

## ***Frecuencia cardíaca con tecnología wearable antes, durante y después del salto estático en escolares***

### ***Heart rate using wearable technology before, during and after static jumping in schoolchildren***

**Mauricio Gustavo Lema Nazate**  
mleman@unemi.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0000-0339-5579>  
**Universidad Estatal de Milagro, Guayas,  
Ecuador**

**Carlos Eduardo Albarracín Gavilanez**  
calbarracing@unemi.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0007-2157-4213>  
**Universidad Estatal de Milagro, Guayas,  
Ecuador**

**Miguel Angel Jacho Viracocha**  
mjachov2@unemi.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0000-0941-9439>  
**Universidad Estatal de Milagro, Guayas,  
Ecuador**

**Borys Bismark Leon-Reyes**  
borysleonreyes@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-6936-9947>  
**Universidad Estatal de Milagro, Guayas,  
Ecuador**

Recibido: 23 de febrero 2026 | Arbitrado: 19 de marzo 2026 | Aceptado: 14 de abril | Publicado: 06 de mayo 2026

#### **Palabras claves:**

Frecuencia cardíaca;  
Actividad física;  
Estudiantes; Medición;  
Tecnología educativa.

#### **Resumen**

El objetivo del estudio fue analizar la variación de la frecuencia cardíaca en escolares antes, después y durante la recuperación tras la ejecución de un salto estático en un contexto de Educación Física. La metodología se enmarcó en un enfoque cuantitativo, con diseño observacional, no experimental y de corte transversal, empleando un esquema de medidas repetidas intra-sujeto en una muestra de escolares, mediante el uso de dispositivos tecnológicos para el registro de la frecuencia cardíaca en tres momentos diferenciados. Los resultados mostraron diferencias claras en el comportamiento de la frecuencia cardíaca entre los momentos evaluados, evidenciando un incremento tras el esfuerzo y una posterior disminución durante la recuperación, así como una distribución diferenciada de los valores en cada fase analizada. Las conclusiones indicaron que la frecuencia cardíaca presentó variaciones sistemáticas y consistentes en función del momento de medición, lo que permitió identificar patrones diferenciados de respuesta fisiológica asociados a una tarea motriz breve en el contexto escolar, en coherencia con el objetivo planteado.

#### **Keywords:**

Heart rate; Physical activity; Students; Measurement; Educational technology.

#### **Abstract**

The aim of the study was to analyze heart rate variation in schoolchildren before, after, and during recovery following the execution of a static jump in a physical education context. The methodology followed a quantitative approach with an observational, non-experimental, cross-sectional design, using a repeated measures intra-subject scheme in a sample of schoolchildren, through technological devices to record heart rate at three different moments. The results showed clear differences in heart rate behavior across the evaluated moments, evidencing an increase after effort and a subsequent decrease during recovery, as well as a differentiated distribution of values in each analyzed phase. The conclusions indicated that heart rate exhibited systematic and consistent variations depending on the measurement moment, allowing the identification of differentiated patterns of physiological response associated with a brief motor task in a school context, in line with the study objective.

## INTRODUCCIÓN

La integración de tecnologías wearables en el ámbito escolar ha ampliado las posibilidades de observación pedagógica del movimiento, el esfuerzo y la respuesta fisiológica del estudiantado en Educación Física (León-Reyes et al., 2021), estos dispositivos permiten registrar frecuencia cardíaca, pasos, gasto calórico, tiempo activo y recuperación, lo que permite una evaluación formativa objetiva, la personalización de tareas motrices y la autorregulación del aprendizaje corporal (Bofill et al., 2025; Chica et al., 2025; Dávila et al., 2025).

El análisis de la frecuencia cardíaca en escolares resulta pertinente porque permite estimar la intensidad del esfuerzo y la recuperación ante tareas explosivas, intermitentes y breves, como el salto estático. La Educación Física escolar constituye un contexto privilegiado para promover actividad física y monitorear respuestas fisiológicas, siempre que exista una intervención pedagógica contextualizada y un uso riguroso de instrumentos de seguimiento (Espinoza et al., 2020; González Sánchez et al., 2025; Hernaiz-Sánchez y Bäder-Gilabert, 2023; León-Reyes, et al., 2025; Royo Ortín et al., 2025).

Pese a estos avances, el comportamiento temporal de la frecuencia cardíaca en acciones motrices breves y explosivas realizadas en contextos escolares reales, la mayoría de estudios se ha centrado en actividad física global, recreos o motivación hacia el ejercicio, mientras que aún es limitada la evidencia sobre tareas específicas de potencia de miembros inferiores, como el salto estático (Galeano-Rojas et al., 2023; León-Reyes et al., 2024).

En este marco, el problema científico se centró en la insuficiente evidencia educativa y fisiológica sobre cómo varía la frecuencia cardíaca registrada con tecnología wearable en escolares durante las fases previa, de ejecución y de recuperación del salto estático, esta limitación también afectó la traducción de los datos fisiológicos a criterios pedagógicos para planificar, dosificar el esfuerzo y evaluar el desempeño en Educación Física (Fuentes-Barria et al., 2024; Galeano-Rojas et al., 2024; Galeano-Rojas et al., 2023; León-Reyes et al., 2024;

León-Reyes y Montero, 2018; Olivo et al., 2024; Rubio y Leon-Reyes, 2024).

Los antecedentes recientes muestran que la tecnología portátil se ha consolidado como soporte metodológico en investigaciones sobre actividad física escolar. Dávila et al. (2025) reportaron mejoras en actividad física, salud, sueño y motivación con el uso planificado de wearables; Chica et al. (2025) identificaron mayor autonomía, participación y disfrute; y Molina Heredia et al. (2025) evidenciaron incrementos en actividad física y cohesión social mediante gamificación y pulseras digitales.

De forma complementaria, Royo et al. (2025) evidenciaron mayor actividad física en días con Educación Física, mientras que Hernaiz-Sánchez y Bäder-Gilabert (2023) señalaron que esta asignatura constituye un espacio estratégico, aunque no suficiente por sí solo, para alcanzar niveles óptimos de actividad. En indicadores fisiológicos, Hellín-Martínez et al. (2022), León-Reyes et al. (2024), León-Reyes, et al. (2025), León-Reyes y Leon (2022) y Pinza-Sanmartin et al. (2021) mostraron que la frecuencia cardíaca infantil puede objetivarse mediante procedimientos de campo.

Asimismo, Hellín-Martínez et al. (2024) comprobaron que la organización del recreo modificó los niveles de actividad física en niñas, y Muñoz et al. (2024) identificaron asociaciones entre condición física, actividad física y calidad de vida, estos resultados respaldan la necesidad de analizar tareas motrices concretas, de corta duración y elevada exigencia neuromuscular, en las que la frecuencia cardíaca puede comportarse de forma distinta a la observada en actividades prolongadas o recreativas.

En un plano más amplio, la incorporación de inteligencia artificial y tecnologías emergentes en Educación Física puede aportar a la personalización de la enseñanza, aunque exige alfabetización digital docente, resguardo ético de datos y claridad pedagógica sobre el sentido de la medición (Bofill et al., 2025). Esta perspectiva también se vincula con estudios sobre innovación educativa, bienestar escolar y uso responsable de tecnologías en contextos formativos (Escobar et al., 2025; Leon-Reyes et al., 2025; Zamora et al., 2025).

Desde el punto de vista social y educativo, analizar la frecuencia cardíaca mediante wearables puede mejorar la evaluación del esfuerzo, orientar decisiones docentes, detectar respuestas atípicas y aporta a una cultura de autocuidado basada en evidencia. Además, puede ofrecer retroalimentación comprensible al estudiantado y fortalecer la autorregulación, la motivación y la conciencia corporal (Altamirano et al., 2025; Chica et al., 2025; Dávila et al., 2025; Leon-Reyes et al., 2024; Molina Heredia et al., 2025; Quispilema et al., 2025; Sanchez et al., 2025).

No obstante, el uso de wearables también presenta limitaciones vinculadas con el costo, la desigualdad de acceso, la dependencia tecnológica, la precisión en movimientos breves y la necesidad de formación docente para interpretar registros fisiológicos. Además, el manejo de datos biométricos de menores exige privacidad, consentimiento informado y uso responsable de la información (Bofill et al., 2025; Galeano-Rojas et al., 2023; Hernaiz-Sánchez y Bäder-Gilabert, 2023; León-Reyes et al., 2022, 2023; Taco et al., 2024).

El análisis secuencial de la frecuencia cardíaca alrededor de una acción explosiva permite pasar de mediciones agregadas a lecturas situadas del esfuerzo. Sin embargo, la lectura durante esfuerzos muy breves puede verse afectada por el retardo del sensor óptico, el ajuste del dispositivo y los artefactos de movimiento, por lo que la interpretación debe mantenerse prudente, aplicada y coherente con el contexto escolar.

En correspondencia con lo expuesto, el objetivo fue analizar la frecuencia cardíaca registrada con tecnología wearable antes, durante y después del salto estático en escolares, con el fin de generar evidencia educativa y fisiológica que contribuyera a la evaluación del esfuerzo, la personalización de la enseñanza y la toma de decisiones pedagógicas en Educación Física.

## **MÉTODO**

El diseño de la investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo debido a que se orientó a la medición objetiva y análisis estadístico de la frecuencia cardíaca registrada en escolares durante una tarea motriz específica. El estudio presentó un alcance descriptivo-correlacional y un corte

transversal, ya que analizó las variaciones fisiológicas observadas en un único momento temporal. Asimismo, adoptó un carácter observacional y no experimental porque no existió manipulación deliberada de variables independientes. En este sentido, se registró la respuesta cardiovascular antes, durante y después de la ejecución del salto estático en condiciones habituales de clase de Educación Física. Este diseño permitió interpretar el comportamiento fisiológico asociado a una actividad explosiva breve dentro del contexto escolar.

La población estuvo conformada por escolares pertenecientes a una institución educativa del Ecuador, seleccionándose una muestra de 90 participantes con edades aproximadas entre 9 y 11 años y representación de ambos sexos. La selección se realizó mediante un muestreo no probabilístico intencional, considerando accesibilidad y cumplimiento de criterios establecidos. Entre los criterios de inclusión se contemplaron la asistencia regular, aptitud física certificada y participación activa en las clases de Educación Física. Por otra parte, se excluyeron estudiantes con patologías cardiovasculares, limitaciones físicas diagnosticadas o inasistencias frecuentes. La aplicación de estos criterios permitió mantener condiciones relativamente homogéneas dentro del grupo de estudio y reducir posibles factores de confusión asociados al estado de salud o participación motriz.

El contexto y escenario de la investigación correspondieron a una institución educativa ecuatoriana, desarrollándose el estudio durante el periodo lectivo regular en sesiones habituales de Educación Física. La realización de las mediciones en condiciones reales de práctica escolar permitió preservar la validez ecológica del estudio y evitar modificaciones artificiales del entorno educativo. Asimismo, se controlaron aspectos relacionados con horario de aplicación, organización de la actividad y condiciones ambientales básicas para reducir variaciones externas en la respuesta cardiovascular. El salto estático fue seleccionado como tarea motriz debido a su uso frecuente en la valoración de fuerza explosiva, coordinación y control postural en población escolar. Esta actividad

permitió analizar respuestas fisiológicas asociadas a esfuerzos breves y de elevada intensidad.

En relación con los instrumentos y materiales, se utilizaron dispositivos tecnológicos wearable de monitoreo cardíaco validados para población infantil y adolescente, equipados con sensores ópticos basados en tecnología de fotopletimografía (PPG) para el registro continuo de la frecuencia cardíaca. Los dispositivos fueron colocados en la muñeca no dominante de cada participante y permitieron obtener mediciones durante las fases de reposo, post-esfuerzo inmediato y recuperación. Asimismo, se verificó previamente el correcto funcionamiento, calibración y ajuste de los dispositivos para garantizar estabilidad en las mediciones y reducir posibles errores derivados del movimiento durante la ejecución de la tarea motriz. También se emplearon hojas de registro estructuradas para organizar información correspondiente a identificación de participantes, momentos de medición y control de incidencias. Para el procesamiento estadístico se utilizaron Microsoft Excel en la fase inicial de organización de datos e IBM SPSS Statistics para el análisis inferencial. La confiabilidad de los instrumentos se fortaleció mediante calibración previa y aplicación uniforme del protocolo en todos los participantes.

El procedimiento investigativo se desarrolló de manera secuencial y organizada. Inicialmente se gestionó la autorización institucional y posteriormente se obtuvo el consentimiento informado de padres o representantes legales, así como el asentimiento de los escolares participantes. Luego se realizó una fase de familiarización con los dispositivos wearable para reducir posibles alteraciones conductuales durante la medición. Posteriormente, se registró la frecuencia cardíaca en estado de reposo y los participantes ejecutaron el salto estático siguiendo instrucciones estandarizadas relacionadas con postura inicial y seguridad motriz. Finalmente, se registró la frecuencia cardíaca inmediatamente después del esfuerzo y durante la fase de recuperación inmediata, organizándose todos los datos para el análisis posterior.

Respecto al análisis de datos, se aplicaron procedimientos de estadística descriptiva e

inferencial con el propósito de caracterizar y comparar la frecuencia cardíaca en los distintos momentos evaluados. Inicialmente se calcularon medias, desviaciones estándar, frecuencias e intervalos de confianza para describir el comportamiento de las variables registradas. Posteriormente, se verificó el cumplimiento del supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para contrastar diferencias entre los momentos de medición se utilizó el análisis de varianza de medidas repetidas y la prueba t de Student para muestras relacionadas cuando correspondió. Finalmente, se estableció un nivel de significancia estadística de  $\alpha = 0,05$ , garantizando rigor metodológico, transparencia analítica y replicabilidad científica conforme a estándares académicos internacionales.

## RESULTADOS

Se analizaron los datos correspondientes a un total de 90 escolares ( $N = 90$ ), considerando tres momentos de medición de la frecuencia cardíaca: reposo, post-esfuerzo inmediato y fase de recuperación. Los resultados se organizaron de acuerdo con la secuencia analítica establecida, iniciando con la descripción de los estadísticos descriptivos, seguido del análisis inferencial de comparación entre momentos y, la distribución categórica de los valores registrados.

Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión para la frecuencia cardíaca en cada uno de los momentos evaluados. Como se presenta en la Tabla 1, la frecuencia cardíaca en reposo registró una media de 82,47 latidos por minuto (lpm) con una desviación estándar de 8,35, evidenciando una dispersión moderada en los valores observados. El intervalo de confianza al 95 % se ubicó entre 80,62 y 84,32 lpm.

En el momento post-esfuerzo inmediato, la frecuencia cardíaca alcanzó una media de 128,62 lpm, con una desviación estándar de 12,14, lo que reflejó una mayor variabilidad en comparación con el estado de reposo. El intervalo de confianza al 95 % para este momento se situó entre 125,98 y 131,26 lpm.

Por su parte, la frecuencia cardíaca durante la fase de recuperación presentó una media de 96,18 lpm, con una desviación estándar de 10,27. El

intervalo de confianza al 95 % se estimó entre 93,94 y 98,42 lpm, posicionándose este valor entre los registros de reposo y post-esfuerzo.

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos de la frecuencia cardíaca según momento de medición

Momento de medición	Media (lpm)	DE	IC 95% inferior	IC 95% superior
Reposo	82,47	8,35	80,62	84,32
Post-esfuerzo inmediato	128,62	12,14	125,98	131,26
Recuperación (1 minuto)	96,18	10,27	93,94	98,42

Nota. lpm = latidos por minuto; DE = desviación estándar; IC = intervalo de confianza.

Adicionalmente, se examinó la dispersión relativa de los datos mediante la comparación de las desviaciones estándar, observándose mayor variabilidad en el momento post-esfuerzo, seguido por la fase de recuperación y, el estado de reposo.

Previo al análisis inferencial, se evaluó el supuesto de normalidad de las distribuciones mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados indicaron que no existieron desviaciones significativas respecto a la normalidad en ninguno de los tres momentos evaluados (reposo:  $W = 0,98$ ;  $p = 0,112$ ; post-esfuerzo:  $W = 0,97$ ;  $p = 0,085$ ; recuperación:  $W = 0,98$ ;  $p = 0,134$ ).

Asimismo, se evaluó el supuesto de esfericidad mediante la prueba de Mauchly, obteniéndose un valor no significativo ( $W = 0,96$ ;  $p = 0,218$ ), lo que permitió asumir el cumplimiento de este supuesto y proceder con el análisis de varianza de medidas repetidas sin necesidad de correcciones adicionales.

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas con el objetivo de comparar los valores de frecuencia cardíaca entre los tres momentos evaluados. Los resultados indicaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones ( $F(2,178) = 156,34$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2p = 0,64$ ).

El tamaño del efecto obtenido ( $\eta^2p = 0,64$ ) indicó una proporción considerable de la varianza explicada por el factor temporal de medición.

Posteriormente, se realizaron comparaciones post hoc utilizando la corrección de Bonferroni para identificar diferencias específicas entre pares de momentos. Como se observa en la Tabla 2, todas las comparaciones presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 2.** Comparaciones post hoc de la frecuencia cardíaca entre momentos

Comparación	Diferencia media (lpm)	Error estándar	IC 95% inferior	IC 95% superior	p (Bonferroni)
Reposo vs Post-esfuerzo	-46,15	1,98	-50,06	-42,24	< 0,001
Reposo vs Recuperación	-13,71	1,54	-16,75	-10,67	< 0,001
Post-esfuerzo vs Recuperación	32,44	1,76	28,96	35,92	< 0,001

Nota. lpm = latidos por minuto.

Las diferencias medias indicaron variaciones cuantificables entre los momentos evaluados, con mayor magnitud en la comparación entre reposo y post-esfuerzo, seguida por la comparación entre post-esfuerzo y recuperación, entre reposo y recuperación.

Se calcularon los tamaños del efecto mediante el estadístico  $d$  de Cohen para las comparaciones por pares. Los resultados indicaron un tamaño del efecto alto en la comparación entre reposo y post-esfuerzo ( $d = 3,80$ ), un tamaño del efecto moderado-alto entre reposo y recuperación ( $d = 1,45$ ) y un tamaño del efecto alto entre post-esfuerzo y recuperación ( $d = 2,67$ ).

Estos valores reflejaron diferencias sustanciales en términos de magnitud entre los momentos de medición.

Se realizó un análisis de distribución categórica de la frecuencia cardíaca, agrupando los valores en rangos previamente definidos. Como se presenta en la Tabla 3, en el estado de reposo, el mayor porcentaje de escolares (68,9 %) se ubicó en el rango de 70 a 90 lpm, seguido por el rango de 91 a 110 lpm (20,0 %).

En el momento post-esfuerzo inmediato, el 48,9 % de los participantes se concentró en el rango de 111 a 130 lpm, mientras que el 33,4 % superó los 130 lpm. En contraste, solo el 4,4 % permaneció en el rango de 70 a 90 lpm.

Durante la fase de recuperación, el 62,2 % de los escolares se ubicó en el rango de 91 a 110 lpm, seguido por el 21,1 % en el rango de 70 a 90 lpm.

**Tabla 3.** Distribución porcentual de la frecuencia cardíaca por rangos según momento de medición

Rango (lpm)	Reposo (%)	Post-esfuerzo (%)	Recuperación (%)
< 70	8,9	0,0	2,2
70 – 90	68,9	4,4	21,1
91 – 110	20,0	13,3	62,2
111 – 130	2,2	48,9	14,5
> 130	0,0	33,4	0,0

Nota. lpm = latidos por minuto.

Se examinó la consistencia de los registros mediante la comparación de valores extremos y la dispersión de los datos en cada momento. No se identificaron valores atípicos extremos que comprometieran la distribución general de los datos. La variabilidad observada se mantuvo dentro de rangos esperados para población escolar en contextos de actividad física controlada.

Asimismo, se verificó la coherencia entre los valores individuales en los tres momentos de medición, observándose una secuencia consistente de incremento post-esfuerzo y posterior disminución en la fase de recuperación en la mayoría de los casos analizados.

## DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la variación de la frecuencia cardíaca en escolares antes, inmediatamente después y durante la fase de recuperación tras la ejecución de un salto estático, utilizando tecnología wearable en un contexto educativo real. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres momentos evaluados, con incrementos marcados tras el esfuerzo y una posterior disminución durante la recuperación. Estos hallazgos permiten discutir tanto la dinámica fisiológica observada como sus implicaciones en el ámbito de la Educación Física y la evaluación del esfuerzo en población escolar.

En primer lugar, los resultados mostraron que la frecuencia cardíaca en reposo se mantuvo en rangos relativamente estables, con baja dispersión, mientras que el post-esfuerzo inmediato presentó un incremento considerable tanto en la media como en la variabilidad de los datos. Este comportamiento es consistente con la respuesta cardiovascular aguda ante esfuerzos de carácter explosivo, donde se produce una activación rápida del sistema nervioso simpático y un aumento del gasto cardíaco (McArdle et al., 2015). La magnitud de la diferencia observada entre el reposo y el post-esfuerzo, junto con el tamaño del efecto elevado, sugiere que incluso una tarea breve como el salto estático genera una respuesta fisiológica claramente detectable mediante dispositivos wearable.

Asimismo, la fase de recuperación mostró valores intermedios entre el reposo y el post-esfuerzo, lo que indica una disminución progresiva de la frecuencia cardíaca tras la interrupción del estímulo físico. Este patrón coincide con la literatura que señala que la recuperación cardíaca constituye un indicador relevante de la capacidad de regulación autonómica y de la eficiencia cardiovascular (Fuentes-Barria et al., 2024). En este sentido, los datos obtenidos en el presente estudio se alinearon con investigaciones previas que destacan la importancia de analizar no solo la intensidad del esfuerzo, sino también la velocidad de recuperación como componente clave del rendimiento y la salud en población infantil.

Un aspecto relevante de los resultados fue que la frecuencia cardíaca registrada durante la fase de recuperación no retornó a los valores basales observados en reposo, evidenciando una recuperación fisiológica parcial tras el esfuerzo. Este comportamiento indicó que, aun tratándose de una tarea motriz breve y explosiva, la activación cardiovascular persistió después del primer minuto posterior al salto. Desde una perspectiva aplicada a la Educación Física, este hallazgo sugirió que la planificación de nuevas series de saltos o tareas de intensidad similar debería considerar pausas de recuperación más amplias para evitar acumulación progresiva de fatiga y disminución del rendimiento motor. En contextos escolares reales, una recuperación incompleta podría influir en la calidad

técnica de ejecuciones posteriores, aumentar la variabilidad de la respuesta fisiológica entre estudiantes y generar mayores exigencias cardiovasculares en escolares con menor condición física o diferentes niveles de maduración biológica. Por ello, los resultados respaldaron la importancia de ajustar la dosificación del esfuerzo y los tiempos de recuperación de acuerdo con las características individuales y la demanda fisiológica de la tarea motriz aplicada.

Desde una perspectiva comparativa, los resultados fueron coherentes con estudios realizados en contextos escolares que utilizaron dispositivos portátiles para medir la frecuencia cardíaca durante actividades físicas (Hellín-Martínez et al., 2022). Dichos autores reportaron variaciones significativas en la frecuencia cardíaca en función del tipo de actividad y la participación del alumnado, lo cual coincide con la variabilidad observada en el presente estudio, especialmente en el momento post-esfuerzo. De manera similar, investigaciones más recientes han señalado que el uso de wearables permite captar cambios fisiológicos en tiempo real, facilitando una evaluación más precisa del esfuerzo en entornos educativos (Santillán et al., 2025).

No obstante, es importante señalar que el presente estudio se centró en una tarea motriz de muy corta duración, lo cual introduce una particularidad relevante en la interpretación de los resultados. A diferencia de actividades prolongadas, donde la frecuencia cardíaca alcanza estados más estables, en tareas explosivas la respuesta cardiovascular se caracteriza por una latencia en el incremento máximo, lo que implica que el valor registrado inmediatamente después del esfuerzo representa una aproximación al pico fisiológico más que una medición simultánea al movimiento (Bofill et al., 2025). En este sentido, los resultados obtenidos se alinearon con la advertencia metodológica presente en la literatura sobre las limitaciones de los sensores ópticos en esfuerzos breves.

Desde el punto de vista teórico, los hallazgos de este estudio contribuyen a ampliar la comprensión del comportamiento temporal de la frecuencia cardíaca en tareas motrices específicas dentro del

contexto escolar. Mientras que gran parte de la literatura se ha centrado en indicadores agregados de actividad física o en ejercicios de carácter continuo, este estudio aporta evidencia empírica sobre la dinámica cardiovascular asociada a acciones explosivas de corta duración.

En este sentido, los resultados refuerzan la idea de que la frecuencia cardíaca no debe interpretarse únicamente como un indicador de intensidad sostenida, sino también como una variable sensible a microeventos motores que pueden ser captados mediante tecnología wearable. Esta perspectiva coincide con lo planteado por Royo Ortín et al. (2025), quienes señalaron que la cuantificación de la actividad física en contextos educativos requiere enfoques más finos y situados, capaces de capturar la variabilidad del esfuerzo en función de la tarea.

Además, los resultados aportan a la discusión sobre la validez ecológica de las mediciones fisiológicas en Educación Física. El hecho de que las mediciones se hayan realizado en condiciones reales de clase refuerza la pertinencia de los datos obtenidos y su aplicabilidad en contextos educativos, en línea con lo señalado por Hernaiz-Sánchez y Bäder-Gilabert (2023), quienes destacaron la importancia de investigar la actividad física en escenarios naturales de aprendizaje.

En el plano práctico, los resultados tienen implicaciones relevantes para la planificación y evaluación en Educación Física. La identificación de cambios significativos en la frecuencia cardíaca tras una tarea breve sugiere que los docentes pueden utilizar este tipo de mediciones para ajustar la intensidad de las actividades, establecer pausas de recuperación más adecuadas y monitorear la respuesta individual de los estudiantes.

Asimismo, el uso de tecnología wearable en el aula permite generar retroalimentación inmediata, lo cual puede favorecer la autorregulación del esfuerzo por parte del alumnado, tal como han señalado estudios previos sobre motivación y participación en Educación Física (Chica et al., 2025). En este sentido, los resultados respaldan el potencial pedagógico de estos dispositivos como herramientas de evaluación formativa.

A pesar de los aportes mencionados, el estudio presentó varias limitaciones que deben ser

consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, el diseño no experimental y de corte transversal limitó la posibilidad de establecer relaciones causales entre las variables analizadas. Los resultados obtenidos describieron asociaciones y variaciones temporales, pero no permitieron inferir efectos a largo plazo ni cambios derivados de intervenciones específicas.

En segundo lugar, el uso de muestreo no probabilístico restringió la generalización de los resultados a otras poblaciones escolares. Aunque la muestra fue suficiente en términos de tamaño, su carácter intencional implicó que los hallazgos deben interpretarse dentro del contexto específico en el que se desarrolló el estudio.

Otra limitación relevante estuvo relacionada con el instrumento de medición. Si bien los dispositivos wearable utilizados han sido validados en estudios previos, la tecnología basada en fotopletimografía presenta limitaciones en la precisión durante movimientos bruscos y en esfuerzos de muy corta duración (Bofill et al., 2025). Esto implica que los valores registrados en el momento post-esfuerzo deben considerarse como aproximaciones al pico fisiológico.

Adicionalmente, no se controlaron variables potencialmente influyentes como el nivel de condición física, el estado emocional, la alimentación previa o la maduración biológica de los participantes, factores que podrían haber introducido variabilidad en los resultados.

## CONCLUSIONES

Los resultados del estudio permitieron concluir que la frecuencia cardíaca en escolares presentó variaciones diferenciadas y sistemáticas entre los momentos de reposo, post-esfuerzo inmediato y recuperación, evidenciando un incremento tras la ejecución del salto estático y una posterior disminución durante la fase de recuperación, lo que confirmó la existencia de cambios fisiológicos medibles en respuesta a una tarea motriz breve dentro del contexto escolar; asimismo, se estableció que dichas variaciones fueron consistentes a nivel intra-sujeto y estadísticamente significativas entre los tres momentos evaluados, lo que permitió identificar diferencias claras en la dinámica temporal de la respuesta cardiovascular; se

determinó que la distribución de los valores de frecuencia cardíaca se reorganizó en función del momento de medición, concentrándose en rangos distintos en cada fase analizada, lo que evidenció patrones diferenciados de comportamiento fisiológico en reposo, post-esfuerzo y recuperación, en coherencia con el objetivo de analizar la respuesta cardíaca asociada a la ejecución de un salto estático en escolares dentro de condiciones reales de Educación Física.

## REFERENCIAS

- Altamirano Cortez, S. P., Muñoz Olvera, G. de las M., Altamirano Cortez, E. S., Atiencie Gutiérrez, M. L., & León Reyes, B. B. (2025). Desarrollo de la motricidad fina mediante un ecosistema de inteligencia artificial en un marco pedagógico innovador. *Mérito - Revista de Educación*, 7(21), 44-55. <https://doi.org/10.37260/merito.i7n21.5>
- Benítez Chica, O. J., León Quinapallo, X. P., Lara Reimundo, J. J., Reina Cherrez, M. del C., Cabrera Maya, L. G., y Herrera Villarreal, B. G. (2025). Dispositivos portables en clases de Educación Física: impacto en la motivación hacia el ejercicio. *MENTOR Revista de Investigación Educativa y Deportiva*, 4(1 Especial), 100-115. <https://doi.org/10.56200/mried.v4i1.11296>
- Bofill, J., Pla-Campas, G., y Sebastiani, E. M. (2025). ¿Es la inteligencia artificial un recurso educativo en Educación Física? Una revisión sistemática. *Apunts Educación Física y Deportes*, 160, 1-9. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2025/2\).160.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2025/2).160.01)
- Escobar Romero, E. E., Masapanta Masapanta, M. C., & Leon Reyes, B. B. (2025). Impacto de la gestión directiva en el bienestar estudiantil mediante la creación de espacios recreativos escolares. *Mérito - Revista de Educación*, 7(21), 68-78. <https://doi.org/10.37260/merito.i7n21.7>
- Espinoza Freire, E. E., Villacres Arias, G. E., & Granda Ayabaca, D. M. (2020). Influencia de las didácticas tecnológicas en el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 63-70. <https://doi.org/10.62452/g8q33421>
- Fuentes-Barria, H., Aguilera-Eguía, R., Angarita-Dávila, L. C., y López-Soto, O. P. (2024). Carta al editor: Importancia de la frecuencia cardíaca de recuperación tras ejercicio en niños con sobrepeso y/u obesidad. *Nutrición Hospitalaria*. <https://doi.org/10.20960/nh.05366>
- Galeano-Rojas, D. A., Montero-Ordóñez, L. F., Leon Reyes, C. F., León-Reyes, B. B., Ribeiro-Almeida, N., & Farias-Valenzuela, C. (2023). Frequency of Physical Activity in Primary Education. Influence of the family and type of activity. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8189239>
- Galeano-Rojas, D. A., Romero Granda, M. F., Leon Reyes, C. F., León-Reyes, B. B., Ribeiro-Almeida, N., & Farias-Valenzuela, C. (2023). Cooperativity as a Means of Social Interaction for the Development of Social Skills in Physical Education. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8189214>
- Galeano-Rojas, D., Cuadros-Juárez, M., León Reyes, B. B., Castelo Reyna, M. A., Fariás-Valenzuela, C., & Valdivia-Moral, P. (2024). Association between Academic Performance, Physical Activity, and Academic Stress in Compulsory Secondary Education: An Analysis by Sex. *Children*, 11(10), 1161. <https://doi.org/10.3390/children11101161>
- Galeano-Rojas, D., León-Reyes, B. B., Ortiz-Franco, M., Fariás-Valenzuela, C., Ferrari, G., & Valdivia-Moral, P. (2023). 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>
- González Sánchez, J. L., Villacres Arias, G. E., Núñez Sánchez, L. D. C., Serrano Aguilar, J. L., & Calderón Zambrano, R. L. (2025). Uso de Kahoot! En el proceso de enseñanza-aprendizaje en la Educación Superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 1924-1942.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i3.17806](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17806)
- Hellín-Martínez, M., García-Jiménez, J. V., García-Pellicer, J. J., y Alfonso-Asencio, M. (2022). Frecuencia cardíaca y niveles de actividad física durante recreos escolares: Un estudio descriptivo. *Retos*, 43, 422-427.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.88648>
- Hellín-Martínez, M., García-Jiménez, J. V., García-Pellicer, J. J., y Alfonso-Asencio, M. (2024). Influencia del tipo de recreo sobre los niveles de actividad física en chicas. *Retos*, 51, 124-128.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v51.100958>
- Hernaiz-Sánchez, A., y Bäder-Gilabert, A. (2023). Influencia de la Educación Física en los niveles de actividad física en la adolescencia. Una revisión sistemática. *Revista de Educación*, 401, 129-154.  
<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2023-401-586>
- Leon Reyes, C. F., Rocafuerte Humanante, L. J., Cujilema Lucio, L. P., & LEÓN-REYES, B. B. (2024). Psicomotricidad como Herramienta Educativa en Preescolares con Necesidades Especiales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 4576-4592.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i6.9020](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9020)
- León Reyes, B. B., Galeano-Rojas, D., Agulló-Hernández, A., Farias-Valenzuela, C., Del Val Martín, P., & Valdivia-Moral, P. (2024). Percepción de igualdad y discriminación en Educación Física en estudiantes de Secundaria. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 13, 39.  
<https://doi.org/10.6018/sportk.593161>
- León-Reyes, B., Arguello Nuñez, L., Roque Herrera, Y., Cresp-Barria, M., Souza-Lima, J., & Galeano Rojas, D. A. (2024). 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., Alvarado, J. M. M., & Espinoza, M. G. R. (2022). Guía pedagógica de atención a la psicomotricidad en preescolares con necesidades educativas especiales.  
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.7415970>
- León-Reyes, B. B., Galeano-Rojas, D., Gámez-Vílchez, M., Farias-Valenzuela, C., Hinojosa-Torres, C., & Valdivia-Moral, P. (2025). Strength Training in Children: A Systematic Review Study. *Children*, 12(5), 623.  
<https://doi.org/10.3390/children12050623>
- León-Reyes, B. B., Hechavarría Cardero, D. D., Romero Granda, M. F., Aguinda Cajape, V. A., Piz Herrero, Y., & León Reyes, C. F. (2025). Development of physical motor performance in university students through distance Physical Education in the context of COVID-19. *REVISTA CIENTÍFICA CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN*, 3, 1-16.  
<https://doi.org/10.59758/rcci.2025.3.e44>
- 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. B., & Leon Reyes, C. F. (2022). Estudios de nivel y percepción de actividad física en estudiantes universitarios de Ecuador. *inBlue Editorial*.  
<https://doi.org/10.56168/ibl.ed.167872>
- León-Reyes, B. B., & Montero-Ordoñez, L. F. (2018). Diagnóstico inicial de la práctica de actividad física en estudiantes universitarios. *Maestro y Sociedad*, 52-62.  
<https://maestroysociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/4043>
- León-Reyes, B. B., Villacres Arias, G. E., & León, M. C. (2021). UTILIZACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA CULTURA FÍSICA EN TIEMPOS DE PANDEMIA. En INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN EL ECUADOR. <http://repositorio.unae.edu.ec/bitstream/56000/2511/1/INVESTIGACION%20EDUCATIVA%20-50-64.pdf>
- Molina Heredia, M. N., Cepero González, M. M., y Rojas Ruiz, F. J. (2025). Diseño e implementación para mejorar la actividad física escolar con gamificación y pulseras digitales en niños de 11-13 años. *Retos*, 69, 580-601.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v69.11400>
- Muñoz Strale, C., Giakoni-Ramírez, F., Pinochet, F., Godoy-Cumillaf, A., Fuentes-Merino, P., y Duclos-Bastías, D. (2024). Condición física, actividad física y calidad de vida en estudiantes universitarios chilenos. *Retos*, 56, 521-530.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v56.10418>
- Olivo Solis, J. E., León-Reyes, B. B., Serrano Aguilar, J. L., & León, M. C. (2024). Relación entre el Metabolismo Basal y la Actividad Física en Estudiantes Universitarios Ecuatorianos. *Revista Arrancada*, 24(49), 302-312.  
<https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/703>
- Pinza-Sanmartin, W. F., Leon-Reyes, C. F., Calderón-Espinoza, C., & León-Reyes, B. B. (2021). Programa de actividad físico-recreativa para reducir el estrés laboral en accionistas de la Compañía Tax-Ejecutivo. *Arrancada*, 21(40), 157-177.  
<https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/417>
- Quispilema Guzmán, C. C., Vera Escudero, O. M., & León-Reyes, B. B. (2025). Uso ético de la tecnología y su relación con la proyección del liderazgo educativo futuro. *Revista Peruana de Educación*, 7(15), 122-129.  
<https://doi.org/10.37260/repe.v7n15.10>
- Royo Ortín, E., Gregorio Jordán, S., Aznar Cebamanos, M., y Peñarrubia Lozano, C. (2025). Cuantificación de niveles de actividad física en días con y sin Educación Física a través de pulseras de actividad física. *Retos*, 67, 27-36.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v67.11248>
- 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>
- Sanchez García, A. M., Álvarez Santos, A. P., Zamora Arana, M. G., Sanchez Macías, W. O., & León-Reyes, B. B. (2025). Taxonomía de Bloom en la era IA: competencias digitales para la formación docentes. *REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA - Para el Desarrollo - UJCM*, 11(22), 325-335.  
<https://doi.org/10.37260/rctd.v11i22.56>
- Santillán, L. D., Pincay Aguilar, I. L., y Zambrano Villalba, C. (2025). Wearables y pulseras inteligentes en el monitoreo del desempeño físico y la salud escolar. *Retos*, 69, 1437-1447.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v69.11699>

- Taco Taco, M. N., Torres Peña, C. M., Uzho Pacheco, A. A., Granda Granda, A. V., & LEON-REYES, B. B. (2024). El rol del juego psicomotriz en el desarrollo de competencias socioemocionales y académicas en preescolares. *Revista Veritas de Difusão Científica*, 5(3), 922-934.  
<https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i3.246>
- Tenorio Sánchez, R. A., Olivo Solis, J. E., Tamayo Cueva, L. R., León, M. C., León- ¿Reyes, B. B. (2025). Percepción de éxito y su influencia en la motivación deportiva: Estudio en estudiantes universitarios de Ecuador. *Revista Arrancada*, 25(50), 141-151.  
<https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/735>
- Zamora Arana, M. G., Sánchez Macías, W. O., Sánchez García, A. M., Álvarez Santos, A. P., & Leon-Reyes. (2025). Juego simbólico digital y función ejecutiva en niños de educación inicial. *Revista Peruana de Educación*, 7(15), 27-36.  
<https://doi.org/10.37260/repe.v7n15.3>