en entrenamiento sistemático y no presentar lesiones activas, como criterios de exclusión se consideraron procesos de rehabilitación en curso, inasistencias reiteradas o participación paralela en programas externos no controlados, dado el tamaño poblacional reducido se trabajó con muestreo censal, justificándose metodológicamente al abarcar el 100 % de la población accesible, lo que garantizó validez ecológica y representatividad contextual.

La variable independiente consistió en la aplicación estructurada del Tempo Trainer como

recurso didáctico de regulación rítmica, cuya dosificación se fundamentó en la planificación de zonas porcentuales de esfuerzo clasificadas en zona de recuperación y calentamiento (60–70 %), zona de desarrollo aeróbico (70–80 %), zona de umbral y ritmo de competencia (80–90 %) y zona de potencia y velocidad (90–100 %), permitiendo organizar la carga conforme a criterios bioenergéticos estandarizados, para la individualización de los ritmos se determinó previamente el tiempo base de cada deportista en 100 metros estilo crol, posteriormente se aplicaron factores de conversión porcentual que permitieron calcular tiempos objetivo específicos al 80 %, 85 %, 90 % y 95 % de intensidad, garantizando precisión matemática en la programación del dispositivo y control cuantitativo del ritmo de ejecución, como métodos empíricos se emplearon la observación sistemática estructurada para registrar frecuencia de brazada y variabilidad temporal, la medición cronométrica digital centesimal para tiempos parciales y totales, y el análisis videográfico subacuático para evaluar estabilidad técnico-coordinativa, como medios y recursos se utilizaron dispositivos Tempo Trainer Pro calibrados individualmente, cronómetros digitales, planillas de registro estandarizadas, software Kinovea para análisis biomecánico y el paquete estadístico SPSS versión 26 para el procesamiento de datos, la confiabilidad de los registros se aseguró mediante doble medición independiente y cálculo de concordancia interevaluador.

El procedimiento se ejecutó en cuatro fases secuenciales, en la primera fase se realizó la evaluación diagnóstica mediante prueba base de 100 metros y registro técnico inicial, en la segunda fase se calcularon los tiempos individualizados aplicando los factores porcentuales correspondientes y se programaron los dispositivos de regulación auditiva, en la tercera fase se implementó la intervención durante ocho semanas dentro del microciclo de preparación específica, integrando tareas en zonas 80–90 % y 90–95 % para consolidar ritmo competitivo y precisión temporal, manteniéndose coherencia con los principios de progresión y sobrecarga controlada propios del entrenamiento juvenil, en la cuarta fase se aplicó la

evaluación posttest replicando exactamente las condiciones iniciales, para el análisis estadístico se emplearon estadísticos descriptivos mediante medias y desviaciones estándar, prueba de normalidad de Shapiro–Wilk y prueba t para muestras relacionadas con nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , calculándose además tamaño del efecto mediante d de Cohen e intervalos de confianza al 95 %, considerándose diferencias estadísticamente significativas cuando  $p < 0,05$ , todo el proceso se desarrolló bajo consentimiento informado de los representantes legales y autorización institucional de la Federación Deportiva del Guayas, garantizándose principios éticos de confidencialidad, voluntariedad y control metodológico que aseguraron replicabilidad y rigor científico en el contexto del entrenamiento deportivo juvenil competitivo.

## RESULTADOS

La muestra estuvo conformada por 17 nadadores juveniles ( $N = 17$ ), con edades comprendidas entre 15 y 17 años ( $M = 16,0$ ;  $DE = 0,8$ ). Los análisis estadísticos se realizaron conforme a los objetivos específicos planteados, utilizando pruebas t para muestras relacionadas con un nivel de significancia  $\alpha = .05$  e intervalos de confianza al 95 %.

### *Adaptación al ritmo de competencia*

Se evaluaron los tiempos obtenidos en la prueba de 100 metros estilo crol en condición pretest y posttest. Como se observa en la Tabla 1, el tiempo promedio disminuyó de 64,82 segundos ( $DE = 3,91$ ) en la medición inicial a 62,11 segundos ( $DE = 3,54$ ) en la medición final.

La diferencia media fue de  $-2,71$  segundos (IC 95 %  $[-3,46; -1,96]$ ). La prueba t para muestras relacionadas indicó diferencias estadísticamente significativas,  $t(16) = 7,38$ ,  $p < .001$ . El tamaño del efecto calculado mediante d de Cohen fue 1,79.

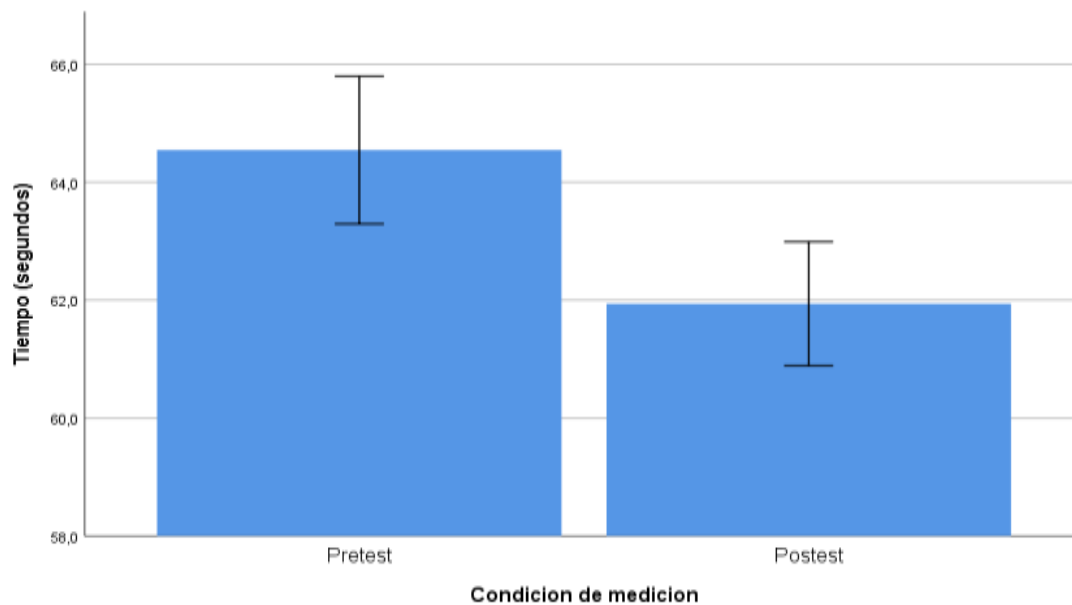
**Tabla 1.** Comparación de tiempos en 100 metros estilo crol en condición pretest y posttest

Variable	Pretest M (DE)	Posttest M (DE)	Diferencia Media	IC 95 %	t	p
Tiempo 100m (segundos)	64,82 (3,91)	62,11 (3,54)	-2,71	$[-3,46; -1,96]$	7,38	$< .001$

**Nota.** IC = intervalo de confianza; t = prueba t para muestras relacionadas.

Como se presenta en la Figura 1, la comparación gráfica de medias mostró una reducción consistente del tiempo en la mayoría de los participantes.

**Figura 1.** Comparación de medias del tiempo en 100 metros estilo crol en pretest y postest



**Nota.** Las barras representaron medias y los errores estándar correspondieron a intervalos de confianza al 95 %.

El análisis de frecuencias indicó que 16 deportistas (94,1 %) redujeron su tiempo final respecto al registro inicial, mientras que 1 deportista (5,9 %) mantuvo un tiempo similar.

#### **Estabilidad técnico-coordinativa**

Se analizó la variabilidad temporal intra-serie mediante el coeficiente de variación (CV %) de los parciales de 25 metros. Los resultados presentados

en la Tabla 2 mostraron que el coeficiente de variación disminuyó de 4,82 % (DE = 1,11) en el pretest a 2,96 % (DE = 0,84) en el postest.

La diferencia media fue de -1,86 puntos porcentuales (IC 95 % [-2,49; -1,23]). La prueba t para muestras relacionadas indicó diferencias significativas,  $t(16) = 6,02$ ,  $p < .001$ . El tamaño del efecto fue  $d = 1,46$ .

**Tabla 2.** Coeficiente de variación de tiempos parciales en 100 metros

Variable	Pretest (DE)	M Postest (DE)	M Diferencia Media	IC 95 %	t	p
Coeficiente de variación (%)	4,82 (1,11)	2,96 (0,84)	-1,86	[-2,49; -1,23]	6,02	< .001

**Nota.** El coeficiente de variación representó la variabilidad relativa entre parciales

El 88,2 % ( $n = 15$ ) presentó valores inferiores al 3 % en la medición final, mientras que el 11,8 % ( $n = 2$ ) mantuvo valores superiores a dicho umbral.

#### **Cumplimiento del ritmo programado**

Se analizó el error absoluto promedio respecto al ritmo programado por el Tempo Trainer en series realizadas al 85-90 % de intensidad. Como se observa en la Tabla 3, el error promedio

disminuyó de 0,84 segundos (DE = 0,29) en el pretest a 0,39 segundos (DE = 0,21) en el postest.

La diferencia media fue de -0,45 segundos (IC 95 % [-0,62; -0,28]). La prueba t para muestras relacionadas mostró diferencias estadísticamente significativas,  $t(16) = 5,89$ ,  $p < .001$ . El tamaño del efecto fue  $d = 1,43$ .

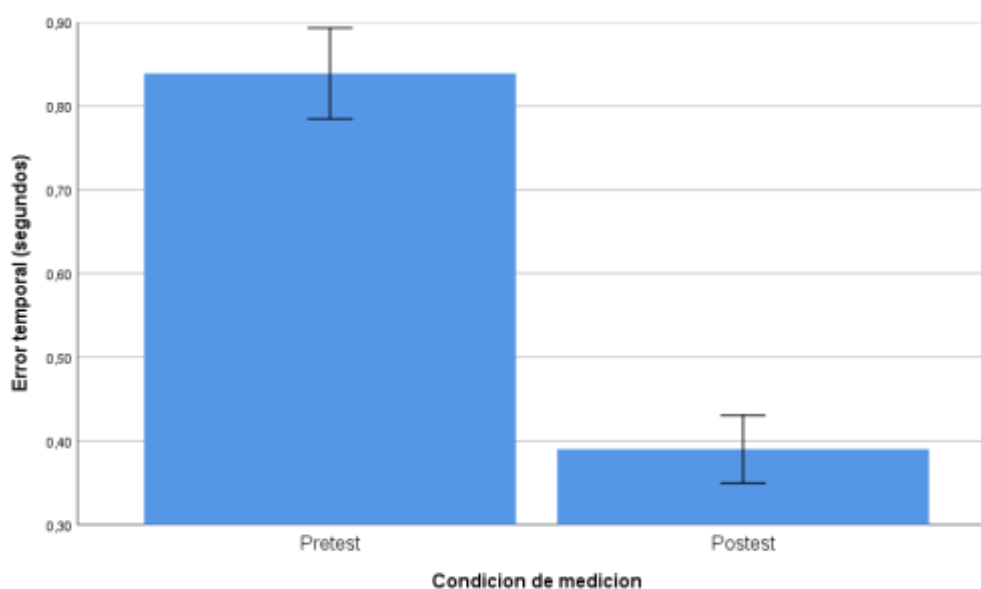
**Tabla 3.** Error absoluto promedio respecto al ritmo programado

Variable		Pretest M (DE)	Postest M (DE)	Diferencia Media	IC 95 %	t	p
Error (segundos)	temporal	0,84 (0,29)	0,39 (0,21)	-0,45	[-0,62; -0,28]	5,89	< .001

**Nota.** El error temporal correspondió a la diferencia absoluta entre tiempo ejecutado y tiempo objetivo.

Como se muestra en la Figura 2, la reducción del error temporal fue consistente en la mayoría de los participantes.

**Figura 2.** Comparación del error temporal promedio respecto al ritmo programado en pretest y postest



**Nota.** La figura representó medias con intervalos de confianza al 95 %.

El análisis de frecuencias indicó que 14 deportistas (82,4 %) registraron errores inferiores a 0,50 segundos en la evaluación final, mientras que 3 deportistas (17,6 %) presentaron errores entre 0,50 y 0,70 segundos.

Los análisis estadísticos realizados evidenciaron reducciones significativas en el tiempo total de 100 metros, en la variabilidad intra-serie y en el error temporal respecto al ritmo programado. En todos los casos se registraron valores p inferiores a .001 e intervalos de confianza que no incluyen el cero.

### DISCUSIÓN

La presente investigación analizó el efecto de la regulación rítmica mediante Tempo Trainer sobre la

adaptación al ritmo de competencia, la estabilidad técnico-coordinativa y el cumplimiento del ritmo programado en nadadores juveniles en etapa de especialización deportiva. Los resultados mostraron reducciones significativas en el tiempo total de 100 metros, en la variabilidad intra-serie y en el error temporal respecto al ritmo objetivo. Estos resultados permiten discutir implicaciones conceptuales y prácticas en el marco del aprendizaje motor, el control temporal y la planificación del entrenamiento deportivo juvenil.

La reducción significativa del tiempo en 100 metros observada en este estudio indicó que la regulación auditiva externa facilitó una optimización del rendimiento en condiciones

controladas de competencia simulada. Desde una perspectiva teórica, este resultado se alineó con los planteamientos del aprendizaje motor que sostienen que los estímulos temporales externos favorecen la sincronización motora y la estabilización del patrón técnico (Schmidt & Lee, 2019). Asimismo, investigaciones recientes han señalado que la utilización sistemática de metrónomos o dispositivos análogos mejora la adaptación a ritmos específicos y reduce el error temporal global en tareas cíclicas (Fassone et al., 2025).

Los resultados obtenidos coincidieron con dichos antecedentes, dado que la reducción promedio de  $-2,71$  segundos representó una mejora cuantificable en el desempeño competitivo juvenil. En términos comparativos, mientras Fassone et al. (2025) reportaron mejoras en la precisión rítmica con mantenimiento hasta diez días posteriores a la intervención, el presente estudio amplió esa evidencia al mostrar impacto directo sobre el tiempo final de competencia en población adolescente federada.

Conceptualmente, este resultado refuerza la hipótesis de que el control externo del ritmo actúa como un andamiaje cognitivo-motor que reduce la variabilidad inter-ciclo y optimiza la economía del movimiento. Desde la teoría de la información motora, el estímulo auditivo actúa como referencia temporal constante que disminuye la carga atencional asociada a la autorregulación del ritmo (Wulf, 2013). Por tanto, el resultado no solo representa una mejora cuantitativa, sino que sugiere un proceso de reorganización funcional del patrón motor.

En términos prácticos, la mejora del tiempo competitivo en etapa de especialización tiene implicaciones directas para la planificación microcíclica, dado que permite integrar estímulos rítmicos en zonas de 80–90 % sin alterar la coherencia bioenergética del entrenamiento. Esto resulta relevante para entrenadores que buscan optimizar rendimiento sin incrementar excesivamente la carga fisiológica.

La disminución significativa del coeficiente de variación indicó una mayor estabilidad en los parciales de 25 metros. Desde la perspectiva del control motor, la reducción de variabilidad

funcional sugiere consolidación del patrón coordinativo (Davids et al., 2008). Sin embargo, es necesario matizar que la variabilidad no siempre es negativa; en modelos dinámicos, cierta variabilidad adaptativa favorece la flexibilidad del sistema motor (Newell, 1986).

En este estudio, la reducción del CV hasta valores inferiores al 3 % se interpretó como estabilización eficiente, no como rigidez motora, dado que el rendimiento total también mejoró. Este resultado se alineó con investigaciones que demostraron que la sincronización auditivo-motora incrementa la consistencia temporal en tareas repetitivas (Goetschalckx et al., 2024).

A diferencia de estudios que analizaron exclusivamente variables neurofisiológicas (Akalu et al., 2025), la presente investigación aportó evidencia aplicada en contexto competitivo juvenil, lo cual amplía el campo hacia escenarios ecológicos reales. Teóricamente, la disminución de variabilidad sugiere que el sistema motor integró la señal externa como referencia estable, reduciendo oscilaciones innecesarias entre ciclos.

En términos prácticos, la estabilidad intra-serie posee implicaciones estratégicas en pruebas de medio fondo, donde la distribución homogénea del esfuerzo determina el resultado final. La capacidad de mantener parciales consistentes contribuye a evitar desaceleraciones abruptas en los últimos tramos.

El descenso significativo del error temporal absoluto confirmó que los deportistas ajustaron progresivamente su ejecución al ritmo objetivo programado. Este resultado se vinculó con la teoría de la retroalimentación externa, que plantea que la información auditiva inmediata mejora la calibración sensoriomotora (Magill & Anderson, 2017).

La reducción del error de 0,84 s a 0,39 s indicó un ajuste fino en la correspondencia entre intención motora y resultado temporal. Este fenómeno coincide con investigaciones que señalaron que la retroalimentación auditiva modifica procesos de integración cortical asociados al control del ritmo (Frankford et al., 2022).

El presente estudio superó investigaciones previas centradas en contextos experimentales de laboratorio al demostrar transferencia práctica en entrenamiento federado juvenil. Desde una perspectiva aplicada, la precisión temporal adquiere relevancia en competiciones donde diferencias de décimas determinan posiciones finales.

Este trabajo contribuye al debate contemporáneo sobre regulación externa versus autorregulación en aprendizaje motor. Mientras algunos autores han advertido que la dependencia excesiva de señales externas puede limitar la autonomía (Hayashi & Takiyama, 2025), los resultados obtenidos mostraron que, en etapa de especialización, la regulación rítmica estructurada fortaleció la precisión sin evidenciar deterioro en el rendimiento global.

Teóricamente, la investigación respalda modelos híbridos en los que la regulación externa se utiliza como herramienta pedagógica transitoria para consolidar patrones motores eficientes antes de favorecer progresivamente la autorregulación interna.

Entre las fortalezas se destaca el uso de una muestra federada en contexto ecológico real, la aplicación de un diseño pretest–postest con mediciones objetivas, la utilización de zonas porcentuales estandarizadas y el cálculo de tamaños de efecto elevados. Asimismo, la integración de métricas de rendimiento, variabilidad y error temporal permitió una evaluación multidimensional del fenómeno.

La intervención se implementó durante ocho semanas en fase de preparación específica, lo que otorga coherencia metodológica con principios del entrenamiento deportivo juvenil (Bompa & Buzzichelli, 2019).

El tamaño muestral fue reducido ( $N = 17$ ), lo que restringe la generalización a otras poblaciones. El diseño sin grupo control impidió aislar completamente efectos de maduración o adaptación natural al entrenamiento. La duración de ocho semanas no permitió evaluar la retención a largo plazo. Además, no se incorporaron mediciones neurofisiológicas que pudieran explicar los mecanismos subyacentes observados

conductualmente, estas limitaciones enmarcan los resultados dentro de un alcance contextual específico, aunque no invalidan la consistencia interna evidenciada por tamaños de efecto elevados y niveles de significancia.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron concluir que la aplicación estructurada del Tempo Trainer como recurso de regulación rítmica en nadadores juveniles en etapa de especialización deportiva se asoció con una mejora en la adaptación al ritmo de competencia, evidenciada por la optimización del desempeño en la prueba de 100 metros estilo crol, en coherencia con el objetivo orientado a evaluar su impacto sobre el rendimiento temporal; asimismo, se concluyó que la intervención contribuyó a una mayor estabilidad técnico-coordinativa, manifestada en la reducción de la variabilidad intra-serie de los parciales, lo que respondió al objetivo específico de analizar la consistencia del patrón de ejecución; se determinó que el uso sistemático del dispositivo favoreció un mayor cumplimiento del ritmo programado durante las tareas en zonas de intensidad media-alta y alta, cumpliendo con el objetivo de valorar la precisión temporal en la ejecución motora, todo ello dentro del marco contextual de una muestra censal de deportistas federados y bajo las condiciones metodológicas propias de un diseño pretest–postest sin grupo control, por lo que las conclusiones se circunscriben estrictamente al alcance y características del estudio realizado.

## REFERENCIAS

- Abdullah, H. J. (2024). The effect of water exercises on learning to swim breaststroke and acquiring some sensory-motor abilities for disabled youth of the S10-S9 category. *International Journal of Yogic, Human Movement and Sports Sciences*. <https://doi.org/10.22271/yogic.2024.v9.i1b.1524>
- Akalu, Y., Tallent, J., Frazer, A., Siddique, U., Rostami, M., Howatson, G., Walker, S., & Kidgell, D. (2025). Determining the cortical, corticospinal, and reticulospinal responses to metronome-paced and self-paced strength training. *European Journal of Applied*

- Physiology. <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05939-3>
- Al-Habashneh, O. A. G., Al-Tarawneh, M., & Al-Jafreh, O. J. (2024). The impact of using the trainings of mental visualization on learning crawl swimming. *Dirasat: Educational Sciences*.  
<https://doi.org/10.35516/edu.v51i2.4183>
- Bălan, V., Braneț, C., Popescu, L., & Mujea, A. (2022). Recreational swimming – a way to improve motor skills. *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*.  
<https://doi.org/10.18662/rrem/14.4/652>
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. A. (2019). *Periodization: Theory and Methodology of training*. Human Kinetics.
- Carrillo Puga, S. E., León-Reyes, B. B., Ulloa Hernández, T. S., & Villacres Arias, G. E. (2024). El rol de las revistas científicas en la promoción de prácticas pedagógicas innovadoras. *Acción*, 20(Especial), 100-112.  
<https://accion.uccfd.cu/index.php/accion/article/view/351>
- Castillo Carbonell, E., Sánchez Ramirez, L., León-Reyes, B., & Rey Rivas, P. (2022). Modelo teórico-metodológico de cultura organizacional para la escuela de iniciación deportiva en Santiago de Cuba. *PODIUM - Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 17(3), 1194-1207.  
<https://podium.upr.edu.cu/index.php/podium/article/view/1390>
- Deng, H., Li, D., Nitroy, C., Wertz, A., Priya, S., & Cheng, B. (2023). Robot motor learning shows emergence of frequency-modulated, robust swimming with an invariant Strouhal number. *Journal of the Royal Society Interface*.  
<https://doi.org/10.1098/rsif.2024.0036>
- Fassone, M., Bisio, A., Puce, L., Biggio, M., Tassara, F., Faelli, E., Ruggeri, P., & Bove, M. (2023). The metronome-based methodology to monitor the stroke length changes in trained swimmers. *Frontiers in Sports and Active Living*.  
<https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1268146>
- Fassone, M., Puce, L., Biggio, M., Avanzino, L., Bove, M., & Bisio, A. (2025). Metronome-guided training accelerates the adaptation to an aerobic training pace in swimming. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7.  
<https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1588758>
- Frankford, S. A., Cai, S., Nieto-Castanon, A., & Guenther, F. (2022). Auditory feedback control in adults who stutter during metronome-paced speech II: Formant perturbation. *Journal of Fluency Disorders*, 74, 105928.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfludis.2022.105928>
- Galeano-Rojas, D.; Cuadros-Juárez, M.; León Reyes, B.B.; Castelo Reyna, M.A.; Farías-Valenzuela, C.; Valdivia-Moral, P. Association between Academic Performance, Physical Activity, and Academic Stress in Compulsory Secondary Education: An Analysis by Sex. *Children* 2024, 11, 1161.  
<https://doi.org/10.3390/children11101161>
- Galeano-Rojas, D., León-Reyes, B. B., Ortiz-Franco, M., Farías-Valenzuela, C., Ferrari, G., & Valdivia-Moral, P. (2023a). UTILIZACIÓN DEL TEACHING GAMES FOR UNDERSTANDING EN DEPORTES DE EQUIPO EN EL CONTEXTO DE LA EDUCACIÓN FÍSICA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA. *Journal of Sport and Health Research*, 15(Supl. 1).  
<https://doi.org/10.58727/jshr.102695>
- Galeano-Rojas, D., Montero-Ordóñez, L. F., León-Reyes, C. F., León-Reyes, B. L., Ribeiro-Almeida, N., & Farias-Valenzuela, C. (2023b). Frequency of Physical Activity in Primary Education. Influence of the family and type of activity. *ESHPA - education, sport, health and physical activity*, 7(2), 217-226.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8189239>
- Galeano-Rojas, D., Romero-Granda, M. J., León-Reyes, C. F., León-Reyes, B. L., Ribeiro-Almeida, N., & Farias-Valenzuela, C. (2023c). Cooperativity as a Means of Social Interaction for the Development of Social Skills in Physical Education. *ESHPA - education, sport, health and physical activity*, 7(2), 208-216.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8189214>
- Goetschalckx, M., Moumdjian, L., Rameckers, E., & Feys, P. (2024). Interlimb coordination and auditory-motor synchronization in children with developmental coordination disorder. *Children*, 11.  
<https://doi.org/10.3390/children11101195>

- Gussakov, I. (2021). Review of literature studies in the field of training methods in swimming. *Journal of Educational Sciences*. <https://doi.org/10.26577/jes.2021.v68.i3.05>
- Hayashi, T., & Takiyama, K. (2025). Distinct optimization of motor control and learning: Motor learning achieves different motor patterns from overtrained self-paced movements. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2024.10.23.619779>
- Hernández Simón, L., Frómeta Moreira, N., Caballero Riera, L. O., & León Reyes, B. B. (2020). El desempeño profesional pedagógico de los entrenadores de levantamiento de pesas con adolescentes limitados físicos motores. *Sociedad & Tecnología*, 3(1), 10–18. <https://doi.org/10.51247/st.v3i1.53>
- Hou, J.-J., Tian, H.-L., & Lu, B. (2022). A deep neural network-based model for quantitative evaluation of the effects of swimming training. *Computational Intelligence and Neuroscience*. <https://doi.org/10.1155/2022/5508365>
- Jiang, W. (2023). Effects of physical conditioning on teaching swimming skills to university students. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. [https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022\\_0690](https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0690)
- León-Reyes, B., Arguello Nuñez, L., Roque Herrera, Y., Cresp-Barria, M., Souza-Lima, J., & Galeano Rojas, D. A. (2025a). Motivos para practicar actividad física en estudiantes universitarios ecuatorianos (Reasons to practice physical activity in ecuadorian university students). *Retos*, 62, 1-9. <https://doi.org/10.47197/retos.v62.107708>
- León Reyes, B. B., Galeano-Rojas, D., Agulló-Hernández, A., Farias-Valenzuela, C., del Val Martín, P., & Valdivia-Moral, P. (2024). Perception of equality and discrimination in Physical Education in Secondary School students. *SPORT TK-EuroAmerican Journal of Sport Sciences*, 13, 39. <https://doi.org/10.6018/sportk.593161>
- Leon Reyes, C. F., León, M. C., Manzo Véliz, D. H., & Leon-Reyes, B. B. (2026). Análisis biomecánico como herramienta pedagógica para mejorar la técnica del Bandal Chagui en Taekwondoines universitarios. *REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA - Para El*
- Desarrollo - UJCM, 12(23), 19–33. <https://doi.org/10.37260/rctd.v12i23.71>
- León-Reyes, B. B., Kakiyama, T., & Piz-Herrero, Y. (2023). El papel de la virtualización de los procesos educativos en la Educación Física. *Portal De La Ciencia*, 4(3), 270–285. <https://doi.org/10.51247/pdlc.v4i3.391>
- León-Reyes, B y León Reyes, C. (2022a). Estudio de nivel y percepción de actividad física en estudiantes universitarios de Ecuador. *inBlue Editorial*. DOI: <https://doi.org/10.56168/ibl.ed.167872>
- León-Reyes, B. B., Macias Alvarado, J. M., & Reyes Espinoza, M. G. (2022b). Guía pedagógica de atención a la psicomotricidad en preescolares con necesidades educativas especiales. *Un Espacio Para La Ciencia*, 5(1), 91–104. <https://revistas-manglareditores.com/index.php/espacio-para-la-ciencia/article/view/67>
- León-Reyes, B. B., Tenorio Sánchez, R. A., Aguinda Cajape, V. A., Montes Reyna, W. E., & Olivo Solis, J. E. (2025b). Comparación de la actividad y el autoconcepto físicos en estudiantes universitarios ecuatorianos. *Arrancada*, 25(50), 152–159. <https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/736>
- Tenorio Sánchez, R. A., Olivo Solis, J. E., Tamayo Cueva, L. R., & César León, M., León Reyes, B. B. (2025). Percepción de éxito y su influencia en la motivación deportiva: estudio en estudiantes universitarios de Ecuador. *Arrancada*, 25(50), 141–151. <https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/735>
- Kasich, N., Redkina, M., & Kruvobok, T. (2023). Peculiarities of physical training of students when learning swimming. *Scientific Journal of National Pedagogical Dragomanov University*. [https://doi.org/10.31392/npuc.series15.2023.3k\(162\).33](https://doi.org/10.31392/npuc.series15.2023.3k(162).33)
- Křehký, A., Schlegel, P., & Agricola, A. (2021). Effect of attentional focus in swimming. *Studia Kinanthropologica*. <https://doi.org/10.32725/sk.2021.003>
- Namlı, S., Özdemir, K., Sen, I., & Bedir, D. (2025). Virtual reality-supported video modeling for enhancing motor skill acquisition in swimming. *BMC Sports Science, Medicine*

- and Rehabilitation.  
<https://doi.org/10.1186/s13102-025-01241-z>
- Nikravesh, R., Mousavi Sadati, S. K., Bagherli, J., & Aslankhani, M. (2022). The effect of differential and traditional training methods on electromyographic changes of lower body muscles in learning crawl swimming. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. <https://doi.org/10.52547/joeppa.15.2.76>
- Olivo Solis, J. E., León Reyes, B. B., Serrano Aguilar, J. L., & César León, M. (2024). Relación entre el Metabolismo Basal y la Actividad Física en Estudiantes Universitarios Ecuatorianos. *Arrancada*, 24(49), 302–312. <https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/703>
- Rastovski, D., Zoretic, D., Šiljeg, K., & Jorgić, B. (2023). Correlation between anxiety and success in swimming training program for non-swimmers. *Sport Mont*. <https://doi.org/10.26773/smj.230709>
- Rubio Rodríguez, A. D., & Leon-Reyes, B. B. (2024). Actividades Deportivas para Mejorar el Aprendizaje en la Materia de Física. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 5(2), 398–409. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i2.139>
- Solana-Tramunt, M., & Bofill-Ródenas, A. (2025). Motor imagery enhances core training effects on lumbar proprioception in elite swimmers. *Frontiers in Physiology*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1667536>
- Taco Taco, M. N., Torres Peña, C. M., Uzho Pacheco, A. A., Granda Granda, A. V., & Leon Reyes, B. B. (2024). O papel do brincar psicomotor no desenvolvimento de competências socioemocionais e acadêmicas em pré-escolares. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 5(3), 922–934. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i3.246>
- Uslu, S., & Vögele, C. (2023). The more, the better? Learning rate and self-pacing in neurofeedback enhance cognitive performance in healthy adults. *Frontiers in Human Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1077039>