

CIENCIAS APLICADAS EN LA ENSEÑANZA DE LA EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR



*Manuel de Jesús Cortina Núñez
Silvio Rafael Villera Coronado
Mario Alberto Torralvo Cano*

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar



Sello Editorial FUNGADE

2026

ISBN: 978-628-97391-6-9

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Este libro es producto de investigación desarrollada por sus autores. Fue arbitrado bajo el sistema doble ciego por expertos en el área bajo la supervisión del Comité editorial de la RED GADE, a través del Sello Editorial FUNGADE, adscrito a la RED GADE, Colombia.

FUNDACIÓN DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA, DEPORTIVA Y EMPRESARIAL-
FUNGADE

Sello Editorial FUNGADE

<https://redgade.com/libros/>

Dirección: Calle 23a # 16-35. Barrio Pasatiempo, Montería, Córdoba. Colombia.

Email: presidenciairedgade@gmail.com

SELLO EDITORIAL FUNGADE

Editor: Ph.D. Gilberto Javier Trimiño Cabrera



©2026. Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar. Manuel de Jesús Cortina Núñez, Silvio Rafael Villera Coronado, Mario Alberto Torralvo Cano. Autores.

Primera edición

Versión digital

ISBN: 978-628-97391-6-9

Sello editorial: Fundación de Gestión Administración Deportiva y Empresarial
(978-958-53041)

Colección: Ciencias aplicadas al deporte

Serie: GADE2026

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar. Manuel de Jesús Cortina Núñez, Silvio Rafael Villera Coronado, Mario Alberto Torralvo Cano. Autores. 1^{ra} Edición. Digital- Montería (Colombia). FUNDACIÓN DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA, DEPORTIVA Y EMPRESARIAL-FUNGADE, Sello Editorial FUNGADE, Colombia., 2026. 220 p. 24cm. ISBN: 978-628-97391-6-9

1. Ciencias aplicadas 2. Educación física 3. Deporte escolar 4. Enseñanza educativa.

ISBN: 978-628-97391-6-9

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar



COMITÉ EDITORIAL FUNGADE

Ph.D. Valentín Molina Moreno. Universidad de Granada. España

Ph.D. Gabriela de Roia. Universidad de Flores. Argentina

Ph.D. Pedro Sarmento de Rebocho. Universidad de Oporto. Portugal

Ph.D. Javier Brazo Sayavera. Universidad de la Republica. Uruguay

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Manuel De Jesús Cortina Núñez

Universidad de Córdoba

Silvio Rafael Villera Coronado

Universidad de Córdoba

Mario Alberto Torralvo Cano

Universidad de Córdoba

Autores



Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Índice

PRÓLOGO.....	1
CAPÍTULO 1.....	2
FUNDAMENTOS NEUROFISIOLÓGICOS Y MOTRICES EN LA ENSEÑANZA DE LA EDUCACIÓN FÍSICA.....	2
INTRODUCCIÓN	3
METODOLOGÍA.....	4
RESULTADOS.....	7
El control neural de la motricidad.....	17
Las habilidades motrices básicas: maduración y desarrollo	18
Clasificación de las habilidades motrices básicas y procesos fisiológicos implicados	19
Las fases del aprendizaje motor.....	20
La repetición y el perfeccionamiento.....	21
La evaluación neuromotriz en educación física.....	21
El control en el entrenamiento deportivo: test para evaluar la técnica deportiva	22
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
CAPÍTULO 2.....	26
FISIOLOGÍA DE LAS RESPUESTAS CARDIORESPIRATORIAS AGUDAS Y CRÓNICAS EN ESCOLARES	26
INTRODUCCIÓN	27
METODOLOGÍA.....	28
Análisis de datos	31
RESULTADOS.....	32
Características básicas del sistema cardiorrespiratorio en la infancia	39
La respuesta cardiorrespiratoria al ejercicio en niños.....	40

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Hormonas y respuesta cardiorrespiratoria al ejercicio en niños	41
El control de la frecuencia cardíaca en niños: ¿es funcional?	42
La respuesta adaptativa del sistema cardiorrespiratorio al ejercicio en niños	43
La evaluación cardiovascular en educación física	44
El consumo de oxígeno en niños	45
El control de la frecuencia cardíaca en el entrenamiento deportivo escolar	46
Protocolos para el control cardiorrespiratorio del ejercicio en niños	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
CAPÍTULO 3.....	51
FISIOLOGÍA DE LAS RESPUESTAS METABÓLICAS AL EJERCICIO EN ESCOLARES.....	51
INTRODUCCIÓN	52
METODOLOGÍA.....	53
RESULTADOS.....	55
Carbohidratos, grasas, proteínas y enzimas metabólicas	66
Mapa del metabolismo en reposo: control simpático y parasimpático	67
Las respuestas agudas al ejercicio físico: la homeostasis como principio.....	68
El balance ADP/ATP en reposo y ejercicio físico	69
Las adaptaciones crónicas del sistema aeróbico	70
Las adaptaciones crónicas del sistema glicolítico.....	71
Las adaptaciones crónicas del sistema de los fosfágenos	72
Las funciones autocrinas, endocrinas y paracrinas del miocito	73
Consideraciones en la rehabilitación de sarcopenia y mioesteatosis	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
CAPÍTULO 4.....	80

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

FISIOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y FLEXIBILIDAD EN

ESCOLARES.....	80
INTRODUCCIÓN	81
METODOLOGÍA	82
RESULTADOS.....	84
Características básicas del sistema muscular en niños: maduración y desarrollo	94
Diferencias del desarrollo muscular en niños y niñas.....	94
Fisiología del proceso contráctil en el músculo esquelético	95
El reflejo miotático y la elasticidad en niños	96
Las manifestaciones del tipo de fuerza en niños.....	97
Características de las cargas de ejercicios de fuerza en niños	98
Protocolos para valorar la masa muscular en niños	99
Protocolos para valorar la fuerza muscular en niños	99
Protocolos para valorar la flexibilidad en niños	100
La tecnología, la parametrización, el Big Data y la IA como necesidades en el deporte	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
CERTIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD	105
EVALUACIÓN POR PARES	106

PRÓLOGO

La Educación Física y el deporte escolar han dejado de ser, hace mucho tiempo, meras pausas recreativas en la jornada académica para convertirse en pilares fundamentales del desarrollo humano integral. Sin embargo, el desafío actual no radica solo en "poner en movimiento" a los estudiantes, sino en comprender profundamente los mecanismos que rigen ese movimiento y cómo optimizarlos para favorecer la salud, el aprendizaje y el bienestar emocional.

Esta obra nace de una premisa clara: la enseñanza de la actividad física no puede ser ajena al rigor de las ciencias aplicadas. Desde la biomecánica que explica la eficiencia de un gesto técnico, hasta la neurociencia que nos revela cómo el ejercicio físico potencia la plasticidad cerebral y las funciones ejecutivas, la ciencia ofrece las herramientas necesarias para que el docente pase de la intuición a la evidencia.

A lo largo de estas páginas, el lector encontrará un recorrido interdisciplinar que aborda: La Fisiología del Ejercicio: Entendida como la base para adaptar las cargas de trabajo a las etapas de crecimiento y desarrollo. La Psicología Deportiva: Clave para fomentar la motivación intrínseca, la resiliencia y los valores de cooperación en el entorno escolar. La Pedagogía y Didáctica: Que se nutren de datos empíricos para diseñar situaciones de aprendizaje inclusivas y significativas.

El deporte escolar es, quizás, el laboratorio social más importante de la infancia y la adolescencia. Es allí donde se gestionan el éxito y el fracaso, donde se forja la identidad corporal y donde se asientan —o se pierden— los hábitos de vida saludable. Por ello, el profesional de la Educación Física tiene la responsabilidad ética de mantenerse a la vanguardia del conocimiento científico.

Este libro no es solo un compendio de teorías; es una invitación a la reflexión crítica. Su objetivo es dotar a entrenadores, docentes y estudiantes de Ciencias del Deporte de un marco sólido para transformar sus sesiones en experiencias educativas de alta calidad.

Al cerrar este prólogo, queda la invitación al lector: utilice estas páginas no como una receta inamovible, sino como un mapa. Un mapa que le permitirá navegar con seguridad en la noble tarea de educar a través del cuerpo, transformando la ciencia en acción y el esfuerzo en desarrollo vital. ¡Que el conocimiento sea el motor que impulse cada zancada en el patio de recreo!

Ph.D. Rafael Antonio Martínez González

Ph.D. Ciencias del Deporte



CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS NEUROFISIOLÓGICOS Y MOTRICES EN LA ENSEÑANZA DE LA EDUCACIÓN FÍSICA

Resumen

La enseñanza de la educación física ha evolucionado en el último siglo en medio del debate científico que toda ciencia desarrolla sobre su episteme de forma permanente, lo cual le permite su consolidación que identifica su objeto, su campo y su método. Los diversos enfoques sobre el objeto de estudio de la educación física han derivado en escuelas de pensamiento que, en la actualidad se estudian disciplinas distintivas del deporte, la actividad física o la recreación. De los enfoques llamados biólogos del siglo pasado, hoy se define lo didáctico y pedagógico con un soporte apoyado en la biología como un medio. De allí la necesaria construcción de un enfoque que proponga una amalgama que hibridice un postulado pedagógico con soporte biológico.

En el presente capítulo nos concentramos en un tema que el pasado, y aún en el presente, se trata desde lo meramente neuromuscular. Hoy presentamos a la fisiología neuromuscular como soporte para comprender la enseñanza y el aprendizaje de las habilidades motrices básicas HMB, y con ello explicar el desarrollo motor y la formación básica de la motricidad para la vida.

Se pretende dar fundamento biológico a la didáctica de la educación física, atendiendo preceptos de desarrollo y maduración en un capítulo que asume una descripción problémica sobre las dudas y preguntas sobre la enseñanza y la educabilidad de las HMB. Así mismo, se aborda una metodología de indagación bibliográfica basada en el método PRISMA, auscultando el espectro de bases de datos como Scopus, y desarrollando un derrotero teórico sobre las HMB.

Palabras claves: Habilidades motrices básicas, aprendizaje motor, fisiología neuromuscular, enseñanza de la educación física, deporte escolar.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

INTRODUCCIÓN

Los procesos de enseñanza-aprendizaje de la fisiología del ejercicio en los aspectos neuromusculares que conforman los planes curriculares de formación de educadores físicos, tradicionalmente han estado marcados por el enfoque biológico de la educación física, en los cuales se ha desarrollado el proceso de la contracción muscular, casi siempre en desconexo con procesos pedagógicos del aprendizaje motor. Muchos de los clásicos de la fisiología del ejercicio han servido para etiquetar las rutas de contenidos de unidades programáticas que van desde la percepción de un estímulo, pasando por las despolarizaciones de membranas, hasta las respuestas de las estructuras sarcomerales con sus consabidas interacciones moleculares (López Chicharro, 2006; Wilmore y Costill, 2007; McArdle, Katch y Katch, 1981).

La anterior concepción inspirada desde las ciencias de la salud, se concibió mirando el movimiento como un acto meramente mecánico, aislado y obviando al individuo que aprende y se expresa como persona desde su concepción del universo, en el que la corporalidad en su contexto integre una expresión del humano que desarrolla una conducta motor; aún más alejada de los procesos pedagógicos y didácticos que requieren la formación en los campos de la educación física o del deporte escolar.

En el presente capítulo, se pretende hacer un enfoque centrado en el aprendizaje motor como proceso inherente a una personalidad única, propia y autónoma que aprende y se expresa en un contexto y una concepción de mundo, atendiendo consideraciones de que el aprendizaje motor obedece al desarrollo de una personalidad compuesta y compleja, con dimensiones sociales, psíquicas y biológicas. Bajo este enfoque, se comprenderá que los individuos aprenden de forma diferenciada, ante lo cual el proceso fisiológico subyace con particularidades en cada individuo, determinando así la necesidad de gamificar los procesos de alfabetización motora desde la educación física o el deporte escolar.

Siendo así, la estructura de contenidos propuesta implica la inmersión en el desarrollo de las habilidades motoras básicas (HMB), diferenciándolas en sus procesos de maduración y desarrollo y con ello generando necesidades distintivas de planificar su estimulación, control y evaluación. En este sentido, el enfoque no se circunscribe exclusivamente al proceso fisiológico neuromuscular subyacente, sino que lo condiciona al ser humano que aprende desde su

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

cosmovisión condicionada por el encuentro de una carga genética transversalizada por un contexto que determina la resultante de la formación del ser humano que aprende.

Surge así la pregunta científica: ¿Cuáles aprendizajes se deben adquirir sobre los fundamentos fisiológicos neuromusculares para la enseñanza del desarrollo de las HMB en la educación física y deporte escolar?

Objetivo del Capítulo

Desarrollar un enfoque de la fisiología neuromuscular desde las expresiones de las habilidades motrices básicas desde la corporeidad

METODOLOGÍA

La presente revisión sistemática se diseñó para analizar críticamente el estado del conocimiento sobre los imaginarios docentes acerca de la diversidad cultural escolar en la literatura académica reciente.

Para garantizar la transparencia, rigurosidad y reproducibilidad del proceso, se aplicaron las directrices metodológicas establecidas por la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009, citado en Duk et al., 2019). La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo durante un periodo definido entre 2015 y 2025, en la base de datos Scopus que es especializada y de alto impacto en el campo objeto de estudio.

Población y Muestra

El proceso de selección se estructuró en cuatro fases siguiendo los principios del diagrama de flujo PRISMA: De 195 documentos científicos se trabajó con los de la última década (2015 - 2025) con 115 documentos científicos. De ellos se trabajó con las categorías de medicina 58, solo artículos científicos 50, en inglés y español (49), utilizando la categoría de medicina y artículos de open Access 37 documentos. El motor de búsqueda fue TÍTULO-ABS-KEY (aprendizaje Y motor) Y PUBYEAR > 2014 Y PUBYEAR < 2026 Y (LIMIT-TO (SUBJAREA , "MEDI")) Y (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) Y (LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish") O LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) Y (LIMIT-TO (OA , "all"))

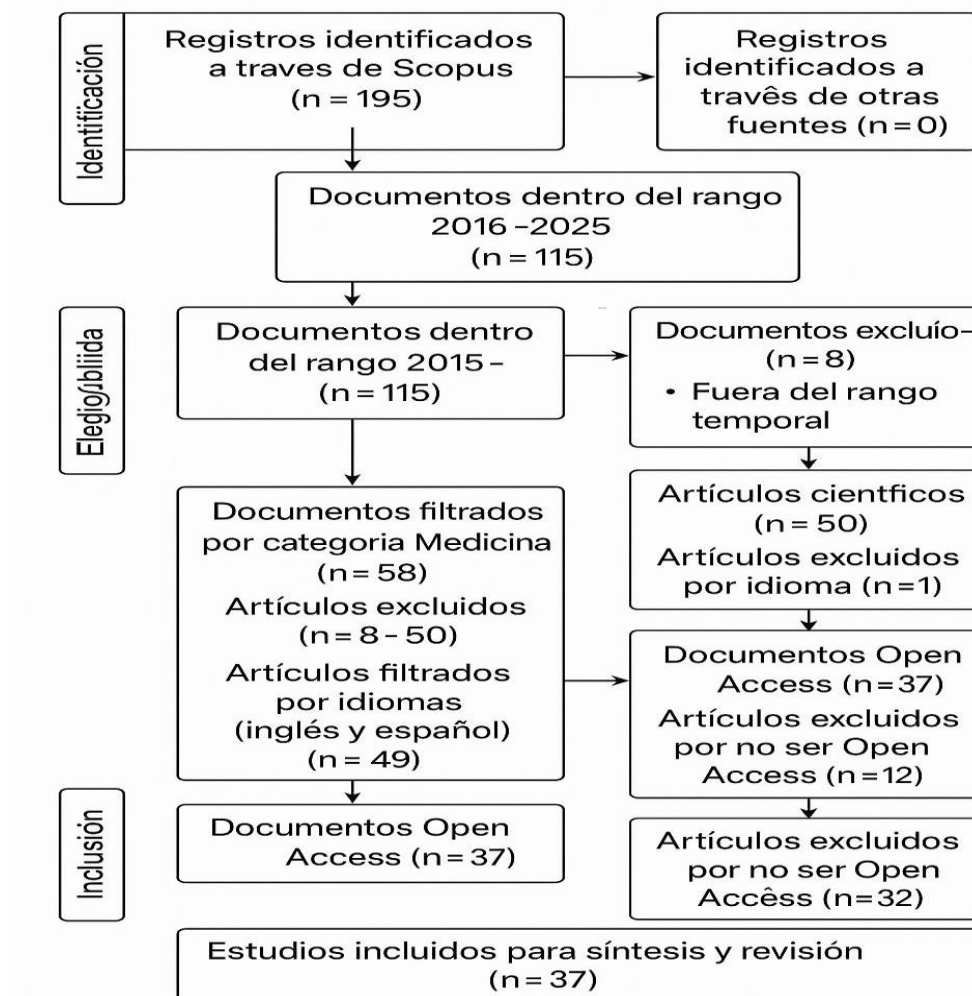


Figura 1. Prisma. Fuente: Scopus 2025

El proceso de selección se estructuró siguiendo las fases del diagrama de flujo PRISMA:

1. Identificación:

- Se recuperaron inicialmente 195 documentos científicos a partir de la ecuación de búsqueda en la base de datos Scopus, sin restricción de año de publicación.

2. Cribado (screening):

- Se aplicó un primer filtro temporal, seleccionando únicamente los documentos publicados en la última década (2015–2025), lo que redujo el corpus a 115 documentos científicos.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- Posteriormente se filtraron los documentos pertenecientes al área de Medicina (SUBJAREA "MEDI"), quedando 58 documentos.

3. Elegibilidad:

- De esos 58 documentos, se seleccionaron únicamente los artículos científicos (DOCTYPE "ar"), lo que redujo la muestra a 50 artículos.
- Se mantuvieron únicamente los textos en inglés y español, resultando 49 artículos potencialmente elegibles tras la lectura de título y resumen.

4. Inclusión:

- Tras la lectura completa de los artículos y la verificación de los criterios de inclusión (especialmente la relación explícita con la didáctica de las ciencias del deporte, la actividad física o el aprendizaje motor en educadores físicos), se seleccionaron 37 documentos de acceso abierto, que constituyeron la muestra final de análisis.

El análisis de datos se realizó mediante una síntesis temática y categórica de corte deductivo e inductivo (Duk et al., 2019; Castro, 2017).

Codificación Deductiva: Se aplicaron las categorías conceptuales definidas previamente en la introducción (ej. diversidad como "déficit o problema" vs. diversidad como "recurso o enriquecimiento").

Codificación Inductiva: Se identificaron categorías emergentes y patrones recurrentes en los hallazgos de los estudios (ej. resistencia al cambio, folclorización de la cultura, necesidad de formación específica).

Análisis Crítico: Se contrastaron los imaginarios identificados con las prácticas pedagógicas reportadas en los estudios para determinar la tensión entre la retórica oficial y la actuación real del profesorado.

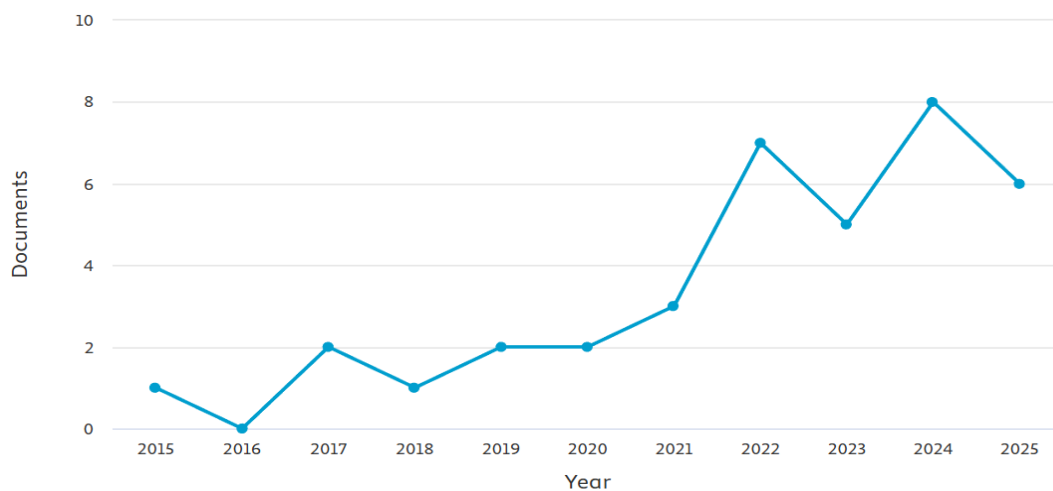
Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Este enfoque permitió una comprensión profunda de los significados que circulan en la realidad educativa y cómo estos imaginarios influyen directamente en la calidad y la equidad de la educación.

RESULTADOS

Gráfico 1.

Análisis de la Tendencia de Documentos por Año (2015-2025)



Fuente: Scopus 2025.

En el gráfico 1 se observa la distribución anual de los 37 documentos finalmente incluidos en la revisión para el periodo 2015–2025. La producción científica inicia en 2015 con 1 documento, desciende a 0 en 2016 y vuelve a crecer en 2017 con 2 documentos, manteniéndose en valores bajos pero constantes entre 2018 y 2020 (con 1, 2 y 2 publicaciones respectivamente). A partir de 2021 se evidencia un incremento sostenido, pasando de 3 documentos en 2021 a 7 en 2022, seguido de 5 en 2023. El punto más alto de producción se registra en 2024 con 8 documentos, mientras que en 2025 se reportan 6, cifra que, aunque ligeramente inferior al año previo, continúa siendo superior a la de los años iniciales del periodo analizado.

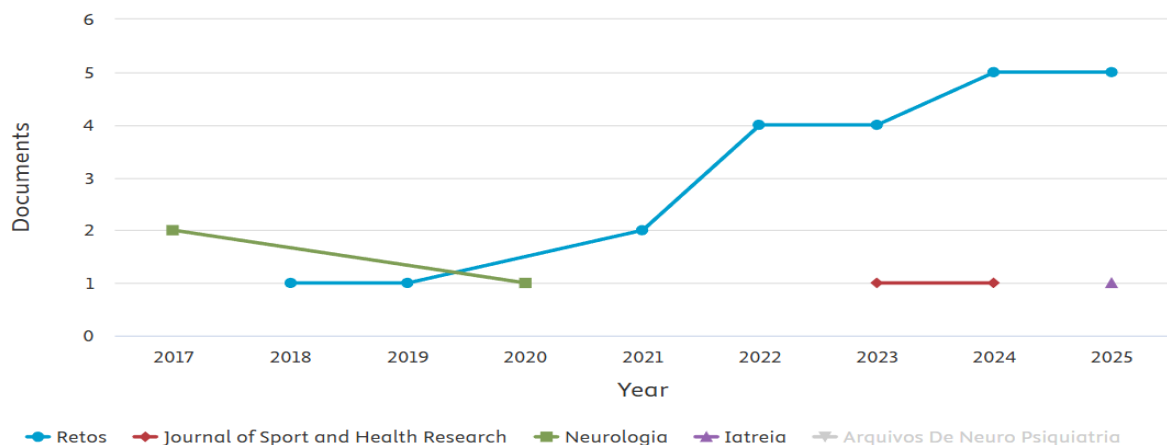
En conjunto, la tendencia general muestra un crecimiento progresivo de la producción científica en la última década, especialmente desde 2021, lo que sugiere un interés cada vez mayor

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

de la comunidad académica por la didáctica de las ciencias del deporte, el aprendizaje motor y la formación de educadores físicos.

Gráfico 2.

Análisis de documento por año por Fuente



Fuente: Scopus 2025.

El gráfico 2 presenta la evolución temporal de los documentos analizados de acuerdo con la revista en la que fueron publicados. Se observa, en primer lugar, que la revista Retos concentra la mayor parte de la producción vinculada a la didáctica de las ciencias del deporte y la actividad física en educadores físicos. Entre 2018 y 2020, Retos publica de manera constante alrededor de un documento por año, lo que indica una presencia inicial moderada pero sostenida de la temática en esta revista especializada en actividad física, deporte y educación. A partir de 2021 se aprecia un punto de inflexión: el número de artículos en Retos aumenta a dos documentos, y luego se duplica en 2022 y 2023, llegando a aproximadamente cuatro publicaciones anuales. En 2024 y 2025 la revista mantiene un nivel alto de producción, con alrededor de cinco documentos por año, convirtiéndose claramente en el principal vehículo de difusión de investigaciones sobre aprendizaje motor, procesos didácticos y formación de educadores físicos.

En contraste, la revista Neurología presenta una participación más temprana y enfocada en los primeros años del periodo. En 2017 agrupa aproximadamente dos documentos, disminuyendo a uno hacia 2020, lo que sugiere que los aportes desde este campo se centran en el análisis de bases neurobiológicas del aprendizaje motor y de la función cerebral, pero sin consolidar una línea

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

sostenida de publicaciones sobre la dimensión pedagógica o didáctica en educación física. Es decir, la presencia de Neurología parece aportar un soporte teórico-clínico más que una producción pedagógica continuada.

Por su parte, la Journal of Sport and Health Research aparece de forma puntual con alrededor de un documento en 2023 y un documento en 2024, lo que indica una participación emergente de esta revista en la discusión sobre didáctica de las ciencias del deporte, probablemente vinculada a estudios que integran variables de salud, rendimiento y procesos de enseñanza-aprendizaje en contextos deportivos o escolares. De manera similar, la revista Iatreia registra un documento en 2025, lo que evidencia una apertura reciente de revistas del ámbito médico y de las ciencias de la salud hacia enfoques que relacionan la actividad física y el deporte con procesos formativos y de aprendizaje motor. Aunque Archivos de Neuro Psiquiatría aparece en la leyenda, no se visualizan publicaciones en el periodo analizado, lo que indica una contribución nula o mínima a la temática objeto de estudio.

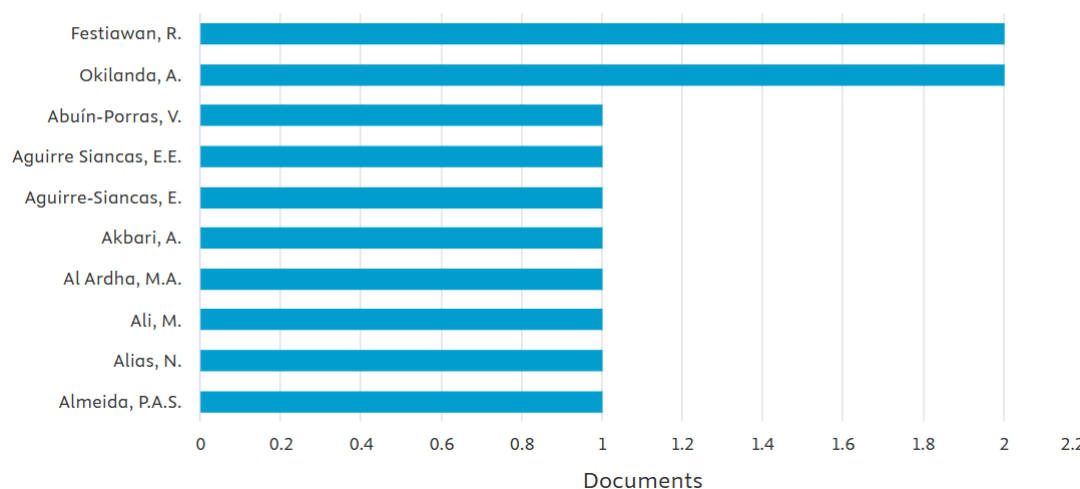
En conjunto, el gráfico permite identificar un desplazamiento progresivo de la producción científica desde revistas de corte más neurológico y clínico (como Neurología) hacia revistas específicas de deporte, salud y educación física, siendo Retos la principal referencia. Este patrón es coherente con la evolución de la propia línea de investigación: se pasa de estudios centrados en los fundamentos neurofisiológicos del aprendizaje motor a trabajos que profundizan en la didáctica aplicada, en las estrategias de enseñanza y en la formación profesional del educador físico. La concentración reciente de publicaciones en Retos, acompañada de la aparición puntual de otras revistas especializadas, sugiere que la didáctica de las ciencias del deporte y la actividad física se encuentra en una fase de consolidación académica, con un campo de investigación cada vez más reconocido y con espacios de publicación claramente definidos dentro de las ciencias del deporte.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 3. *Análisis de la Productividad por Autor*

Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors.



Fuente: Scopus 2025.

El gráfico3 presenta la producción científica de los autores que más han aportado a la temática revisada. Se observa que ningún autor supera los dos documentos, lo cual indica que, aunque hay investigadores recurrentes, no existe todavía un “autor dominante” claramente consolidado en el campo de la didáctica de las ciencias del deporte y la actividad física en educadores físicos.

Los autores Festiawan, R. y Okilanda, A. son quienes muestran la mayor productividad, con dos documentos cada uno dentro del conjunto analizado. Esto sugiere que ambos han desarrollado una línea de trabajo relativamente estable sobre aprendizaje motor, estrategias didácticas o formación de educadores físicos, constituyéndose como referentes emergentes en el tema.

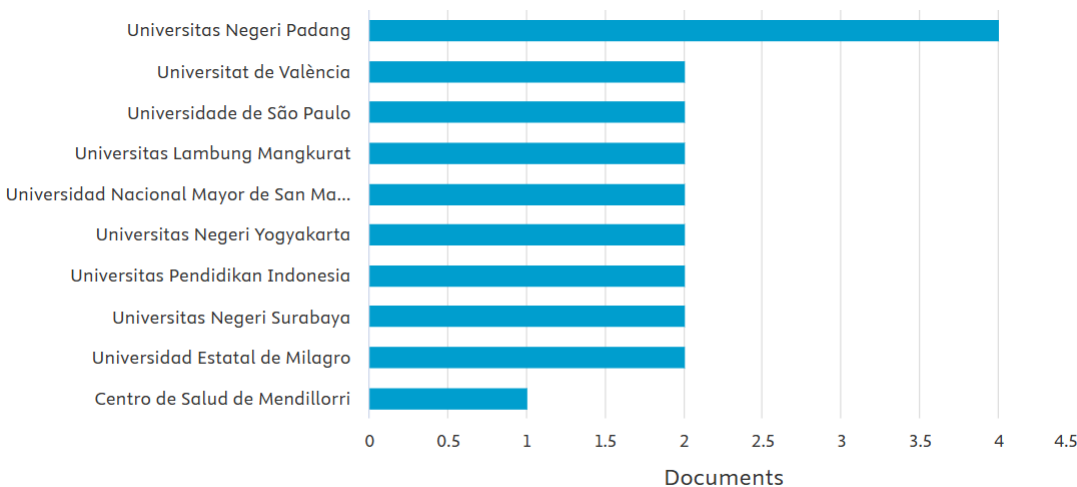
El resto de los autores representados —Abuín-Porras, V.; Aguirre Siancas, E.E.; Aguirre-Siancas, E.; Akbari, A.; Al Ardha, M.A.; Ali, M.; Alias, N. y Almeida, P.A.S.— aportan un documento cada uno. Este patrón refleja una alta dispersión autoral, característica de campos de investigación que aún se encuentran en consolidación: muchos investigadores contribuyen de manera puntual, ya sea mediante estudios aislados o trabajos vinculados a proyectos más amplios donde la didáctica y el aprendizaje motor son solo una parte del enfoque general.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Un aspecto interesante es la presencia de dos variantes del mismo apellido (“Aguirre Siancas, E.E.” y “Aguirre-Siancas, E.”), lo que podría corresponder al mismo investigador registrado de forma diferente en la base de datos. Este detalle pone de relieve una limitación habitual en los análisis bibliométricos: la posible subestimación o fragmentación de la producción real de algunos autores debido a inconsistencias en la normalización de nombres.

En conjunto, el gráfico muestra que la producción científica sobre didáctica de las ciencias del deporte y actividad física en educadores físicos está descentralizada y distribuida entre numerosos autores con baja frecuencia de publicación individual. Esto respalda la idea de que se trata de un campo emergente y plural, donde distintos grupos e investigadores, procedentes de contextos diversos, aportan evidencias y propuestas didácticas, pero donde aún no se observan “escuelas” o redes autorales fuertemente consolidadas que monopolicen la producción científica en esta temática. Esta característica abre, a su vez, un espacio significativo para nuevas contribuciones y para la articulación de líneas de investigación más sistemáticas sobre la formación y la práctica pedagógica de los educadores físicos.

Gráfico 4. *Análisis de la Productividad por Afiliación*



Fuente: Scopus 2025.

El gráfico 4 muestra las instituciones con mayor número de documentos relacionados con la didáctica de las ciencias del deporte y la actividad física en educadores físicos, según el registro de Scopus. Se observa que la Universitas Negeri Padang se posiciona como la institución con

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

mayor productividad, acumulando alrededor de 4 documentos en el periodo analizado. Esta cifra la sitúa claramente por encima del resto de afiliaciones y sugiere la existencia de un grupo de investigación consolidado en el ámbito del aprendizaje motor y la educación física, con una línea de trabajo continua sobre aspectos didácticos y formativos.

En un segundo nivel aparecen varias instituciones con 2 documentos cada una, entre las que destacan la Universitat de València (España), la Universidade de São Paulo (Brasil), la Universitas Lambung Mangkurat, la Universitas Negeri Yogyakarta, la Universitas Pendidikan Indonesia, la Universitas Negeri Surabaya (todas de Indonesia), la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú) y la Universidad Estatal de Milagro (Ecuador). El Centro de Salud de Mendillori registra 1 documento, lo que indica una participación más puntual en la temática. En conjunto, estas diez afiliaciones concentran 21 de los 37 documentos analizados, es decir, cerca de tres quintas partes de la producción total, mientras que el resto se distribuye en numerosas instituciones con una presencia individual más reducida.

Desde una perspectiva geográfica, el gráfico evidencia una fuerte concentración de la producción en universidades de Indonesia, que suman la mayor parte de los documentos entre las instituciones líderes. Esto sugiere que en dicho país existe un interés particular por la articulación entre educación física, aprendizaje motor y didáctica de las ciencias del deporte, probablemente vinculado a programas de formación docente y políticas educativas que promueven la actividad física escolar. Paralelamente, se observa una presencia relevante de instituciones iberoamericanas (España, Brasil, Perú, Ecuador), lo que confirma que la discusión sobre la formación de educadores físicos y las estrategias didácticas para la enseñanza del deporte se ha extendido también al contexto latinoamericano y europeo de habla hispana/portuguesa.

En síntesis, el gráfico 4 pone de manifiesto que, aunque la producción está relativamente dispersa entre muchas instituciones, existen núcleos institucionales claramente activos, encabezados por la Universitas Negeri Padang y seguido por un grupo de universidades asiáticas e iberoamericanas que comparten intereses en torno a la didáctica de las ciencias del deporte. Este patrón respalda la idea de un campo de investigación internacional en expansión, en el que convergen aportes del Sudeste Asiático y de Latinoamérica/Europa, y en el que aún hay amplio

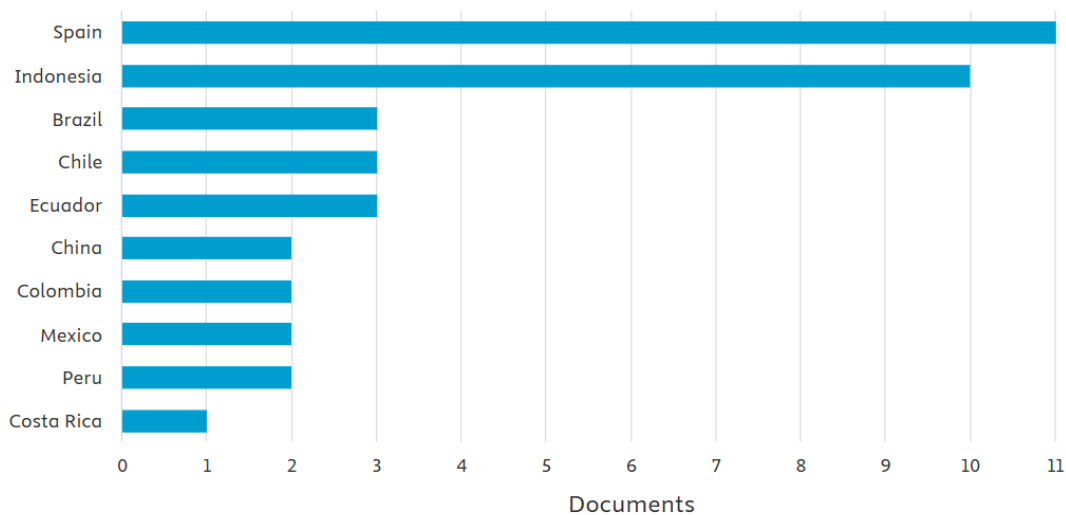
Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

margen para el fortalecimiento de redes colaborativas y proyectos comparativos en la formación de educadores físicos.

Gráfico 5. Análisis de documento por país o territorio

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Fuente: Scopus 2025.

El gráfico 5 muestra el número de documentos identificados por país de origen de la afiliación de los autores. Se observa que la mayor parte de la producción científica procede de España (11 documentos) e Indonesia (10 documentos), que juntas concentran más de la mitad de los estudios analizados. España se posiciona como el país con mayor volumen de publicaciones, lo que indica una trayectoria consolidada en investigación sobre didáctica de las ciencias del deporte, aprendizaje motor y formación de educadores físicos, en estrecha relación con la fuerte tradición de programas universitarios en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Indonesia, muy cercana en número, refleja también un núcleo de investigación altamente activo, coherente con lo observado previamente en las afiliaciones institucionales, donde varias universidades indonesias destacaban por su productividad.

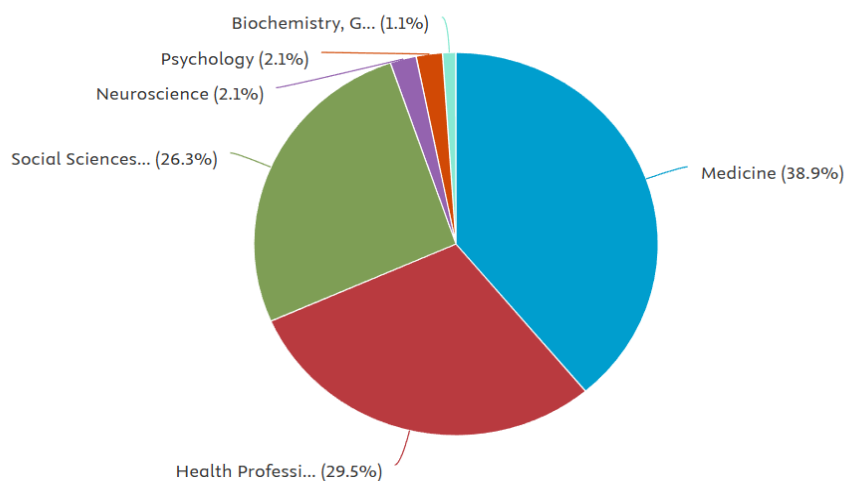
En un segundo nivel aparecen Brasil, Chile y Ecuador, con 3 documentos cada uno, seguidos por China, Colombia, México y Perú, con 2 documentos, y Costa Rica con 1 documento.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Este conjunto de países evidencia una fuerte presencia de América Latina, especialmente de naciones hispanohablantes, lo que sugiere que la reflexión sobre la enseñanza de las ciencias del deporte y la actividad física en educadores físicos es un tema de creciente interés en la región. El caso de Brasil complementa este panorama latinoamericano, aportando estudios desde un contexto lusófono con características educativas y deportivas particulares.

En términos generales, el gráfico pone de manifiesto que la producción científica sobre la temática no está concentrada en un único país, sino que se reparte entre dos grandes polos: por un lado, Europa (España), y por otro, Asia (Indonesia), acompañados de una base importante de países latinoamericanos. Este patrón refuerza la idea de que la didáctica de las ciencias del deporte y la actividad física en educadores físicos constituye un campo de investigación internacional, donde confluyen realidades educativas diversas, pero con preocupaciones comunes en torno al aprendizaje motor, la calidad de la enseñanza y la formación profesional del docente de educación física. Para la presente monografía, este panorama geográfico subraya la relevancia de contrastar modelos y experiencias procedentes de distintos contextos socioculturales, especialmente aquellos más cercanos al ámbito iberoamericano.

Gráfico 6. Análisis por área temática



Fuente: Scopus 2025.

El gráfico 6 presenta la clasificación de los documentos analizados por área temática según la categorización de Scopus. Se observa que la mayor proporción de trabajos se ubica en Medicina

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

(38,9 %), lo que confirma que una parte importante de la producción se orienta a estudiar el aprendizaje motor, la actividad física y el deporte desde una perspectiva biomédica: procesos fisiológicos, condiciones de salud, prevención de lesiones o impacto del ejercicio en parámetros clínicos. Inmediatamente después aparece el área de Health Professions (29,5 %), que agrupa investigaciones vinculadas a la formación y desempeño de profesionales de la salud (entre ellos, educadores físicos, fisioterapeutas y otros agentes del movimiento), enfatizando aspectos de formación profesional, competencias y práctica educativa.

En tercer lugar, un porcentaje muy relevante de los documentos se clasifica en Ciencias Sociales (26,3 %), lo que evidencia que la didáctica de las ciencias del deporte y la actividad física no se limita a la dimensión biológica, sino que incorpora de manera explícita enfoques pedagógicos, psicológicos y socioculturales. Estos trabajos suelen abordar temas como estrategias de enseñanza, interacción docente–estudiante, contextos escolares, motivación, clima de aula o construcción de significados en torno a la práctica física y deportiva.

Las áreas como Neurociencia (2,1 %), Psicología (2,1 %) y Bioquímica, Genética y Biología Molecular (1,1 %) tienen una participación menor pero estratégica. Su presencia sugiere que una parte de la literatura profundiza en los fundamentos neurobiológicos y psicológicos del aprendizaje motor, analizando, por ejemplo, la plasticidad cerebral, los procesos cognitivos implicados en la adquisición de habilidades o las respuestas moleculares al ejercicio.

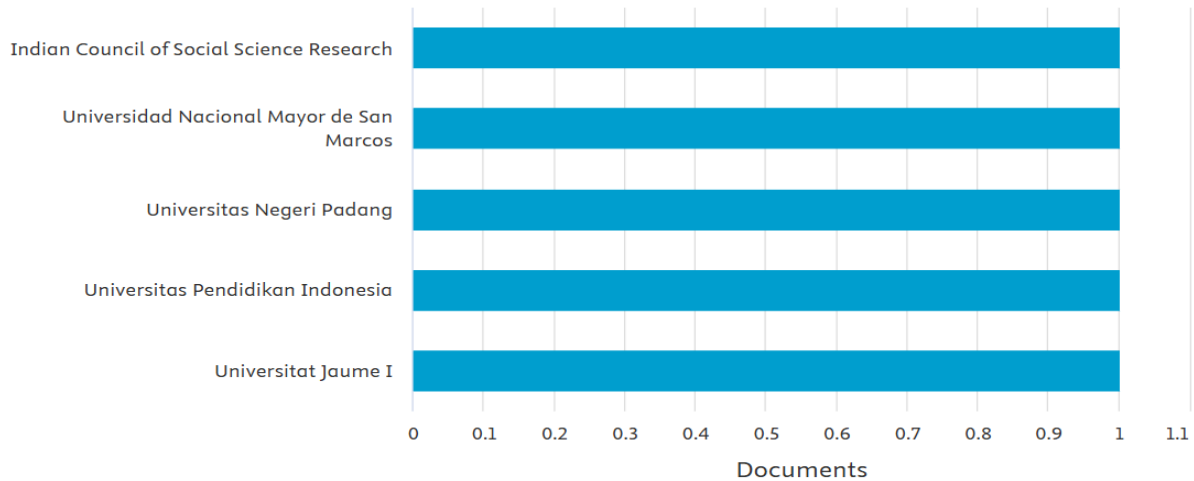
En conjunto, el gráfico pone de manifiesto que la producción científica revisada se sitúa en un cruce de campos: combina las perspectivas de la medicina y las profesiones de la salud con enfoques de las ciencias sociales y de las neurociencias. Esta configuración multidisciplinar es coherente con la naturaleza de la didáctica de las ciencias del deporte y la actividad física en educadores físicos, que requiere integrar conocimientos biológicos, pedagógicos y psicosociales para comprender y mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje del movimiento humano.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 7. Análisis de documentos por patrocinador de la financiación

Documents by funding sponsor

Compare the document counts for up to 15 funding sponsors.



Fuente: Scopus 2025.

El gráfico 7 presenta las principales agencias e instituciones que financiaron los estudios incluidos en la revisión. Se observa que todas las entidades listadas Indian Council of Social Science Research, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universitas Negeri Padang, Universitas Pendidikan Indonesia y Universitat Jaume I aportan un solo documento cada una. Es decir, no existe un financiador hegemónico, sino una participación equilibrada y muy dispersa de diferentes organismos.

Este patrón sugiere, en primer lugar, que la investigación sobre didáctica de las ciencias del deporte y la actividad física en educadores físicos no depende de un único gran programa de financiación, sino que se sostiene en proyectos aislados o convocatorias específicas de carácter nacional o institucional. Llama la atención que las fuentes de financiamiento provengan de contextos diversos:

- un consejo nacional de investigación en ciencias sociales (Indian Council of Social Science Research, India),
- universidades públicas de América Latina (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú),

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- universidades de Indonesia (Universitas Negeri Padang y Universitas Pendidikan Indonesia),
- y una universidad europea (Universitat Jaume I, España).

Esto refuerza la idea de un campo de estudio internacional y heterogéneo, donde distintos países destinan recursos puntuales para investigar aspectos pedagógicos, sociales y de salud relacionados con la actividad física y el deporte.

Por otro lado, el hecho de que solo aparezcan cinco entidades financiadoras, cada una asociada a un único documento, también puede interpretarse como un indicador de limitada financiación explícita en esta temática. Es probable que una parte significativa de los estudios se haya realizado sin apoyo económico formal declarado, con recursos propios de los grupos de investigación o a partir de financiación general de las instituciones. En términos de la presente monografía, este escenario pone de relieve que, pese a la relevancia educativa y social de la formación de educadores físicos, los proyectos específicamente orientados a la didáctica de las ciencias del deporte y el aprendizaje motor aún compiten por recursos en agendas de investigación donde predominan otras prioridades.

En síntesis, el gráfico 7 muestra un panorama de financiación fragmentada y geográficamente diversa, que acompaña el carácter emergente del campo: existen iniciativas respaldadas por consejos de investigación y universidades de diferentes regiones del mundo, pero todavía no se identifica una infraestructura de financiamiento robusta y continuada que articule programas de investigación de largo plazo en didáctica de las ciencias del deporte y la actividad física.

El control neural de la motricidad

El control neural de la motricidad se refiere al conjunto de procesos mediante los cuales el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP) coordinan la activación muscular, la percepción sensorial y la retroalimentación para producir movimientos intencionados, adaptados al entorno y eficientes. Tal como señalan Latash, Scholz, Danion y Schöner (2013), el propósito del control motor es comprender los mecanismos fisiológicos y físicos que hacen posible

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

el movimiento humano. En la educación física, esta comprensión permite al docente orientar el aprendizaje motor con base en el funcionamiento neurológico.

Desde una perspectiva anatómica y funcional, el control neural involucra rutas descendentes que conectan la corteza motora, el cerebelo, los ganglios basales y la médula espinal con las motoneuronas, integrándose con los sistemas aferentes de retroalimentación sensorial (propioceptivo, visual y vestibular). Lemon y Griffiths (2008) destacan que cada una de las vías descendentes implicadas en el control motor presenta características anatómicas y neurofisiológicas específicas. Por ello, la enseñanza del movimiento debe promover la integración sensorial y la coordinación motora desde una base neurofisiológica sólida.

El control neural no opera únicamente como un mecanismo de comando unidireccional, sino que se apoya en esquemas de anticipación (feed-forward) y retroalimentación (feedback) que permiten refinar el movimiento y ajustarlo continuamente. Según Wolpert, Ghahramani y Jordan (2011), los sistemas motores requieren modelos internos que predigan el resultado de las acciones y corrijan los errores sensoriales, garantizando precisión y eficiencia. En la didáctica de la actividad física, el educador debe diseñar tareas que incluyan variabilidad, error y corrección consciente, fortaleciendo así la autorregulación motora.

La maduración, la experiencia motriz y la plasticidad neural modulan la eficacia del control motor a lo largo de la vida. Maes, Gooijers y Swinnen (2024) afirman que el control motor evoluciona a lo largo del ciclo vital, mejorando en la infancia y adolescencia, estabilizándose en la adultez y declinando en la vejez. Por tanto, el educador físico debe adaptar la enseñanza al nivel de desarrollo motriz, reconociendo los cambios neurológicos y fisiológicos que acompañan al aprendizaje motor.

Las habilidades motrices básicas: maduración y desarrollo

Las habilidades motrices básicas (HMB) constituyen los cimientos sobre los cuales se construyen las destrezas más complejas del movimiento humano y del desempeño deportivo. Estas habilidades —como correr, saltar, lanzar o atrapar— se desarrollan durante la infancia y son esenciales para el aprendizaje de habilidades específicas en contextos deportivos. Según Gallahue, Ozmun y Goodway (2019), el desarrollo motor es un proceso continuo y secuencial mediante el cual las personas adquieren habilidades desde movimientos simples hasta patrones complejos.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

La maduración neurológica cumple un papel determinante en la adquisición de las HMB, ya que el desarrollo del sistema nervioso central favorece la coordinación, el equilibrio y la precisión del movimiento. Adolph y Hoch (2016) explican que el desarrollo motor es el resultado de la interacción entre factores neuronales, biomecánicos y ambientales. Por tanto, las HMB no surgen de manera automática, sino como consecuencia del crecimiento biológico, la experiencia motriz y el entorno. En este sentido, la didáctica de la educación física debe respetar las etapas del desarrollo motor y ofrecer experiencias de movimiento variadas y estimulantes.

El desarrollo adecuado de las HMB no solo mejora la eficacia del movimiento, sino que también fortalece la lateralidad, la orientación espacial y la coordinación general. Utesch et al. (2019) destacan que los niños que participan activamente en actividades físicas estructuradas presentan un mejor desarrollo motor y cognitivo que aquellos con menor participación. Por ello, el educador físico debe promover experiencias que combinen juego, exploración y práctica sistemática.

El desarrollo de las HMB debe concebirse como un proceso dinámico y continuo que requiere evaluación constante. Logan et al. (2012) sostienen que las habilidades motrices básicas son predictoras de la participación futura en la actividad física y el deporte, así como de la competencia motriz general. Por tanto, su estimulación temprana y planificada es esencial dentro de la didáctica de las ciencias del deporte.

Clasificación de las habilidades motrices básicas y procesos fisiológicos implicados

Las HMB se agrupan en tres categorías: locomotoras, no locomotoras o de estabilidad, y manipulativas. Las locomotoras incluyen desplazamientos como correr o saltar; las de estabilidad implican el control postural y los giros; y las manipulativas comprenden lanzar, atrapar o golpear. Gallahue, Ozmun y Goodway (2019) indican que esta clasificación permite comprender la progresión del desarrollo motor y facilita la planificación pedagógica en función de las demandas de movimiento.

Hurtado-Almonacid et al. (2024) analizaron la evolución de las HMB en niños chilenos y concluyeron que cada grupo de habilidades presenta trayectorias de desarrollo específicas según la edad y el sexo. Este enfoque demuestra la importancia de reconocer la diversidad individual y de adaptar las estrategias didácticas a las características motrices de cada estudiante. En la

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

educación física, esta diferenciación permite orientar las actividades hacia el fortalecimiento de habilidades aún en formación.

Los procesos fisiológicos implicados en las HMB dependen de la coordinación intermuscular e intramuscular, la eficacia del sistema nervioso y la integración sensorial proveniente de los sistemas visual, vestibular y propioceptivo. Latash et al. (2017) señalan que comprender cómo el cerebro controla el movimiento sigue siendo una cuestión central de la neurociencia del movimiento. Estos procesos determinan la precisión, la velocidad y la eficiencia, aspectos clave para la enseñanza motriz.

El conocimiento fisiológico de la motricidad permite al docente diseñar estrategias de enseñanza seguras y efectivas. Moruzzi y Kauranen (2020) subrayan que el control neuromuscular y la regulación sensoriomotora son esenciales para la adquisición de habilidades y la prevención de lesiones. De este modo, la integración del conocimiento científico y la práctica pedagógica potencia la formación integral del educando.

Las fases del aprendizaje motor

El aprendizaje motor es un proceso mediante el cual el individuo adquiere, perfecciona y automatiza habilidades a través de la práctica y la experiencia. Magill y Anderson (2021) lo definen como un conjunto de procesos internos asociados con la práctica o la experiencia que producen cambios permanentes en la capacidad de ejecutar movimientos. Comprender este proceso permite al educador planificar estrategias que conduzcan de la ejecución consciente a la automatización.

Fitts y Posner (1967) establecieron tres fases del aprendizaje motor: cognitiva, asociativa y autónoma. En la fase cognitiva, el aprendiz comprende el objetivo y experimenta errores; en la asociativa, mejora la precisión y la consistencia; y en la autónoma, ejecuta con fluidez y mínima atención consciente. Schmidt y Lee (2019) explican que el aprendiz progresa desde entender qué hacer hasta hacerlo de manera automática, lo que guía al docente en la selección de métodos y retroalimentación adecuados.

Durante este proceso intervienen mecanismos neurofisiológicos como la memoria motora, la retroalimentación sensorial y la plasticidad sináptica. Leech, Roemmich y Bastian (2022) afirman que los avances científicos sobre los mecanismos del aprendizaje motor humano han

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

brindando herramientas clave para mejorar la adquisición de habilidades. En educación física, la combinación de práctica repetida y variabilidad contextual estimula la adaptación neural.

El docente debe facilitar la transición entre fases mediante instrucción clara, práctica estructurada y retroalimentación efectiva. Newell (1986) destaca que el aprendizaje motor depende de la interacción continua entre las condiciones de la tarea, el entorno y las capacidades individuales. Así, el educador físico actúa como mediador entre cuerpo y entorno, promoviendo un aprendizaje significativo.

La repetición y el perfeccionamiento

La repetición es un pilar del aprendizaje motor, ya que consolida los patrones neuromusculares que sustentan una ejecución precisa. Schmidt y Lee (2019) afirman que la práctica genera cambios en los mecanismos de control que facilitan la producción estable de movimientos coordinados. Por tanto, la repetición no busca la mera memorización, sino la optimización del control neural.

La repetición eficaz debe incluir variabilidad y retroalimentación. Wulf y Lewthwaite (2016) señalan que la práctica con atención dirigida al resultado y acompañada de retroalimentación positiva optimiza el aprendizaje motor y fortalece la motivación intrínseca. En educación física, esto implica planificar repeticiones estratégicas con variaciones que permitan transferir el aprendizaje.

El perfeccionamiento se alcanza cuando la práctica lleva a una ejecución más automática y eficiente. Sani y Shanechi (2021) explican que la retroalimentación sensorial constante refina las representaciones neuronales del movimiento, mejorando la coordinación. Este proceso requiere tiempo, planificación y corrección de errores, componentes esenciales para el aprendizaje duradero.

El docente o entrenador debe guiar la repetición y el perfeccionamiento mediante observación, corrección y motivación. Ericsson (2020) enfatiza que la práctica deliberada combina metas específicas, retroalimentación inmediata y esfuerzo consciente de mejora continua. De esta forma, repetición y perfeccionamiento forman un binomio esencial en la enseñanza deportiva.

La evaluación neuromotriz en educación física

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

La evaluación neuromotriz es un proceso esencial que permite identificar el nivel de desarrollo motor, la coordinación, el equilibrio y las capacidades neuromusculares del individuo. Cools et al. (2009) destacan que la evaluación de las habilidades motrices fundamentales ofrece una visión clara del desarrollo motor y permite intervenir tempranamente en caso de dificultades. Este proceso brinda información que orienta la enseñanza desde un enfoque científico.

En el ámbito educativo se utilizan diversas pruebas, como el Movement Assessment Battery for Children (MABC-2), el Test of Gross Motor Development (TGMD-3) y el Zürcher Neuromotorik Test (ZNA-2). Nagy et al. (2023) sostienen que estas pruebas permiten medir la coordinación, la motricidad gruesa y fina, y las habilidades de equilibrio con precisión. Su aplicación ayuda a detectar deficiencias motoras y ajustar la enseñanza.

La evaluación neuromotriz también cumple una función preventiva y formativa. Henderson, Sugden y Barnett (2012) afirman que la detección temprana de dificultades mediante instrumentos válidos permite diseñar programas que mejoran el control postural y la planificación motriz. El educador físico debe analizar la calidad del movimiento y su relación con los procesos neurofisiológicos. La evaluación neuromotriz debe concebirse como un proceso continuo y contextualizado. Logan et al. (2012) indican que las evaluaciones bien estructuradas guían las decisiones pedagógicas y promueven un desarrollo más equitativo. Integrar estos instrumentos fortalece la práctica docente y el seguimiento del progreso del alumnado.

El control en el entrenamiento deportivo: test para evaluar la técnica deportiva

El control en el entrenamiento deportivo implica planificar, ejecutar y ajustar el proceso de mejora del rendimiento físico y técnico. Latash et al. (2019) plantean que el control del movimiento depende de la estabilidad y de sinergias que garantizan el rendimiento. En este sentido, controlar el entrenamiento no es solo supervisar, sino optimizar cada componente del aprendizaje motor.

El control técnico, la carga de trabajo y la coordinación neuromuscular son aspectos interdependientes del proceso. El educador o entrenador debe emplear herramientas de medición, observación y retroalimentación continua para evaluar el progreso y prevenir lesiones. La tecnología actual (videoanálisis, sensores, software de monitoreo) ofrece oportunidades para un control más preciso y personalizado.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El control del entrenamiento también abarca la automatización de habilidades específicas. Cuando el atleta ejecuta movimientos de manera estable y eficiente incluso bajo presión, demuestra un aprendizaje motor consolidado. Este control se vincula con las fases del aprendizaje y el perfeccionamiento técnico descritos anteriormente.

El control en el entrenamiento deportivo integra conocimientos científicos y pedagógicos que permiten dirigir el proceso de aprendizaje hacia el máximo rendimiento. Su aplicación consciente y sistemática potencia la calidad del movimiento y el desarrollo integral del deportista.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adolph, K. E., & Hoch, J. E. (2016). Motor development: Embodied, embedded, enculturated, and enabling. *Annual Review of Psychology*, 67(1), 141–164. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015306>
- Cools, W., De Martelaer, K., Samaey, C., & Andries, C. (2009). Movement skill assessment of typically developing preschool children: A review of seven movement skill assessment tools. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(2), 154–168. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761481/>
- Ericsson, K. A. (2020). *Peak: Secrets from the new science of expertise* (Updated ed.). Mariner Books. <https://www.worldcat.org/title/peak-secrets-from-the-new-science-of-expertise/oclc/937368305>
- Fitts, P. M., & Posner, M. I. (1967). *Human performance*. Brooks/Cole.
- Gallahue, D. L., Ozmun, J. C., & Goodway, J. D. (2019). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults* (8th ed.). Jones & Bartlett Learning. <https://www.jblearning.com/catalog/productdetails/9781284174946>
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. L. (2012). *Movement Assessment Battery for Children—Second Edition (MABC-2)*. Pearson. Disponible en <https://www.pearsonclinical.co.uk/mabc-2>
- Hurtado-Almonacid, J., Carrasco, C., López, C., & Vásquez, M. (2024). Development of basic motor skills from 3 to 10 years of age: Comparison by sex and age range in Chilean

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- children. *Journal of Human Kinetics*, 92(1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/hukin-2024-0005>
- Latash, M. L., Scholz, J. P., Danion, F., & Schöner, G. (2013). Motor control theories and their applications to posture and movement. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 7, 62. <https://doi.org/10.3389/fncom.2013.00062>
- Latash, M. L., Levin, M. F., Scholz, J. P., & Schöner, G. (2017). What is motor control and how does it work? *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 87. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0298-y>
- Leech, K. A., Roemmich, R. T., & Bastian, A. J. (2022). Advances in human motor learning research: From principles to applications. *Physical Therapy*, 102(1), pzab250. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab250>
- Logan, S. W., Robinson, L. E., Wilson, A. E., & Lucas, W. A. (2012). Getting the fundamentals of movement: A meta-analysis of the effectiveness of motor skill interventions in children. *Child: Care, Health and Development*, 38(3), 305–315. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2011.01307.x>
- Maes, C., Gooijers, J., & Swinnen, S. P. (2024). Motor control across the lifespan: A comprehensive review of neural, cognitive, and biomechanical mechanisms. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 161, 105276. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2024.105276>
- Magill, R. A., & Anderson, D. I. (2021). *Motor learning and control: Concepts and applications* (12th ed.). McGraw-Hill. <https://www.mheducation.com/highered/product/motor-learning-and-control-concepts-and-applications-magill.html>
- Moruzzi, A., & Kauranen, K. (2020). Neuromuscular control and sensorimotor regulation in the acquisition of motor skills: A review. *European Journal of Sport Science*, 20(2), 215–223. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1600584>
- Nagy, L., Kalmar, Z., Kassai, R., & Kiss, M. (2023). Fundamental movement skill assessment tools for children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(19), 6772. <https://doi.org/10.3390/ijerph20196772>

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. En M. G. Wade & H. T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (pp. 341–360). Martinus Nijhoff. https://doi.org/10.1007/978-94-009-4460-2_19
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2019). *Motor learning and performance: From principles to application* (6th ed.). Human Kinetics. <https://canada.humankinetics.com/products/motor-learning-and-performance-6th-edition-with-web-study-guide-loose-leaf-edition>
- Sani, O. G., & Shanechi, M. M. (2021). Motor control: Sensory feedback can give rise to neural rotations. *eLife*, 10, e75469. <https://doi.org/10.7554/eLife.75469>
- Utesch, T., Bardid, F., Büsch, D., & Strauss, B. (2019). The relationship between motor competence and physical fitness from early childhood to early adulthood: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(4), 541–552. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01068-y>
- Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2016). Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(5), 1382–1414. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0999-9>



CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

FISIOLOGÍA DE LAS RESPUESTAS CARDIORESPIRATORIAS AGUDAS Y CRÓNICAS EN ESCOLARES

Resumen

El estudio de la fisiología cardiorrespiratoria en escolares constituye un eje esencial en la formación de educadores físicos, ya que explica los mecanismos que regulan las respuestas agudas y las adaptaciones crónicas del sistema cardiovascular y respiratorio ante el ejercicio. Durante la infancia, el corazón y los pulmones presentan características anatómicas y funcionales particulares que condicionan la forma en que el organismo se adapta al esfuerzo físico. La maduración progresiva del sistema nervioso autónomo y la expansión pulmonar determinan que los niños exhiban una frecuencia cardíaca más elevada y una eficiencia ventilatoria menor que los adultos (Hauser et al., 2023). A nivel fisiológico, las respuestas agudas al ejercicio implican aumentos de la frecuencia cardíaca, la ventilación y el consumo de oxígeno. Con el entrenamiento regular, se desarrollan adaptaciones crónicas que mejoran el volumen sistólico, la capacidad vital y la oxigenación tisular. Estas transformaciones son fundamentales para potenciar la salud y el rendimiento en el contexto educativo (Raghuveer et al., 2020). Desde una perspectiva didáctica, comprender las características del sistema cardiorrespiratorio infantil permite a los docentes diseñar programas que promuevan la salud sin exceder los límites fisiológicos del niño. La educación física escolar, cuando se estructura sobre fundamentos científicos, posibilita la integración de actividades seguras, progresivas y adaptadas al desarrollo (Takken et al., 2023). En el contexto escolar, las pruebas cardiorrespiratorias y la monitorización de la frecuencia cardíaca constituyen herramientas útiles para el seguimiento del progreso y la planificación del esfuerzo. Además, la evaluación del consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca máxima relativa permiten cuantificar de forma más precisa la intensidad del ejercicio en edades tempranas (Mayorga-Vega et al., 2015).

Palabras clave: Educación física escolar; fisiología cardiorrespiratoria; frecuencia cardíaca; adaptación fisiológica; salud infantil.

INTRODUCCIÓN

Todas las actividades que se planifican y ejecutan en las clases de educación física o en el deporte escolar conllevan demandas metabólicas que, aunque sabiendo existen y se manifiestan durante cada sesión de trabajo, en la inmensa mayoría de situaciones pocas veces se usan o se controlan para estimar indicadores de carga de trabajo que conduzcan sanamente a estados de adaptación crónica positivos. Especialmente en la didáctica de la educación física se orientan las actividades en torno de favorecer la participación inclusiva de los niños o adolescentes, ofreciendo espacios de tareas motoras que se puedan ejecutar conforme las capacidades y potencialidades de cada individuo. Caso contrario debe ocurrir cuando las actividades se enmarcan en el contexto del entrenamiento deportivo escolar, en la medida que este va pasando de fases de estimulación o formación inicial hacia etapas de procesos de consolidación o especialización deportiva.

La realidad fáctica muestra que en las etapas de iniciación y formación deportiva se torna difícil, e incluso impráctico el uso o control recurrente de las respuestas cardiorrespiratorias en la ejecución de planes de entrenamiento deportivo, especialmente en deportes colectivos o de conjunto en donde un entrenador se ve enfrentado a grupos numerosos de niños y en muchas ocasiones en condiciones donde se desarrolla la política pública en precariedades de disponer de equipos, asesorías o sin la cualificación adecuada. No obstante, la descripción anterior no resulta óbice para no considerar la necesidad de la incorporación del control y valoración de índole cardiorrespiratorio en procesos de educación física o del deporte escolar, además de empoderar los fundamentos epistémicos en la formación del educador físico de actualidad.

En el presente capítulo abordamos de inicio la caracterización anatómica y funcional del sistema cardiorrespiratorio en el infante y adolescente que hace comprender sus particularidades propias del estado de maduración y desarrollo, lo cual determina la tipicidad de las respuestas agudas y crónicas ante las demandas metabólicas que imprime la realización de ejercicios físicos. A la par de ello, se incorporan analizar el papel del juego hormonal propio de las edades iniciales que permita comprender lo característico de la respuesta del sistema, en especial de un indicador muy propio y factible en procesos clásicos de dirección del educador físico: la frecuencia cardíaca. Un parámetro clásico y de absoluta necesidad de control en escenarios de entrenamiento deportivo escolar y hasta recomendado en contextos de la educación física escolar con fines de salud lo

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

constituye el consumo máximo de oxígeno o la llamada potencia aeróbica, variable pionera e indiscutible que expresa condiciones del estado de la aptitud física, bien sea con fines de entrenamiento deportivo o de salud.

Sobre este parámetro fisiológico en niños, la literatura científica reporta innumerables trabajos realizados desde el siglo pasado, en diversidad de contextos y con una alta gamificación de fines, generando así un amplísimo aporte a la ciencia y de fácil accesibilidad y reproductibilidad. Muchos protocolos validados, directos e indirectos, de laboratorio o de campo, y de fácil manejo y aplicación han surgido de la investigación científica, lo que permite un deber ético sea incorporado dentro de la política pública de la educación física o el deporte de iniciación.

METODOLOGÍA

La presente revisión sistemática se diseñó para analizar críticamente el estado del conocimiento sobre los imaginarios docentes acerca de la diversidad cultural escolar en la literatura académica reciente.

Para garantizar la transparencia, rigurosidad y reproducibilidad del proceso, se aplicaron las directrices metodológicas establecidas por la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009, citado en Duk et al., 2019). La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo durante un periodo definido entre 2015 y 2025, en la base de datos Scopus que es especializada y de alto impacto en el campo objeto de estudio.

Población y Muestra

El proceso de selección se estructuró en cuatro fases siguiendo los principios del diagrama de flujo PRISMA. En la primera fase se realizó una búsqueda avanzada en Scopus con el siguiente motor de búsqueda combinado: (TÍTULO-ABS-KEY (respuestas cardiorrespiratorias) AND TÍTULO-ABS-KEY (niños) AND TÍTULO-ABS-KEY (ejercicio)) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE, "Spanish")) AND (LIMIT-TO (OA, "all")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Cardiorespiratory fitness") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Physiology") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Controlled study")), lo que permitió identificar 330 documentos

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

científicos. En la segunda fase se trabajó únicamente con los estudios de la última década (2015–2025), reduciendo el corpus a 178 documentos. Posteriormente, se filtró por la categoría temática de Medicina (SUBJAREA “MEDI”), conservando 156 documentos, todos ellos clasificados además como artículos científicos originales (DOCTYPE “ar”). En la tercera fase, se limitaron los resultados a los idiomas inglés y español, quedando 120 artículos potencialmente elegibles. En la cuarta fase se seleccionaron aquellos trabajos que, además de cumplir los criterios anteriores, estaban disponibles en acceso abierto (OA) dentro de la categoría de Medicina, obteniéndose 60 documentos, que constituyeron la base documental para el análisis de la fisiología de las respuestas cardiorrespiratorias agudas y crónicas en escolares.

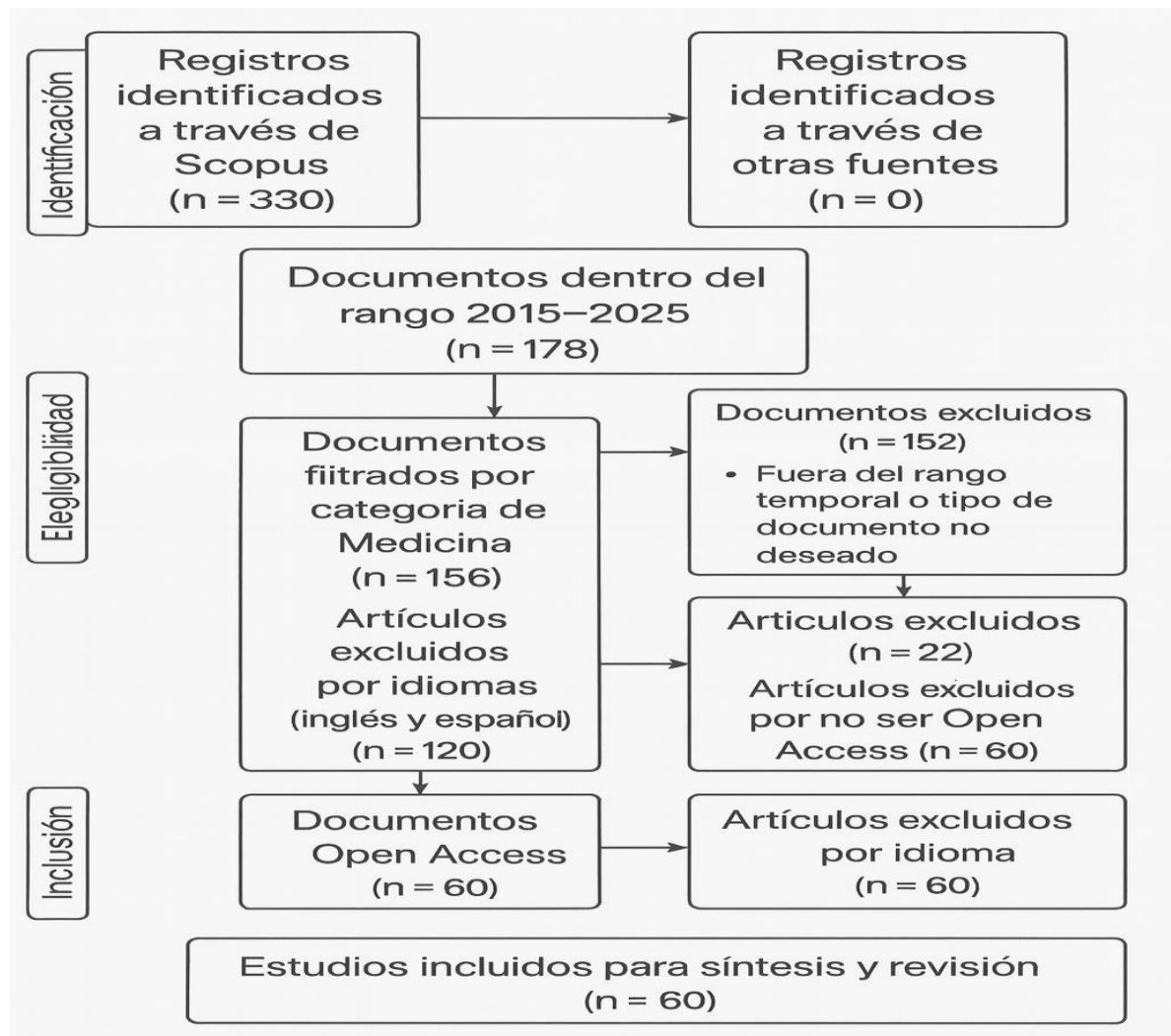


Figura 1. Prisma. Fuente: Scopus 2025

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El proceso de selección se estructuró siguiendo las fases del diagrama de flujo PRISMA:

1. Identificación

- Se recuperaron inicialmente 330 documentos científicos a partir de la ecuación de búsqueda en la base de datos Scopus, combinando los términos respuestas cardiorrespiratorias, niños y ejercicio en los campos de título, resumen y palabras clave, sin restricción inicial de año de publicación.

2. Cribado (screening)

- Se aplicó un primer filtro temporal, seleccionando únicamente los documentos publicados en la última década (2015–2025), lo que redujo el corpus a 178 documentos científicos.
- Posteriormente se filtraron los documentos pertenecientes al área de Medicina (SUBJAREA "MEDI") y al tipo de documento artículo científico original (DOCTYPE "ar"), quedando 156 documentos y excluyendo aquellos que no correspondían a esta categoría temática o tipo de publicación.

3. Elegibilidad

- De esos 156 documentos, se mantuvieron únicamente los textos publicados en inglés y español, lo que redujo la muestra a 120 artículos potencialmente elegibles tras la lectura de título y resumen.
- Dentro de este conjunto se verificó la pertinencia temática a través de las palabras clave exactas “Cardiorespiratory fitness”, “Physiology” y “Controlled study”, garantizando que los estudios abordaran de manera directa la fisiología de las respuestas cardiorrespiratorias al ejercicio en población infantil.

4. Inclusión

- Se seleccionaron aquellos trabajos que, además de cumplir los criterios anteriores, estaban disponibles en acceso abierto (Open Access) y presentaban información suficiente sobre respuestas agudas y/o adaptaciones crónicas al ejercicio en

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

escolares, obteniéndose 60 documentos, que constituyeron la muestra final para la síntesis y revisión del capítulo.

Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante una síntesis temática y categorial de corte deductivo–inductivo, orientada a integrar la evidencia disponible sobre la fisiología de las respuestas cardiorrespiratorias agudas y crónicas en escolares.

- Codificación deductiva:

Se partió de categorías conceptuales definidas previamente en el marco teórico, tales como:

- tipo de respuesta cardiorrespiratoria (aguda vs. crónica);
- variables fisiológicas analizadas (frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, ventilación pulmonar, presión arterial, etc.);
- características del ejercicio (tipo de actividad, intensidad, duración, frecuencia semanal);
- contexto de intervención (educación física escolar, programas extracurriculares, entrenamiento estructurado);
- diseño metodológico (estudio controlado, cuasiexperimental, observacional).

- Codificación inductiva:

A partir de la lectura profunda de los artículos se identificaron categorías emergentes y patrones recurrentes, tales como:

- diferencias en las respuestas cardiorrespiratorias según sexo, edad o nivel de condición física;
- efectos de distintos modelos de clase o programa (por ejemplo, sesiones intermitentes de alta intensidad vs. ejercicio continuo moderado);
- barreras y facilitadores para la implementación de programas cardiorrespiratorios en el ámbito escolar;

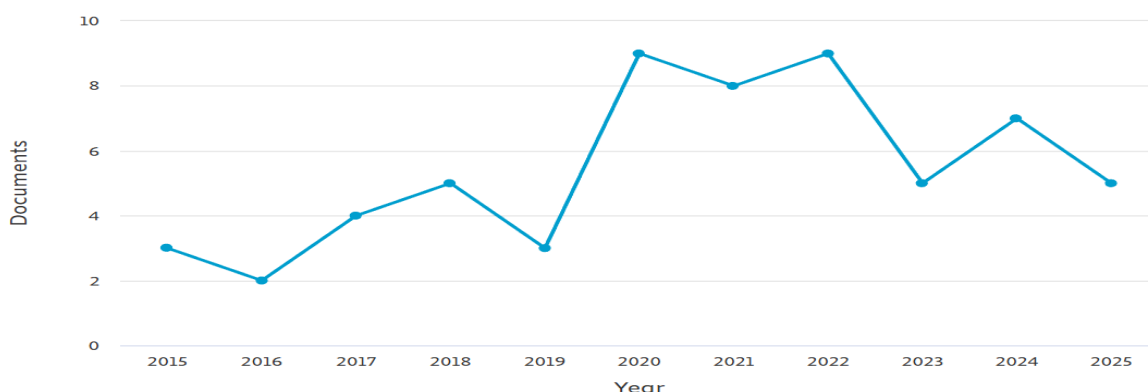
Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- implicaciones para la prescripción segura del ejercicio en niños con sobrepeso, asma u otras condiciones de salud.
- **Análisis crítico e interpretativo:**
Se compararon los resultados fisiológicos reportados en los diferentes estudios, considerando la calidad metodológica, el tamaño muestral y el control de variables como la intensidad del ejercicio o el estado madurativo. Este contraste permitió identificar tendencias consistentes en las respuestas agudas (cambios inmediatos durante y después de la sesión de ejercicio) y en las adaptaciones crónicas (mejoras en la aptitud cardiorrespiratoria tras varias semanas o meses de intervención), así como las implicaciones prácticas para el diseño de clases de educación física orientadas a mejorar la salud cardiorrespiratoria de los escolares.

Este enfoque metodológico permitió una comprensión profunda y sistemática de cómo el ejercicio realizado en el contexto escolar influye en la fisiología cardiorrespiratoria de niños y niñas, ofreciendo bases sólidas para la planificación didáctica y la prescripción del ejercicio en educadores físicos.

RESULTADOS

Gráfico 1. Documentos por año sobre respuestas cardiorrespiratorias en escolares (2015–2025).



Fuente: Scopus 2025.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

En el gráfico 1 se observa la distribución temporal de los 60 artículos seleccionados para el capítulo 3. Entre 2015 y 2019 la producción se mantiene en niveles relativamente bajos y fluctuantes: 3 documentos en 2015, 2 en 2016, 4 en 2017, 5 en 2018 y nuevamente 3 en 2019. Este comportamiento sugiere una fase inicial de desarrollo del tema, en la que aparecen estudios aislados sobre respuestas cardiorrespiratorias al ejercicio en niños, pero aún sin consolidar una línea de investigación continua y fuerte en la literatura.

A partir de 2020 se observa un cambio claro en la tendencia. Ese año el número de publicaciones se incrementa hasta 9 documentos, seguida de 8 en 2021 y de nuevo 9 en 2022, configurando el periodo de mayor productividad dentro de la década analizada. Es probable que este aumento esté relacionado con el interés creciente por la condición cardiorrespiratoria y la salud infantil, así como por la necesidad de generar evidencia sobre los efectos del ejercicio estructurado en la población escolar. En los años más recientes la producción se estabiliza en valores intermedios: 5 documentos en 2023, 7 en 2024 y 5 en 2025, manteniendo un nivel claramente superior al de la primera mitad del periodo.

En conjunto, el gráfico muestra una tendencia general ascendente, con un pico de publicaciones entre 2020 y 2022 y una estabilización posterior en torno a cinco a siete artículos por año. Esto indica que el estudio de la fisiología de las respuestas cardiorrespiratorias agudas y crónicas en escolares se ha consolidado como un campo de interés sostenido en la última década, aportando una base científica robusta para fundamentar las decisiones de los educadores físicos en la planificación del ejercicio y de las clases de educación física orientadas a la salud.

El gráfico muestra cómo se distribuyen, a lo largo del tiempo, los artículos incluidos en el capítulo 3 según la revista en la que fueron publicados. Se observa que el *International Journal of Environmental Research and Public Health* es la fuente más constante: aporta un artículo ya en 2015 y vuelve a aparecer en 2019 y 2020, con un pico en 2021 (dos documentos) y una nueva publicación en 2022. Esto indica que esta revista se ha consolidado como uno de los principales canales de difusión de estudios sobre respuestas cardiorrespiratorias al ejercicio en población infantil, especialmente en los años de mayor productividad global del periodo.

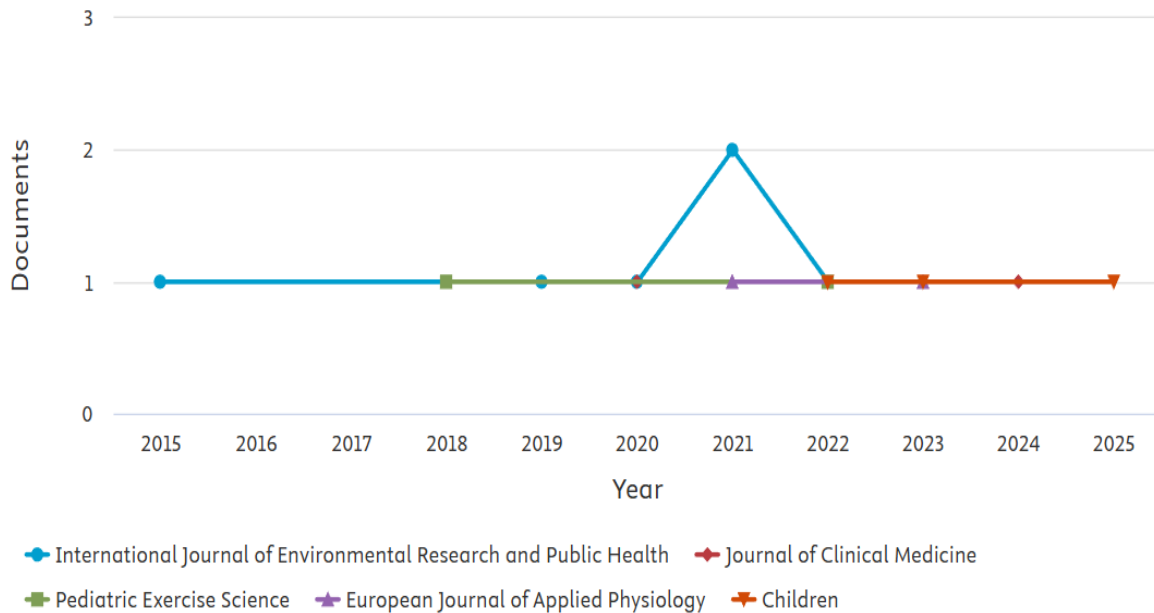
Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 2. Documentos por año según la fuente de publicación.

Documents per year by source

Compare el número de documentos de hasta 10 fuentes.

[Compare fuentes y vea datos de CiteScore, SJR y SNIP](#)



Fuente: Scopus 2025.

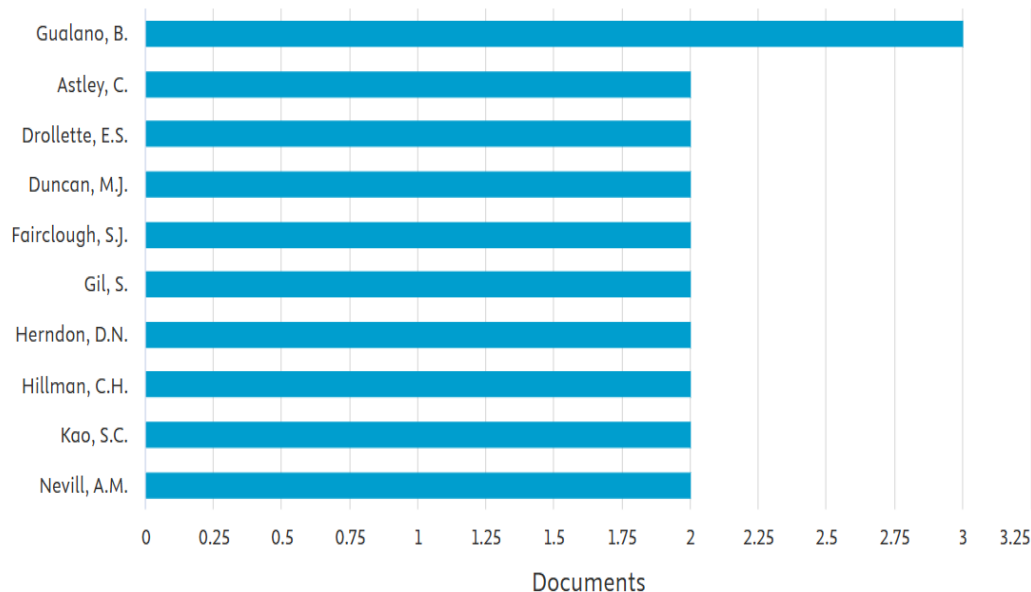
El resto de las revistas contribuye de manera más puntual: *Pediatric Exercise Science* publica trabajos en años concretos (por ejemplo 2018 y 2022), mientras que *European Journal of Applied Physiology* lo hace en 2021 y 2023. Por su parte, *Journal of Clinical Medicine* y *Children* comienzan a aparecer en los años más recientes (desde 2022 en adelante), con un artículo por año. En conjunto, el gráfico refleja una producción relativamente distribuida entre distintas revistas especializadas en salud pública, ejercicio pediátrico, fisiología aplicada y medicina clínica, pero con un rol claramente destacado del *International Journal of Environmental Research and Public Health* como fuente recurrente. Esto sugiere que la temática de las respuestas cardiorrespiratorias en escolares se aborda desde diversos enfoques disciplinares, aunque se concentra especialmente en revistas que articulan ejercicio físico, salud y contexto ambiental.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 3. Documentos por autor sobre respuestas cardiorrespiratorias en escolares.

Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors.



Fuente: Scopus 2025.

El gráfico 3 muestra la distribución de los documentos incluidos en el capítulo 3 según los autores con mayor productividad. Se observa que Gualano, B. es el investigador que más aporta a la temática, con 3 documentos dentro del corpus analizado. Esto sugiere que mantiene una línea de trabajo relativamente consolidada en torno a la fisiología del ejercicio y la aptitud cardiorrespiratoria en población pediátrica, convirtiéndose en uno de los referentes más visibles en este campo específico.

El resto de los autores representados (Astley, C.; Drollette, E.S.; Duncan, M.J.; Fairclough, S.J.; Gil, S.; Herndon, D.N.; Hillman, C.H.; Kao, S.C.; Nevill, A.M.) contribuyen con 2 documentos cada uno. Este patrón indica una productividad moderada pero constante, distribuida entre varios grupos de investigación. La presencia de múltiples autores con una producción similar y sin un dominio marcado de uno solo, refuerza la idea de que el estudio de las respuestas cardiorrespiratorias al ejercicio en escolares es un campo compartido por diversos equipos de trabajo, más que por una única “escuela” o figura dominante. Al mismo tiempo, la repetición de

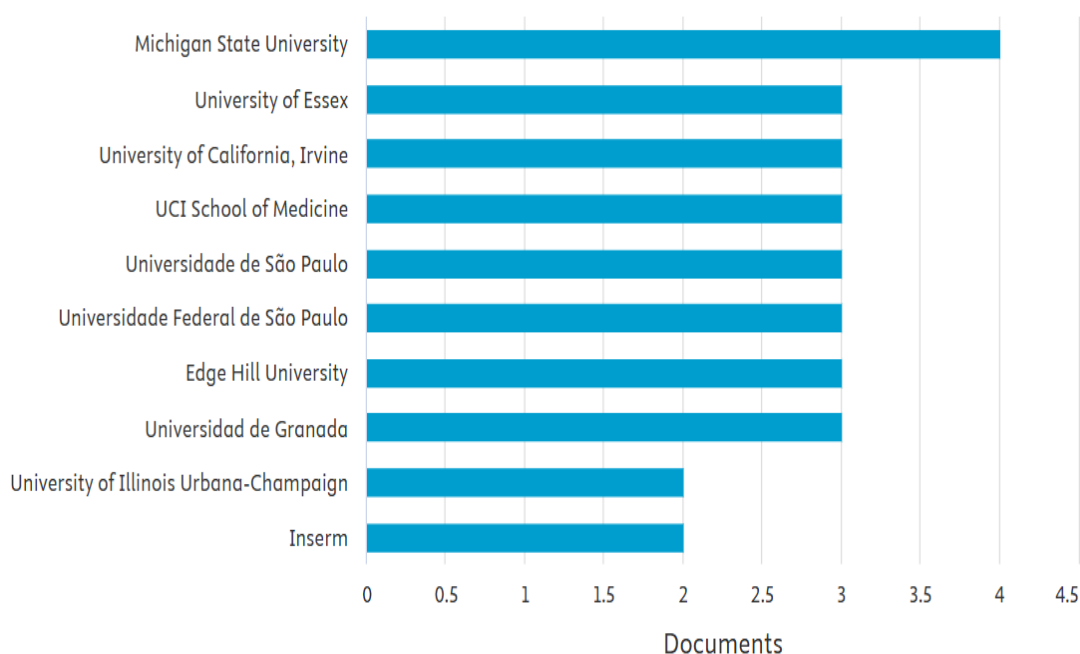
Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

estos nombres en la literatura señala posibles redes de colaboración y núcleos de investigación a los que los educadores físicos pueden acudir como referentes para profundizar en la evidencia disponible.

Gráfico 4. Documentos por afiliación institucional sobre respuestas cardiorrespiratorias en escolares.

Documents by affiliation

Compare the document counts for up to 15 affiliations.



Fuente: Scopus 2025.

El gráfico 4 muestra las instituciones con mayor número de documentos dentro del corpus analizado. La Michigan State University encabeza la lista con 4 publicaciones, lo que indica la presencia de un grupo de investigación particularmente activo en el estudio de las respuestas cardiorrespiratorias al ejercicio en población infantil. En segundo nivel aparecen varias instituciones con 3 documentos: University of Essex, University of California Irvine (junto con su School of Medicine), Universidade de São Paulo, Universidade Federal de São Paulo, Edge Hill

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

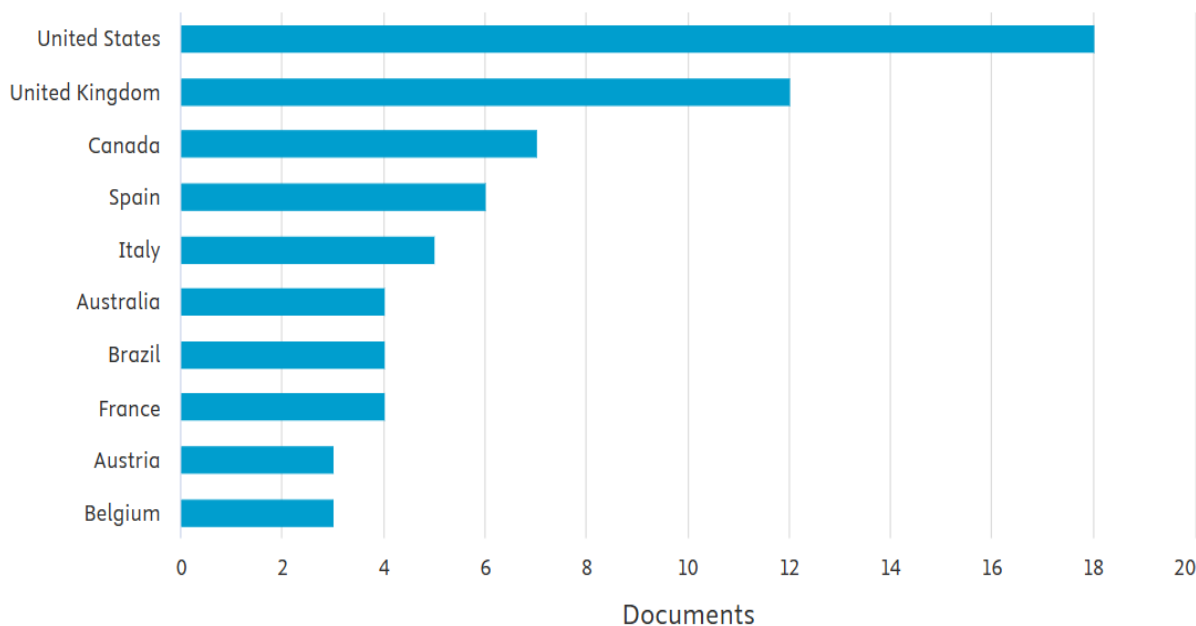
University y Universidad de Granada. La University of Illinois Urbana-Champaign e Inserm aportan 2 documentos cada una.

Este patrón sugiere una concentración de la producción en algunos núcleos universitarios de Estados Unidos, Reino Unido, Brasil y España, con participación adicional de centros de investigación biomédica como Inserm (Francia). Llama la atención la presencia simultánea de “University of California, Irvine” y “UCI School of Medicine”, lo que probablemente refleja distintos departamentos de una misma institución trabajando sobre la misma temática. En conjunto, el gráfico evidencia que la investigación sobre fisiología cardiorrespiratoria en escolares se desarrolla principalmente en universidades con fuerte tradición en ciencias del ejercicio y salud pública, y que existe una red de instituciones que sostienen de forma continua esta línea de trabajo, ofreciendo un respaldo sólido a las conclusiones que se presentan en el capítulo.

Gráfico 5. Documentos por país o territorio sobre respuestas cardiorrespiratorias en escolares.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Fuente: Scopus 2025.

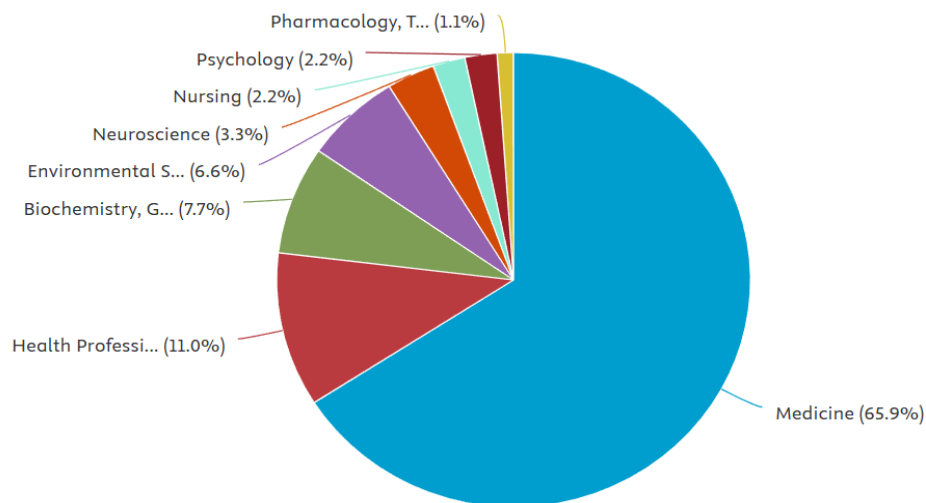
Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El gráfico muestra la distribución geográfica de los estudios incluidos en el capítulo 3. Se observa un claro liderazgo de Estados Unidos, con 18 documentos, seguido por el Reino Unido con 12. Juntos concentran prácticamente la mitad de toda la producción analizada, lo que indica que la mayor parte de la evidencia sobre fisiología cardiorrespiratoria en escolares proviene de contextos anglosajones y de sistemas educativos de países de altos ingresos.

En un segundo nivel aparecen Canadá (7 documentos) y España (6), seguidos de Italia (5), mientras que Australia, Brasil y Francia aportan 4 estudios cada uno y Austria y Bélgica contribuyen con 3. Este patrón revela que la investigación está fuertemente concentrada en América del Norte y Europa occidental, con una presencia relevante pero aún menor de países latinoamericanos como Brasil. Desde la perspectiva de la monografía, este mapa geográfico sugiere que los hallazgos disponibles responden sobre todo a realidades escolares de países desarrollados; por tanto, al interpretarlos para contextos como el colombiano, es necesario considerar posibles diferencias en recursos, currículos de educación física y condiciones de práctica del ejercicio en la población escolar.

Gráfico 6. Documentos por área temática.

Documents by subject area



Fuente: Scopus 2025.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El gráfico muestra que la mayoría de los estudios sobre respuestas cardiorrespiratorias en escolares se clasifican en el área de Medicina, que concentra el 65,9 % de los documentos. Esto indica que la temática se ha abordado principalmente desde una perspectiva biomédica, interesada en describir y explicar los efectos del ejercicio sobre parámetros fisiológicos como la frecuencia cardíaca, el consumo de oxígeno o la ventilación pulmonar. En segundo lugar aparece el área de Health Professions (11 %), donde se agrupan trabajos que vinculan estas respuestas con la formación y actuación de profesionales de la salud y de la actividad física, destacando implicaciones para la prescripción del ejercicio y la promoción de estilos de vida activos en la infancia.

Otras áreas con participación relevante son Bioquímica, Genética y Biología Molecular (7,7 %) y Environmental Science (6,6 %), lo que sugiere el interés por estudiar tanto los mecanismos biológicos más finos implicados en la adaptación cardiorrespiratoria como la influencia de factores ambientales (contaminación, contextos urbanos o escolares, entre otros). La presencia de Neuroscience (3,3 %), Nursing (2,2 %), Psychology (2,2 %) y Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics (1,1 %) completa un panorama claramente multidisciplinar, donde se integran enfoques que van desde la neurofisiología y el cuidado clínico hasta los aspectos psicológicos y farmacológicos relacionados con la práctica de ejercicio en niños. En conjunto, el gráfico refuerza que el estudio de las respuestas cardiorrespiratorias en escolares se sitúa en la intersección de diversas áreas de la salud, lo cual enriquece las bases científicas disponibles para la intervención de los educadores físicos.

Características básicas del sistema cardiorrespiratorio en la infancia

El sistema cardiorrespiratorio infantil se encuentra en un proceso constante de crecimiento y maduración, lo cual influye directamente en su funcionamiento durante la actividad física. El corazón de un niño presenta un menor volumen sistólico y una frecuencia cardíaca más elevada que el de un adulto, lo que permite mantener un gasto cardíaco proporcional a su tamaño corporal (Hauser et al., 2023). En paralelo, los pulmones poseen menor capacidad vital y menor eficiencia en el intercambio gaseoso, haciendo que el costo relativo del ejercicio sea más alto.

La maduración del sistema nervioso autónomo es otro factor determinante. En los primeros años, predomina la actividad simpática, lo que explica las mayores frecuencias cardíacas

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

en reposo. Con el crecimiento y la práctica regular de ejercicio, aumenta la modulación parasimpática y mejora la variabilidad de la frecuencia cardíaca, indicador de una mejor regulación cardiovascular (Catai et al., 2020).

Asimismo, las características hematológicas de los niños —como un volumen sanguíneo y una concentración de hemoglobina menores— limitan la capacidad de transporte de oxígeno a los músculos activos. Sin embargo, esta restricción se compensa parcialmente mediante una frecuencia cardíaca más elevada y una ventilación más intensa durante el esfuerzo físico (Raghuveer et al., 2020).

La práctica sistemática de actividad física contribuye a mejorar la eficiencia ventilatoria y la coordinación respiratoria. A través de tareas que estimulen la respiración rítmica y controlada, los educadores físicos pueden promover una mejor oxigenación y fortalecer los músculos respiratorios, optimizando la capacidad aeróbica escolar (Järvamägi et al., 2022).

En consecuencia, el sistema cardiorrespiratorio en la infancia debe ser comprendido como una estructura adaptable y en desarrollo, donde el ejercicio cumple un papel esencial como agente de maduración funcional. Este conocimiento permite establecer límites seguros en la práctica y adaptar los contenidos curriculares a las necesidades fisiológicas reales de los niños.

La respuesta cardiorrespiratoria al ejercicio en niños

La respuesta inmediata al ejercicio en los niños se caracteriza por un incremento rápido de la frecuencia cardíaca y del volumen minuto ventilatorio. Debido al menor tamaño cardíaco y a la limitada capacidad de llenado ventricular, los niños dependen más del aumento de la frecuencia cardíaca para mantener el gasto cardíaco adecuado (Takken et al., 2023). Esta respuesta es más pronunciada en actividades intermitentes o de alta intensidad, comunes en las clases de educación física.

Durante el ejercicio dinámico, la ventilación alveolar se incrementa notablemente. Sin embargo, los escolares presentan una menor eficiencia ventilatoria y una mayor ventilación por litro de oxígeno consumido. Ello refleja una mayor dependencia del metabolismo aeróbico y una cinética del VO_2 más rápida, aunque con un costo energético relativo más alto (Hauser et al., 2023).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

La frecuencia cardíaca máxima en los niños tiende a ser más elevada (alrededor de 200 latidos por minuto), pero su recuperación también es más veloz tras el cese del esfuerzo. Esta característica se asocia a un sistema autónomo más reactivo y a un mayor predominio parasimpático en la fase de recuperación (Catai et al., 2020). Estas adaptaciones permiten al docente estructurar sesiones que alternen trabajo y descanso sin comprometer la salud cardiorrespiratoria.

La intensidad del ejercicio en la educación física escolar puede controlarse de manera indirecta mediante la frecuencia cardíaca relativa o la percepción subjetiva del esfuerzo. El uso pedagógico de estas herramientas fomenta el aprendizaje autorregulado del cuerpo y favorece la comprensión del esfuerzo físico como experiencia formativa (Ekelund et al., 2001). Los programas de ejercicio en edad escolar deben priorizar el trabajo aeróbico moderado y la variabilidad de las tareas, evitando sobrecargas anaeróbicas prolongadas. Esto garantiza un desarrollo equilibrado del sistema cardiorrespiratorio y la consolidación de hábitos motores saludables, pilares de la alfabetización motriz y la salud escolar (Raghuveer et al., 2020).

Hormonas y respuesta cardiorrespiratoria al ejercicio en niños

El ejercicio físico en la infancia provoca una serie de respuestas hormonales que cumplen funciones esenciales en la regulación del metabolismo y del sistema cardiorrespiratorio. Durante el esfuerzo, se incrementa la secreción de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina), hormona del crecimiento (GH) y cortisol, aunque en magnitudes diferentes a las observadas en los adultos (de Souza et al., 2021). Estas hormonas estimulan la frecuencia cardíaca, la contractilidad miocárdica y la movilización de sustratos energéticos, garantizando el aporte adecuado de oxígeno y energía a los tejidos activos.

Las catecolaminas son responsables del aumento agudo del gasto cardíaco y del flujo sanguíneo muscular durante la actividad física. En los niños, las concentraciones plasmáticas de adrenalina suelen ser menores, pero su sensibilidad adrenérgica es más alta, lo que les permite una respuesta cardiovascular rápida y eficaz ante el esfuerzo (Eliakim & Nemet, 2013). Este equilibrio explica por qué los escolares toleran mejor los ejercicios intermitentes que los esfuerzos prolongados de alta intensidad.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

La hormona del crecimiento desempeña un papel importante en la síntesis proteica, el metabolismo de grasas y la adaptación cardiorrespiratoria al entrenamiento. En la etapa prepuberal, los picos de GH durante el ejercicio son menores, pero aumentan progresivamente con la edad y el desarrollo sexual, contribuyendo al crecimiento del miocardio y la masa pulmonar funcional (Nemet & Eliakim, 2020). Por ello, la práctica regular de actividad física en la infancia favorece el equilibrio entre maduración endocrina y desarrollo fisiológico.

Por su parte, el cortisol actúa como hormona moduladora del metabolismo energético y del estrés fisiológico. En escolares activos, los incrementos de cortisol inducidos por el ejercicio son transitorios y se asocian con un mejor control inflamatorio y metabólico (de Souza et al., 2021). Estos efectos demuestran que el entrenamiento físico, dentro de márgenes adecuados de volumen e intensidad, no interfiere con el crecimiento infantil, sino que potencia la resiliencia orgánica.

En conjunto, la respuesta hormonal al ejercicio en niños refleja una interacción compleja entre los sistemas endocrino y cardiorrespiratorio. Su conocimiento permite a los educadores físicos planificar sesiones que estimulen adaptaciones positivas, evitando cargas excesivas y fortaleciendo el desarrollo saludable del sistema cardiovascular infantil (Raghuveer et al., 2020).

El control de la frecuencia cardíaca en niños: ¿es funcional?

El control de la frecuencia cardíaca (FC) en los niños depende principalmente de la maduración del sistema nervioso autónomo. Durante los primeros años predomina la actividad simpática, responsable de la elevada FC basal, mientras que el tono parasimpático aumenta progresivamente con la edad, mejorando la regulación del ritmo cardíaco (Catai et al., 2020). Esta evolución es un marcador del desarrollo fisiológico y refleja la creciente eficiencia del sistema cardiorrespiratorio.

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) constituye un indicador clave de la modulación autonómica y del equilibrio entre los componentes simpático y parasimpático. En escolares físicamente activos, la VFC suele ser mayor, reflejando un sistema cardiovascular más adaptable y resiliente (Catai et al., 2020). Su análisis en entornos educativos permite al docente evaluar el nivel de recuperación y el impacto del ejercicio sobre la regulación cardíaca.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Durante el ejercicio, la FC aumenta proporcionalmente a la carga externa y a la intensidad percibida. Sin embargo, los valores absolutos en niños no deben equipararse con los de adultos; se recomienda utilizar porcentajes relativos a la FC máxima o al VO_2pico para estimar la intensidad real (Ekelund et al., 2001). Esta metodología garantiza una prescripción del esfuerzo más individualizada y segura dentro del contexto escolar.

El uso de pulsómetros o monitores de FC en educación física facilita la autorregulación del esfuerzo y la enseñanza de hábitos de autocuidado cardiovascular. Mediante estos dispositivos, los niños aprenden a reconocer su propio nivel de esfuerzo y a vincularlo con sensaciones corporales, fortaleciendo la educación somática y la conciencia corporal (Mayorga-Vega et al., 2015).

En síntesis, el control funcional de la frecuencia cardíaca en escolares es una herramienta valiosa tanto en el ámbito fisiológico como en el pedagógico. Su aplicación permite ajustar las cargas de trabajo, optimizar la recuperación y promover una educación física basada en la autoconciencia y la salud integral (Hauser et al., 2023).

La respuesta adaptativa del sistema cardiorrespiratorio al ejercicio en niños

El entrenamiento físico regular genera adaptaciones morfofuncionales que mejoran la capacidad cardiorrespiratoria en la infancia. A nivel central, se observa un aumento del tamaño del ventrículo izquierdo, del volumen sistólico y del llenado diastólico, junto con una disminución progresiva de la frecuencia cardíaca de reposo (Hauser et al., 2023). Estas modificaciones indican una mayor eficiencia cardíaca y una mejor capacidad para sostener actividades aeróbicas prolongadas.

En el plano periférico, la práctica sistemática de actividad física incrementa la densidad capilar, la biogénesis mitocondrial y la capacidad oxidativa del músculo esquelético. Estos cambios potencian la extracción y utilización de oxígeno, mejorando la economía energética del movimiento (Järvamägi et al., 2022). Dichas adaptaciones resultan esenciales en programas de educación física orientados a desarrollar la resistencia aeróbica y la salud cardiovascular.

Las adaptaciones ventilatorias incluyen una mayor capacidad vital, una reducción de la ventilación por litro de oxígeno consumido y una mejor coordinación respiratoria. Estos ajustes,

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

combinados con la maduración pulmonar, favorecen una ventilación más eficiente y una mejor tolerancia al ejercicio (Takken et al., 2023). La educación física puede reforzar estas mejoras mediante ejercicios rítmicos de respiración y actividades de control ventilatorio.

En el ámbito metabólico, el ejercicio regular promueve la sensibilidad a la insulina, incrementa las reservas de glucógeno y mejora el perfil lipídico, reduciendo el riesgo de alteraciones metabólicas desde la niñez (de Souza et al., 2021). Estas adaptaciones contribuyen a establecer una base fisiológica saludable que se proyecta a la vida adulta.

En conjunto, las adaptaciones cardiorrespiratorias derivadas de la práctica regular confirman el valor de la educación física como estrategia de salud pública. Al estimular cambios positivos en el corazón, los pulmones y los músculos, el ejercicio escolar se convierte en un medio para fortalecer la capacidad funcional, la autonomía y la calidad de vida de los niños (Raghuveer et al., 2020).

La evaluación cardiovascular en educación física

La evaluación cardiovascular en el contexto escolar cumple una función formativa y preventiva, ya que permite estimar el estado de salud y la capacidad funcional de los estudiantes. Las pruebas de campo, como el test de Course-Navette o 20 metros de ida y vuelta, son ampliamente utilizadas para valorar la aptitud cardiorrespiratoria (Mayorga-Vega et al., 2015). Su aplicación periódica posibilita monitorear los progresos en la resistencia aeróbica y ajustar las cargas de trabajo en función de los resultados.

Además de las pruebas de campo, la frecuencia cardíaca (FC) constituye un parámetro útil para la evaluación no invasiva de la respuesta cardiovascular. El registro de la FC en reposo, durante el ejercicio y en la recuperación ofrece información sobre la eficiencia del sistema cardiorrespiratorio y la adaptación al esfuerzo (Takken et al., 2023). En la educación física, estas mediciones pueden incorporarse mediante recursos tecnológicos simples, como relojes con sensor de pulso o aplicaciones móviles.

La interpretación pedagógica de la evaluación cardiovascular implica enseñar a los estudiantes a conocer y regular su propio esfuerzo. Este enfoque favorece la alfabetización fisiológica y la conciencia corporal, permitiendo que el alumnado comprenda los efectos del

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

ejercicio sobre su corazón y su respiración (Raghuveer et al., 2020). De esta manera, la evaluación se convierte en una herramienta educativa más que competitiva.

En los programas de formación docente, se recomienda incluir contenidos relacionados con la fisiología del ejercicio y el control de las variables cardíacas. Los futuros educadores físicos deben dominar la lectura de datos fisiológicos y su relación con los objetivos curriculares, garantizando intervenciones seguras y adaptadas a cada etapa del desarrollo infantil (Hauser et al., 2023).

En conclusión, la evaluación cardiovascular en educación física no solo permite determinar el nivel de condición física de los escolares, sino que promueve la educación para la salud, la autorregulación del esfuerzo y la prevención de riesgos, pilares fundamentales en la enseñanza contemporánea del movimiento humano.

El consumo de oxígeno en niños

El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) constituye uno de los principales indicadores de la capacidad aeróbica y del rendimiento cardiorrespiratorio. En los niños, el $VO_{2\text{máx}}$ absoluto es inferior al de los adultos debido a su menor masa muscular y volumen cardíaco; sin embargo, cuando se expresa en relación con el peso corporal, las diferencias se reducen significativamente (Hauser et al., 2023). Este parámetro refleja la eficiencia del transporte y utilización del oxígeno en el organismo durante el esfuerzo físico.

Las investigaciones demuestran que la práctica regular de ejercicio en la infancia aumenta la capacidad oxidativa mitocondrial, la densidad capilar y la función pulmonar, generando una mejora progresiva del $VO_{2\text{máx}}$ (Järvamägi et al., 2022). Estas adaptaciones dependen tanto del tipo de actividad como de la frecuencia semanal, siendo más evidentes en programas de entrenamiento aeróbico estructurado.

Las pruebas indirectas de campo, como el test de 20 metros o el test de Léger, permiten estimar el $VO_{2\text{máx}}$ a partir de la relación entre la velocidad final alcanzada y la frecuencia cardíaca (Mayorga-Vega et al., 2015). En contextos escolares, su aplicación facilita el seguimiento del desarrollo aeróbico sin necesidad de equipamiento especializado.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

La mejora del $\text{VO}_2\text{máx}$ en escolares tiene implicaciones más allá del rendimiento físico: está asociada con un mejor perfil metabólico, menor adiposidad y menor riesgo de enfermedades cardiovasculares futuras (Raghuveer et al., 2020). Por tanto, el desarrollo de la resistencia aeróbica debe considerarse una meta prioritaria dentro de los currículos de educación física.

En síntesis, la evaluación y estimación del consumo de oxígeno en niños constituye una herramienta esencial para comprender el estado de la función cardiorrespiratoria y planificar estrategias pedagógicas orientadas a promover la salud, el bienestar y la participación en la actividad física escolar.

El control de la frecuencia cardíaca en el entrenamiento deportivo escolar

El control de la frecuencia cardíaca (FC) es un componente clave del entrenamiento deportivo escolar, pues permite regular la intensidad del esfuerzo y prevenir la fatiga. La FC guarda una relación casi lineal con el consumo de oxígeno, por lo que su monitoreo facilita estimar la carga interna del ejercicio sin necesidad de equipos complejos (Ekelund et al., 2001).

En escolares, la FC máxima suele situarse en torno a los 200 latidos por minuto, y su cálculo orientativo puede obtenerse con la fórmula $208 - (0.7 \times \text{edad})$. A partir de este valor, los educadores físicos pueden establecer zonas de entrenamiento —por ejemplo, entre el 60 % y 80 % de la FCmáx — que promuevan adaptaciones aeróbicas seguras (Catai et al., 2020).

El seguimiento de la FC durante las clases o entrenamientos permite evaluar la respuesta cardiovascular en tiempo real. Con tecnologías accesibles como bandas de pecho o relojes inteligentes, los estudiantes pueden observar cómo su ritmo cardíaco varía con la intensidad y la recuperación, fortaleciendo la autoevaluación y la educación corporal (Takken et al., 2023).

La planificación basada en la FC también favorece la inclusión, ya que permite ajustar la carga según las capacidades individuales. Los niños con menor nivel de condición física pueden entrenar en zonas más bajas sin quedar excluidos, fomentando la participación y la equidad educativa (Hauser et al., 2023). En definitiva, el control de la frecuencia cardíaca en el entrenamiento escolar contribuye a desarrollar la conciencia corporal, optimizar el rendimiento cardiorrespiratorio y consolidar hábitos de salud duraderos desde edades tempranas.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Protocolos para el control cardiorrespiratorio del ejercicio en niños

Los protocolos para la evaluación y control del sistema cardiorrespiratorio en niños deben ser seguros, progresivos y acordes con las características fisiológicas de la edad. Las pruebas de esfuerzo submáximas son preferibles, ya que reducen el riesgo de fatiga excesiva o eventos adversos (Takken et al., 2023). Estas pruebas permiten obtener información sobre la respuesta cardiovascular sin exigir niveles de ejercicio máximos.

Entre los métodos más utilizados se encuentran el test de Course-Navette, el test de 6 minutos de caminata y las mediciones de la FC de recuperación. Estos instrumentos permiten evaluar la aptitud aeróbica y la capacidad funcional del sistema cardiorrespiratorio en contextos educativos (Mayorga-Vega et al., 2015).

La utilización de protocolos validados facilita la comparación de resultados entre poblaciones escolares y la identificación temprana de deficiencias o riesgos cardiovasculares (Raghuveer et al., 2020). Asimismo, su implementación promueve la educación basada en evidencia y la toma de decisiones pedagógicas fundamentadas. En la práctica escolar, los protocolos de control deben adaptarse al nivel de desarrollo motor, la madurez fisiológica y la motivación de los estudiantes. Las tareas lúdicas o gamificadas que incluyan monitoreo de FC o tiempos de ejecución pueden hacer más atractiva la evaluación fisiológica (Järvamägi et al., 2022).

Por último, los educadores físicos deben recibir formación continua en el manejo de protocolos cardiorrespiratorios, interpretando los resultados de forma integral y orientándolos hacia la promoción de estilos de vida activos y saludables en la población infantil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Catai, A. M., Pastre, C. M., Godoy, M. F., Silva, E. D., Takahashi, A. C. M., & Vanderlei, L. C. M. (2020). *Heart rate variability: Are you using it properly? Standardisation checklist of procedures*. *Frontiers in Physiology*, 11, 140. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00140>
- Ekelund, U., Poortvliet, E., Nilsson, A., et al. (2001). *Heart rate as an indicator of the intensity of physical activity in adolescents*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 855–861. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11560077/>
- Hauser, C., Henckel, R., & Kiechl, S. (2023). *Cardiorespiratory fitness and development of BMI, blood pressure and vascular health during childhood*. *Frontiers in Physiology*, 14, 1243434. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1243434>
- Järavamägi, M., Riso, E.-M., Reisberg, K., & Jürimäe, J. (2022). *Development of cardiorespiratory fitness in children in the transition from kindergarten to basic school according to participation in organized sports*. *Frontiers in Physiology*, 13, 881364. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.881364>
- Mayorga-Vega, D., Aguilar-Soto, P., & Viciano, J. (2015). *Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: A meta-analysis*. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(3), 536–547. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4541117/>
- Raghuveer, G., Hartz, J., Lubans, D. R., Takken, T., Wiltz, J. L., Mietus-Snyder, M., ... & American Heart Association. (2020). *Cardiorespiratory fitness in youth: An important marker of health*. *Circulation*, 142(7), e101–e118. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000866>
- Takken, T., Bongers, B. C., van Brussel, M., et al. (2023). *Practical aspects of cardiopulmonary exercise testing in pediatrics*. *Pediatric Exercise Science*, 35(4), 307–320. <https://doi.org/10.1123/pes.2023-0019>
- Catai, A. M., Pastre, C. M., Godoy, M. F., Silva, E. D., Takahashi, A. C. M., & Vanderlei, L. C. M. (2020). *Heart rate variability: Are you using it properly? Standardisation checklist of procedures*. *Frontiers in Physiology*, 11, 140. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00140>
- de Souza, G. G., Rodrigues, A. L., Silva, S. G., & Carvalho, T. (2021). *Endocrine responses to exercise and training in children and adolescents*. *Pediatric Exercise Science*, 33(3), 138–149. <https://doi.org/10.1123/pes.2020-0190>
- Ekelund, U., Poortvliet, E., Nilsson, A., et al. (2001). *Heart rate as an indicator of the intensity of physical activity in adolescents*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 855–861. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11560077/>
- Eliakim, A., & Nemet, D. (2013). *Exercise training, physical fitness and the growth hormone–insulin-like growth factor-1 axis in children and adolescents*. *Pediatric Endocrinology Reviews*, 10(1), 75–80. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23314554/>

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- Hauser, C., Henckel, R., & Kiechl, S. (2023). *Cardiorespiratory fitness and development of BMI, blood pressure and vascular health during childhood*. *Frontiers in Physiology*, 14, 1243434. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1243434>
- Järvamägi, M., Riso, E.-M., Reisberg, K., & Jürimäe, J. (2022). *Development of cardiorespiratory fitness in children in the transition from kindergarten to basic school according to participation in organized sports*. *Frontiers in Physiology*, 13, 881364. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.881364>
- Mayorga-Vega, D., Aguilar-Soto, P., & Viciania, J. (2015). *Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: A meta-analysis*. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(3), 536–547. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4541117/>
- Nemet, D., & Eliakim, A. (2020). *Hormonal response to physical activity and exercise in youth*. *World Journal of Clinical Pediatrics*, 9(4), 45–58. <https://doi.org/10.5409/wjcp.v9.i4.45>
- Raghuveer, G., Hartz, J., Lubans, D. R., Takken, T., Wiltz, J. L., Miettus-Snyder, M., ... & American Heart Association. (2020). *Cardiorespiratory fitness in youth: An important marker of health*. *Circulation*, 142(7), e101–e118. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000866>
- Takken, T., Bongers, B. C., van Brussel, M., et al. (2023). *Practical aspects of cardiopulmonary exercise testing in pediatrics*. *Pediatric Exercise Science*, 35(4), 307–320. <https://doi.org/10.1123/pes.2023-0019>
- Catai, A. M., Pastre, C. M., Godoy, M. F., Silva, E. D., Takahashi, A. C. M., & Vanderlei, L. C. M. (2020). *Heart rate variability: Are you using it properly? Standardisation checklist of procedures*. *Frontiers in Physiology*, 11, 140. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00140>
- de Souza, G. G., Rodrigues, A. L., Silva, S. G., & Carvalho, T. (2021). *Endocrine responses to exercise and training in children and adolescents*. *Pediatric Exercise Science*, 33(3), 138–149. <https://doi.org/10.1123/pes.2020-0190>
- Ekelund, U., Poortvliet, E., Nilsson, A., et al. (2001). *Heart rate as an indicator of the intensity of physical activity in adolescents*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 855–861. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11560077/>
- Eliakim, A., & Nemet, D. (2013). *Exercise training, physical fitness and the growth hormone–insulin-like growth factor-1 axis in children and adolescents*. *Pediatric Endocrinology Reviews*, 10(1), 75–80. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23314554/>
- Hauser, C., Henckel, R., & Kiechl, S. (2023). *Cardiorespiratory fitness and development of BMI, blood pressure and vascular health during childhood*. *Frontiers in Physiology*, 14, 1243434. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1243434>
- Järvamägi, M., Riso, E.-M., Reisberg, K., & Jürimäe, J. (2022). *Development of cardiorespiratory fitness in children in the transition from kindergarten to basic school according to*

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- participation in organized sports. Frontiers in Physiology, 13, 881364.*
<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.881364>
- Mayorga-Vega, D., Aguilar-Soto, P., & Viciano, J. (2015). *Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: A meta-analysis. Journal of Sports Science & Medicine, 14(3), 536–547.* <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4541117/>
- Nemet, D., & Eliakim, A. (2020). *Hormonal response to physical activity and exercise in youth. World Journal of Clinical Pediatrics, 9(4), 45–58.* <https://doi.org/10.5409/wjcp.v9.i4.45>
- Raghuveer, G., Hartz, J., Lubans, D. R., Takken, T., Wiltz, J. L., Mietus-Snyder, M., ... & American Heart Association. (2020). *Cardiorespiratory fitness in youth: An important marker of health. Circulation, 142(7), e101–e118.* <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000866>
- Takken, T., Bongers, B. C., van Brussel, M., et al. (2023). *Practical aspects of cardiopulmonary exercise testing in pediatrics. Pediatric Exercise Science, 35(4), 307–320.* <https://doi.org/10.1123/pes.2023-0019>



CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3

FISIOLOGÍA DE LAS RESPUESTAS METABÓLICAS AL EJERCICIO EN ESCOLARES

Resumen

El metabolismo energético constituye la base fisiológica sobre la cual se sustentan las respuestas y adaptaciones al ejercicio físico en la infancia. En el contexto escolar, comprender los procesos metabólicos permite al educador físico planificar actividades acordes con las capacidades bioenergéticas del niño, evitando la fatiga prematura y favoreciendo la eficiencia del movimiento. Las rutas metabólicas aeróbica, glucolítica y de fosfágenos operan de manera integrada para garantizar la disponibilidad de adenosín trifosfato (ATP), elemento esencial para la contracción muscular y la homeostasis celular (Hargreaves & Spriet, 2020). Durante la niñez, las características metabólicas difieren notablemente de las del adulto debido a la menor actividad enzimática anaeróbica y a una mayor dependencia del metabolismo oxidativo. Estas particularidades determinan que los niños sean más resistentes al esfuerzo intermitente moderado, pero menos eficientes en actividades de alta intensidad o corta duración (Ratel & Blazeovich, 2017). El conocimiento del metabolismo infantil proporciona herramientas para ajustar la intensidad, duración y recuperación de las tareas físicas, fortaleciendo el aprendizaje motor desde una base biológica sólida. Además, las adaptaciones crónicas al ejercicio potencian el desarrollo mitocondrial, la eficiencia energética y la regulación endocrina, contribuyendo al bienestar integral y la salud cardiovascular (Rowland & Somers, 2021). Este capítulo aborda los fundamentos metabólicos desde una perspectiva fisiológica y educativa, analizando las fases, leyes y sistemas energéticos que sustentan la actividad física escolar. A su vez, se destacan las implicaciones del control simpático-parasimpático, la homeostasis, las adaptaciones bioenergéticas y el papel del miocito como órgano endocrino del movimiento.

Palabras clave: Metabolismo energético; fisiología escolar; homeostasis; bioenergética; ejercicio infantil; educación física.

INTRODUCCIÓN

Es conocimiento popular que la actividad física desarrollada durante las clases de educación física o en medio de los trabajos físicos que conlleva el entrenamiento deportivo escolar, requieren de energía en dosis más altas que los requerimientos del estado del reposo. Esta energía fluye en el organismo como transferencia de calor entre moléculas que participan de trabajos biológicos, ya sea durante el ejercicio físico o durante el reposo. Este constante flujo de calor se conoce como metabolismo energético, el cual estudiaremos concentrado en los procesos que ocurren en la célula musculoesquelética, principalmente.

El estudio del metabolismo energético concierne a la ciencia definida como Bioquímica Deportiva o Bioquímica del Ejercicio, absolutamente convergente con la fundamentación científica en la formación del educador físico, permitiéndole disponer de las comprensiones moleculares o atómicas que definen las categorías de ejercicio aeróbico, anaeróbico, anaeróbico-aláctico o mixto. El conocimiento en profundidad de los procesos metabólicos que disponen la energía para la vida celular, así como el entendimiento de las señalizaciones autocrinas, endocrinas y paracrinas, constituyen hoy día las bases de la biología molecular que explica muchas de las adaptaciones agudas y crónicas ante las cargas de ejercicio o entrenamiento.

En este capítulo se aborda desde la concepción clásica del metabolismo energético como proceso de transformación de grandes compuestos en compuestos mucho más sencillos, o viceversa, para explicar las dos fases del metabolismo energético, así mismo se abordan las principales leyes de la termodinámica, los procesos regulatorios de cada uno de los sistemas energéticos y su predominancia en dependencia de tipo y duración de un ejercicio, su duración, procesos enzimáticos catabólicos y anabólicos, que explican respuestas agudas que garantizan los ajustes en estados de mediana o elevada alteración metabólica.

La profundización de las respuestas metabólicas con estados de baja o elevada intensidad del ejercicio, son inherentes con el desarrollo de procesos adaptativos que indefectiblemente implican fundamentar las bases sólidas de procesos moleculares que explican la biosíntesis proteica a partir de expresiones génicas del desarrollo de masas musculares o masas mitocondriales, sustentos biológicos de las capacidades de fuerza o potencia aeróbica (consume de oxígeno).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El capítulo alcanza el tratamiento de aspectos relacionados con las respuestas o funciones glandulares del músculo esquelético en lo relacionado con la resíntesis proteica sarcomerales que buscan minimizar o retrasar los efectos de la sarcopenia y dinapenia, muy prevalente a partir de las edades de los 35 o 40 años en adelante. Así mismo, también se logran alcances en temáticas como los factores autocrinos, endocrinos y paracrinos que favorecen la intervención en estados patológicos como la creciente mioesteatosis o “músculo graso” y también en casos de hígado graso.

METODOLOGÍA

La presente revisión sistemática se diseñó para analizar críticamente el estado del conocimiento sobre los imaginarios docentes acerca de la diversidad cultural escolar en la literatura académica reciente. Para garantizar la transparencia, rigurosidad y reproducibilidad del proceso, se aplicaron las directrices metodológicas establecidas por la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009, citado en Duk et al., 2019). La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo durante un periodo definido entre 2015 y 2025, en la base de datos Scopus que es especializada y de alto impacto en el campo objeto de estudio.

Población y Muestra

El proceso de selección se estructuró siguiendo las fases del diagrama de flujo PRISMA:

1. Identificación

- Se realizó una búsqueda avanzada en Scopus con el motor: (TÍTULO-ABS-KEY (energía AND metabolismo) AND TÍTULO-ABS-KEY (niños) AND TÍTULO-ABS-KEY (ejercicio)) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE, "Spanish")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Child") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Controlled study") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Physical activity") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Energy metabolism") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Exercise") OR

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Physiology") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "School child")) AND (LIMIT-TO (OA, "all")).

- Esta estrategia permitió recuperar inicialmente 1498 documentos científicos, sin aplicar todavía el filtro estricto de rango temporal de interés.

2. Cribado (screening)

- Se aplicó un primer filtro temporal, seleccionando únicamente los estudios publicados en la última década (2015–2025), lo que redujo el corpus a 527 documentos.
- Luego se restringió la búsqueda al área temática Medicina (SUBJAREA “MEDI”), conservando 428 documentos.

3. Elegibilidad

- De esos 428 documentos, se seleccionaron solo los clasificados como artículos científicos originales (DOCTYPE “ar”), quedando 349 artículos.
- Posteriormente se limitaron los resultados a los idiomas inglés y español, obteniéndose 340 artículos.
- A continuación se verificó la presencia de las palabras clave exactas relacionadas con la población infantil y el metabolismo energético (Child, Controlled study, Physical activity, Energy metabolism, Exercise, Physiology, School child), lo que redujo el conjunto a 335 documentos potencialmente elegibles tras la lectura de título y resumen.

4. Inclusión

- Se seleccionaron aquellos estudios que, además de cumplir todos los criterios anteriores, estaban disponibles en acceso abierto (OA), conformando una muestra final de 199 documentos, que constituyen la base para el análisis de la fisiología del metabolismo y las adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares desarrollado en el capítulo 4.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

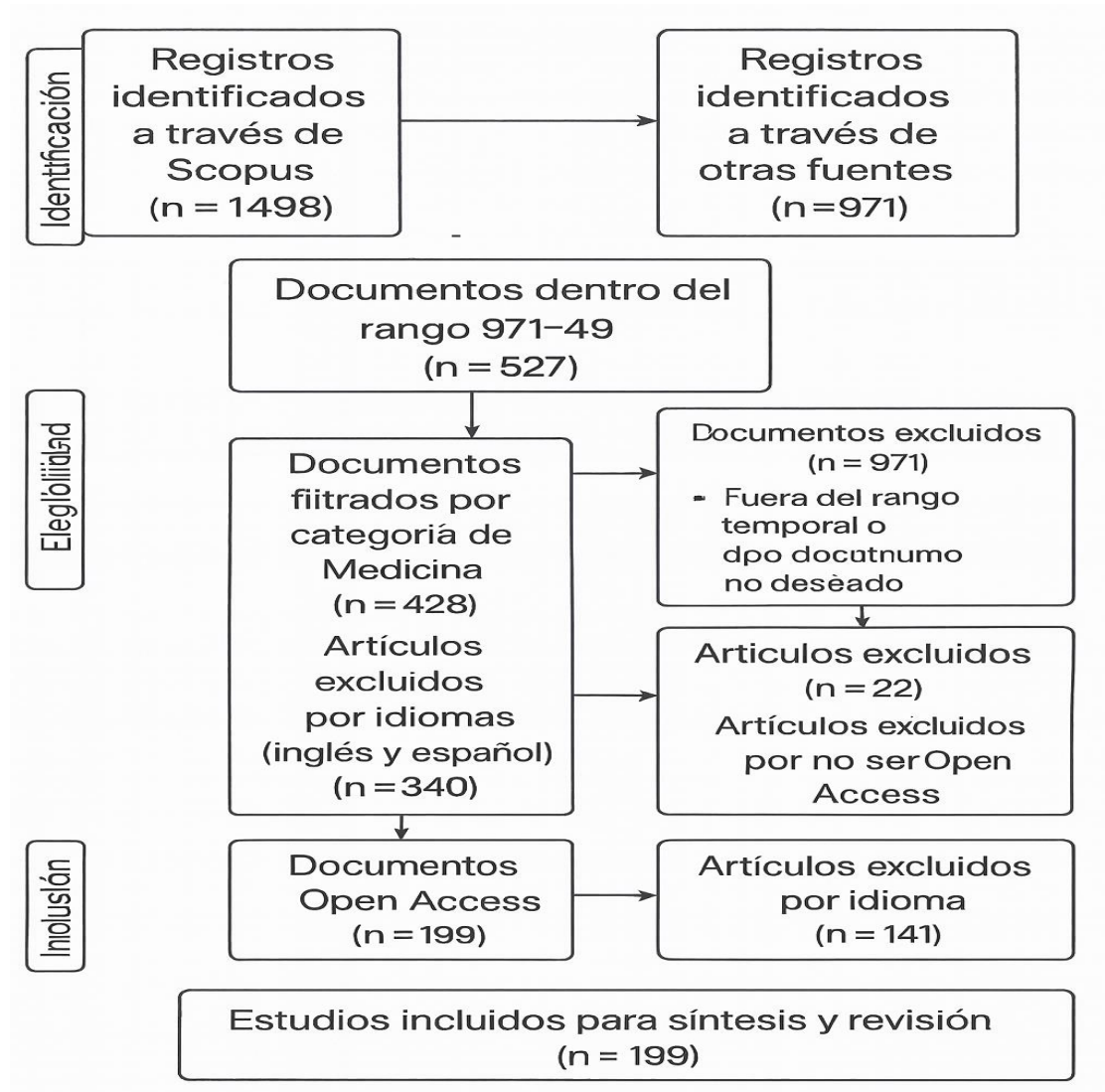


Figura 1. prisma. Fuente: Scopus 2025

RESULTADOS

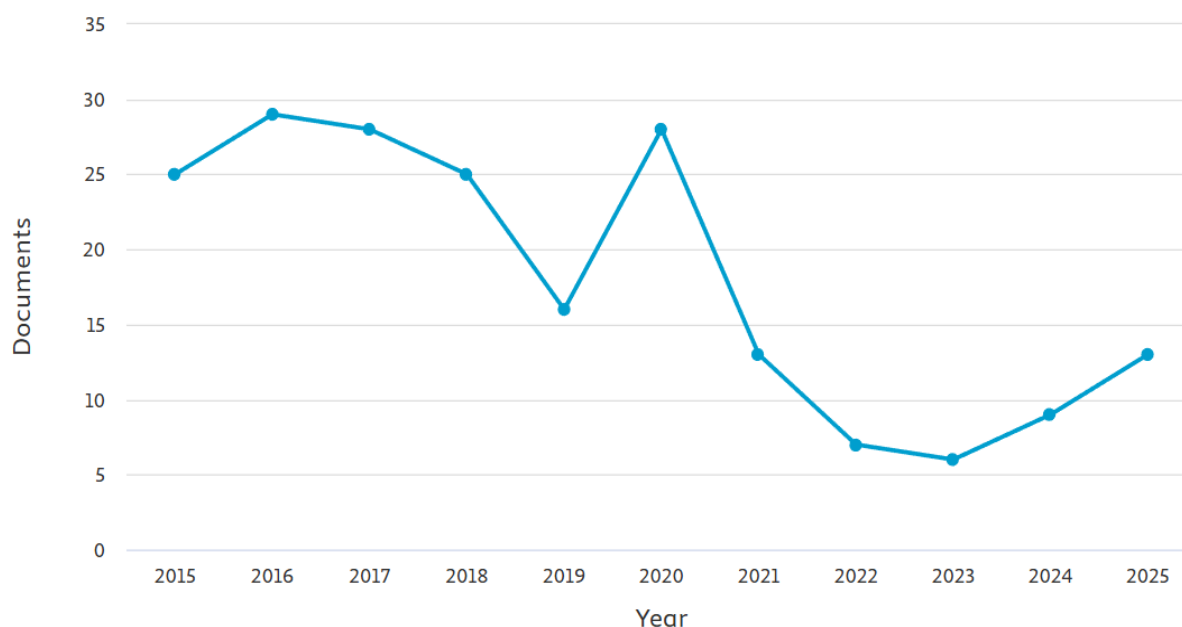
En el gráfico 1 se observa la distribución temporal de los 199 documentos seleccionados para el capítulo 4. Entre 2015 y 2018 la producción se mantiene alta y relativamente estable: 25 estudios en 2015, 29 en 2016, 28 en 2017 y nuevamente 25 en 2018. Este comportamiento indica una etapa de consolidación del interés científico por el metabolismo energético y las respuestas bioenergéticas al ejercicio en población infantil, con un flujo constante de investigaciones que abordan estas temáticas en diferentes contextos y diseños.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

En 2019 se aprecia una caída marcada hasta 16 documentos, seguida de un repunte importante en 2020, año en el que se registran 28 publicaciones, el valor más alto del periodo junto con 2016–2017. A partir de 2021 la tendencia cambia de manera más evidente: el número de estudios desciende a 13 y continúa disminuyendo hasta 7 en 2022 y 6 en 2023. En los dos últimos años se observa una ligera recuperación, con 9 documentos en 2024 y 13 en 2025, aunque sin alcanzar los niveles de la primera mitad de la década.

Gráfico 1. Documentos por año sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares (2015–2025).

Documents by year



Fuente: Scopus 2025.

En conjunto, el gráfico sugiere que la investigación sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares ha tenido un desarrollo intenso entre 2015 y 2020, seguido de un periodo de menor producción, pero con continuidad en los últimos años. Para la monografía, esta tendencia indica que existe un cuerpo de evidencia sólido acumulado en la primera parte del periodo y que, aunque el ritmo de publicaciones se ha moderado, la temática sigue vigente y generando aportes recientes que permiten actualizar la comprensión de las respuestas metabólicas al ejercicio en la edad escolar.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

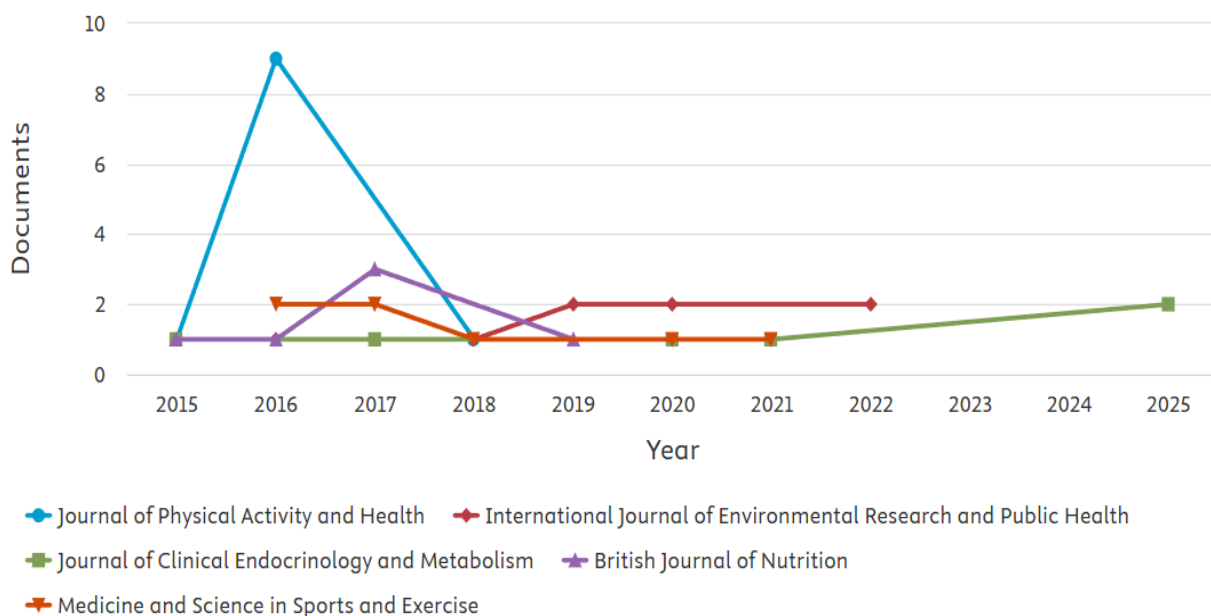
El gráfico 2 muestra cómo se distribuyen, a lo largo del periodo 2015–2025, los artículos sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares según la revista en la que fueron publicados. Se observa, en primer lugar, un papel destacado del Journal of Physical Activity and Health, que presenta una contribución temprana y concentrada: aparece desde 2015 con un artículo y alcanza su máximo alrededor de 2016, con un pico cercano a nueve documentos, para luego ir disminuyendo progresivamente hasta quedar con aportes puntuales hacia 2018. Este comportamiento sugiere que, en los primeros años del periodo, gran parte de la discusión sobre metabolismo energético en niños se enmarcó en revistas centradas en la actividad física y la salud poblacional. A partir de 2018 cobra importancia el International Journal of Environmental Research and Public Health, que muestra una presencia más estable, con uno o dos artículos por año entre 2018 y 2022. Esta continuidad indica que la temática se ha ido integrando en el ámbito de la salud pública y los determinantes ambientales del ejercicio y el metabolismo en la infancia.

Gráfico 2. Documentos por año según la fuente de publicación.

Documents per year by source

Compare the document counts for up to 10 sources.

[Compare sources and view CiteScore, SJR, and SNIP data](#)



Fuente: Scopus 2025.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism y el British Journal of Nutrition aportan un número menor de documentos, pero de forma estratégica. El primero aparece de manera dispersa en diferentes años y muestra una ligera tendencia creciente hacia el final del periodo, lo cual refleja el interés por abordar las adaptaciones bioenergéticas desde una perspectiva más clínica y endocrina. El British Journal of Nutrition concentra varias publicaciones entre 2016 y 2018, con un máximo intermedio, y luego desaparece del gráfico, señalando una contribución más acotada en el tiempo pero centrada en la relación entre nutrición y respuestas metabólicas al ejercicio.

Por último, Medicine and Science in Sports and Exercise aporta de uno a dos documentos en varios años consecutivos, lo que evidencia la participación del campo clásico de la fisiología del ejercicio y el deporte en el estudio del metabolismo energético infantil.

En conjunto, la figura revela que la producción no se concentra en una sola revista, sino que se reparte entre fuentes que representan distintos enfoques: salud pública, actividad física, fisiología del ejercicio, endocrinología y nutrición. Este patrón confirma el carácter multidisciplinar del tema y sugiere que las adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares se analizan tanto desde la perspectiva del rendimiento y la actividad física, como desde la clínica y la salud poblacional.

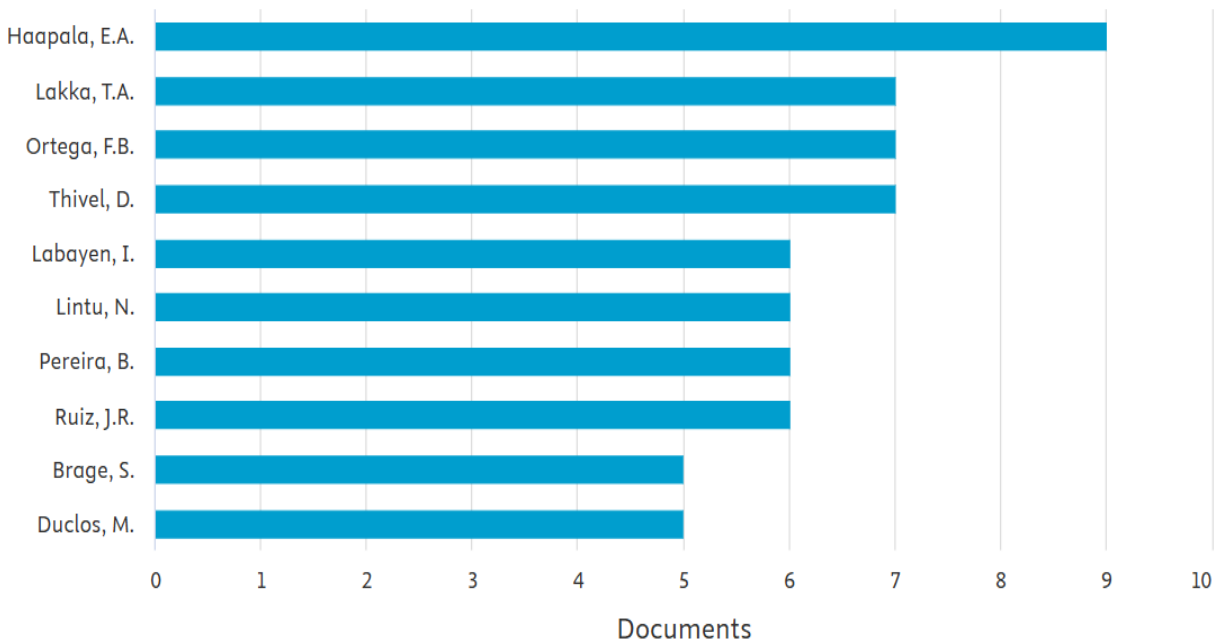
El gráfico 3 muestra a los autores con mayor número de publicaciones dentro del corpus analizado. Destaca claramente Haapala, E.A., con 9 documentos, lo que indica una trayectoria investigativa especialmente sólida y continua en el estudio del metabolismo energético y la respuesta al ejercicio en población infantil. En un segundo nivel se encuentran Lakka, T.A., Ortega, F.B. y Thivel, D., cada uno con 7 publicaciones, configurando un núcleo de investigadores que aportan de forma reiterada evidencia sobre aptitud cardiorrespiratoria, composición corporal, gasto energético y efectos del ejercicio en niños y escolares.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 3. Documentos por autor sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares.

Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors.



Fuente: Scopus 2025.

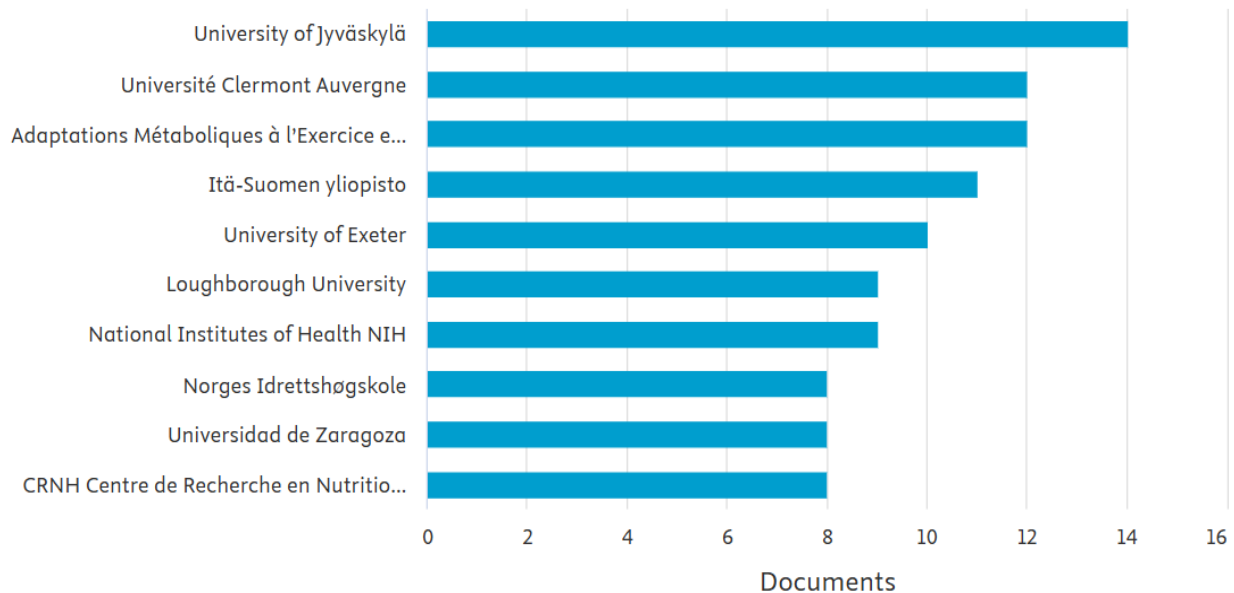
En el grupo siguiente aparecen Labayen, I., Lintu, N., Pereira, B. y Ruiz, J.R., con 6 documentos cada uno, seguidos de Brage, S. y Duclos, M., con 5 publicaciones. La presencia de varios autores con productividades muy similares sugiere la existencia de redes y consorcios de investigación que trabajan de manera coordinada en proyectos longitudinales o multicéntricos sobre salud metabólica infantil y actividad física. En conjunto, el gráfico indica que el campo no está dominado por un solo investigador, sino por un conjunto relativamente amplio de autores que sostienen la producción científica; para la monografía, estos nombres representan referentes clave a la hora de profundizar en la evidencia sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 4. Documentos por afiliación institucional sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares.

Documents by affiliation

Compare the document counts for up to 15 affiliations.



Fuente: Scopus 2025.

El gráfico 4 muestra las instituciones con mayor número de publicaciones dentro del corpus del capítulo 4. La University of Jyväskylä encabeza claramente la lista con 14 documentos, lo que indica que Finlandia alberga uno de los grupos más productivos en investigación sobre metabolismo energético infantil y ejercicio. En un segundo nivel se sitúan la Université Clermont Auvergne y el centro Adaptations Métaboliques à l'Exercice, ambos con 12 documentos; esto sugiere la existencia en Francia de unidades especializadas en fisiología del ejercicio y nutrición que trabajan de forma sostenida en esta temática.

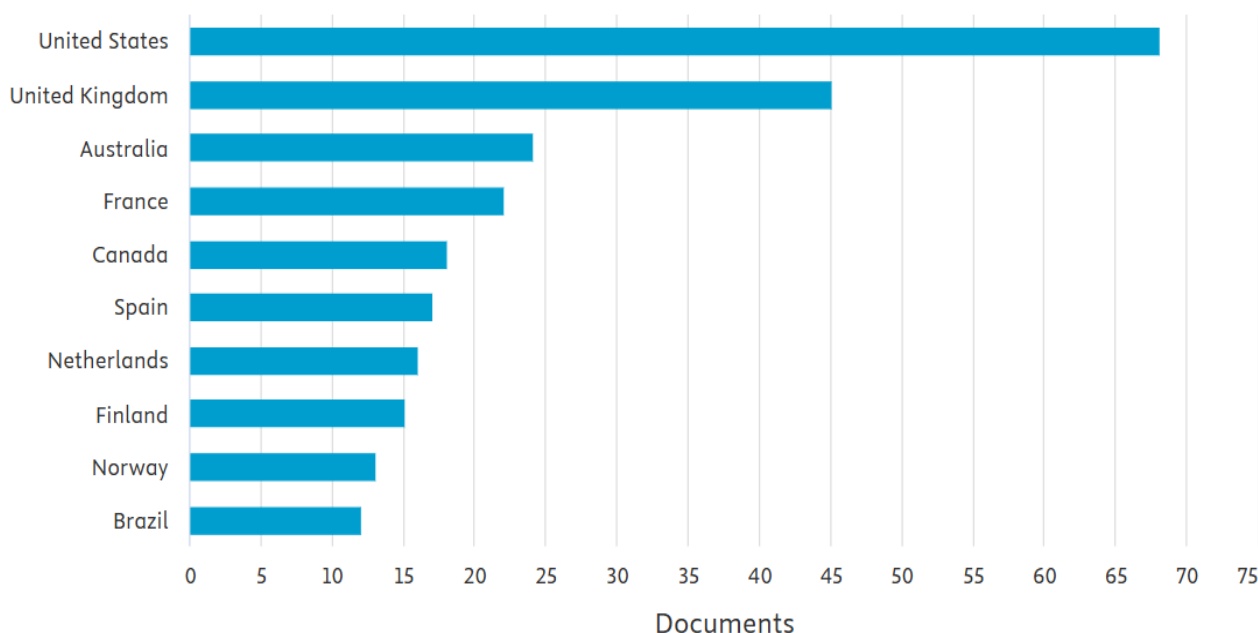
Les siguen Itä-Suomen yliopisto (University of Eastern Finland) con 11 documentos y la University of Exeter con 10, mientras que Loughborough University y los National Institutes of Health (NIH) aportan 9 estudios cada uno. Norges Idrettshøgskole (Noruega), la Universidad de Zaragoza y el CRNH Centre de Recherche en Nutrition Humaine contribuyen con 8 documentos cada uno.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 5. Documentos por país o territorio sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Fuente: Scopus 2025.

En conjunto, el gráfico revela que la producción científica se concentra en universidades y centros de investigación de Europa (especialmente Finlandia, Francia, Reino Unido, Noruega y España), junto con la participación de una institución de referencia mundial como los NIH. Esto indica que el conocimiento disponible sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares proviene, en gran medida, de contextos con una fuerte tradición en ciencias del deporte, fisiología del ejercicio y nutrición humana, lo que da solidez a la evidencia utilizada en el capítulo y al mismo tiempo resalta la necesidad de desarrollar más estudios en otros entornos, como América Latina.

El gráfico 5 muestra que la producción científica está fuertemente concentrada en Estados Unidos, que aporta cerca de 70 documentos, seguido por el Reino Unido con unos 45. Entre ambos reúnen más de la mitad de los estudios analizados, lo que evidencia que la mayor parte del

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

conocimiento disponible sobre metabolismo energético infantil y ejercicio se genera en contextos anglosajones, con sistemas de investigación consolidados y fuertes inversiones en ciencias del deporte, salud pública y fisiología del ejercicio.

En un segundo nivel aparecen Australia y Francia, con alrededor de 20–25 trabajos cada uno, y luego Canadá y España, con cerca de 18 y 17 documentos respectivamente. Países como Países Bajos, Finlandia, Noruega y Brasil presentan entre 12 y 16 publicaciones, lo que indica una participación constante pero más modesta. Este patrón refleja un mapa claramente dominado por países de altos ingresos del hemisferio norte, con presencia puntual de Brasil como representante latinoamericano. Para la monografía, esto implica que la evidencia que sustenta las conclusiones sobre metabolismo y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares proviene mayoritariamente de realidades educativas y sanitarias distintas a la colombiana, por lo que es necesario considerar con cuidado la transferibilidad de los resultados y la importancia de promover investigaciones locales que complementen este panorama internacional.

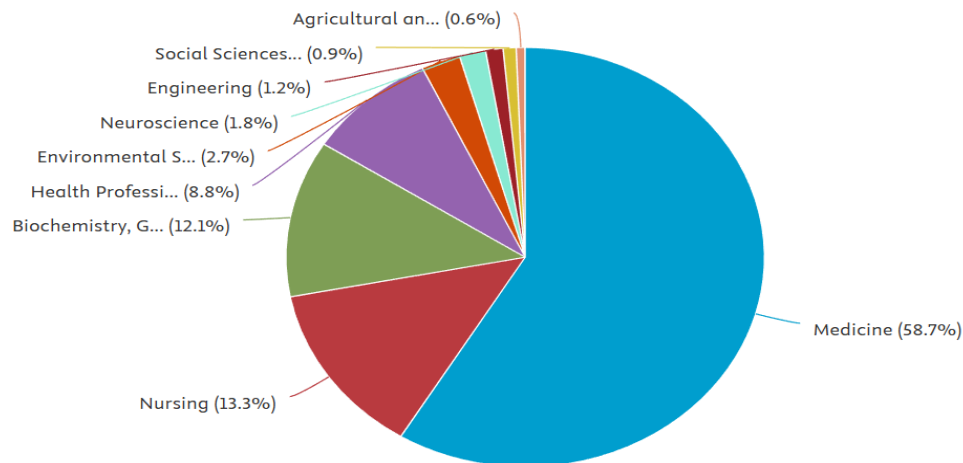
El gráfico 6 muestra que la mayoría de los trabajos sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares se concentran en el área de Medicina, que reúne el 58,7 % de los documentos. Esto indica que la temática se ha abordado principalmente desde una mirada clínica y biomédica, interesada en describir las respuestas metabólicas al ejercicio, los indicadores de salud cardiometabólica y los posibles riesgos o beneficios para la población infantil.

En segundo lugar, aparece Enfermería, con el 13,3 %, y Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, con el 12,1 %. La presencia de Enfermería refleja el interés por el cuidado integral del niño, la vigilancia de parámetros fisiológicos y la educación para la salud en contextos clínicos y comunitarios. El peso de la bioquímica y la biología molecular muestra que una parte importante de los estudios profundiza en los mecanismos celulares y metabólicos que explican las adaptaciones al ejercicio (enzimas, sustratos energéticos, señalización molecular, etc.). Otras áreas como Health Professions (8,8 %) y Environmental Science (2,7 %) aportan una perspectiva aplicada, vinculando el ejercicio y el metabolismo con la práctica profesional y con el entorno físico donde se desarrolla la actividad física.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 6. Documentos por área temática.

Documents by subject area



Fuente: Scopus 2025.

Las contribuciones de Neuroscience (1,8 %), Engineering (1,2 %), Social Sciences (0,9 %) y Agricultural and Biological Sciences (0,6 %) son menores en porcentaje, pero refuerzan el carácter multidisciplinar del campo: incluyen estudios sobre control neural del movimiento, uso de tecnología para medir el gasto energético, factores psicosociales asociados a la actividad física y aspectos nutricionales de la dieta infantil. En conjunto, el gráfico evidencia que el metabolismo energético y las adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares se sitúan en la intersección de varias disciplinas de la salud y las ciencias biológicas, lo que enriquece la base científica sobre la cual los educadores físicos pueden fundamentar la planificación del ejercicio en la escuela.

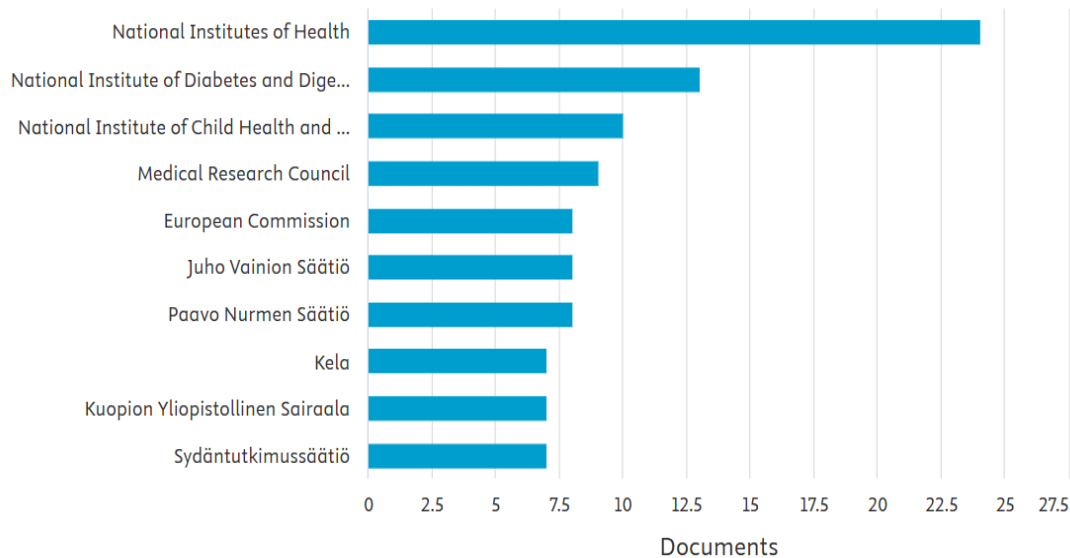
El gráfico 7 muestra qué organismos han financiado con mayor frecuencia los estudios sobre metabolismo energético y adaptaciones bioenergéticas al ejercicio en escolares. Destaca claramente el papel de los National Institutes of Health (NIH), que respaldan alrededor de 24–25 documentos, situándose como el principal financiador internacional de esta línea de investigación. Le siguen el National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIDDK) con unos 13 estudios y el National Institute of Child Health and Human Development (NICHD) con aproximadamente 10, lo que indica que dentro del propio sistema NIH existen programas específicos orientados tanto a enfermedades metabólicas como a la salud infantil.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 7. Documentos según entidad financiadora.

Documents by funding sponsor

Compare the document counts for up to 15 funding sponsors.



Fuente: Scopus 2025.

En un segundo nivel se encuentran el Medical Research Council del Reino Unido y la Comisión Europea, con entre 8 y 9 documentos cada uno, lo que refleja una apuesta sostenida de Europa por estudiar la salud metabólica y la actividad física en niños. Llama la atención, además, la presencia de varias fundaciones y agencias finlandesas (Juho Vainion Säätiö, Paavo Nurmen Säätiö, Kela, Kuopion Yliopistollinen Sairaala, Sydäntutkimussäätiö), cada una con 7–8 estudios, que en conjunto conforman un bloque de financiación muy relevante para los trabajos realizados en ese país.

En conjunto, el gráfico evidencia que la investigación sobre metabolismo energético y ejercicio en escolares depende en gran medida de grandes agencias públicas de salud (principalmente estadounidenses y europeas) y de fundaciones nacionales especializadas. Esto ayuda a explicar la alta calidad metodológica y el enfoque clínico de muchos de los estudios incluidos, pero también sugiere que los países sin estructuras de financiación sólidas, como buena parte de América Latina, tienen menor presencia en la producción científica de este campo.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Concepto, fases y leyes del metabolismo

El metabolismo es el conjunto de reacciones químicas que ocurren en las células para transformar la energía y mantener la vida. Comprende dos procesos interdependientes: el catabolismo, responsable de la degradación de los nutrientes para liberar energía, y el anabolismo, que utiliza esa energía para sintetizar moléculas estructurales o funcionales (Hargreaves & Spriet, 2020). En el contexto escolar, estos procesos determinan la capacidad del organismo infantil para responder y adaptarse a las exigencias físicas, garantizando el equilibrio entre gasto y recuperación energética.

Las fases metabólicas se organizan en tres etapas principales: digestiva, intermedia y celular. En la fase digestiva, los macronutrientes se descomponen en unidades simples —glucosa, ácidos grasos y aminoácidos—. En la fase intermedia, estos metabolitos son transportados a los tejidos, donde ingresan a rutas como la glucólisis o la β -oxidación. En la fase celular, la energía química se transforma en ATP mediante la fosforilación oxidativa en las mitocondrias (Murray et al., 2023).

El metabolismo obedece a tres leyes fundamentales: la ley de conservación de la energía, que establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma; la ley de la entropía, que indica que toda transformación implica pérdida de energía utilizable; y la ley de la eficiencia metabólica, que se refiere a la capacidad del cuerpo para convertir la energía química en trabajo mecánico. En los niños, estas leyes se expresan en un contexto de maduración fisiológica, donde la eficiencia aumenta con la práctica motora y el desarrollo (McArdle et al., 2022).

La didáctica del metabolismo en la educación física debe partir de la comprensión de estos principios, enseñando a los estudiantes cómo su cuerpo obtiene y utiliza la energía durante la actividad física. Este enfoque promueve la alfabetización científica del movimiento, permitiendo que el niño reconozca la relación entre esfuerzo, alimentación y rendimiento físico (Rowland & Somers, 2021). En suma, el metabolismo representa el cimiento bioenergético de toda acción motriz. Su estudio en la formación del educador físico permite planificar tareas basadas en principios fisiológicos y diseñar metodologías que integren el conocimiento científico con la práctica pedagógica.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Carbohidratos, grasas, proteínas y enzimas metabólicas

Los carbohidratos, las grasas y las proteínas son los principales sustratos energéticos del metabolismo humano. En la infancia, los carbohidratos desempeñan un papel preponderante por su rápida disponibilidad y eficiencia para generar ATP. La glucosa se metaboliza mediante la glucólisis y, posteriormente, en el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria, liberando energía para la contracción muscular (Brooks et al., 2023).

Las grasas, por su parte, constituyen una fuente energética de alta densidad, predominante durante el reposo o el ejercicio de baja intensidad. Los niños presentan una mayor oxidación relativa de grasas que los adultos, lo cual refleja una preferencia metabólica por las vías aeróbicas (Ratel & Blazevich, 2017). Esta característica es consecuencia de una menor actividad de las enzimas glucolíticas, como la fosfofructoquinasa, y una mayor capacidad oxidativa mitocondrial.

Las proteínas no son un sustrato energético primario, pero adquieren relevancia en condiciones de ayuno prolongado o de ejercicio extenuante. Su catabolismo libera aminoácidos que pueden convertirse en intermediarios del ciclo de Krebs (Hargreaves & Spriet, 2020). En los escolares, el uso proteico para fines energéticos debe ser mínimo, dado que las proteínas son fundamentales para el crecimiento y la síntesis estructural.

Las enzimas metabólicas regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas, actuando como catalizadores altamente específicos. Su actividad depende de la temperatura, el pH y la disponibilidad de cofactores. En los niños, la actividad enzimática se adapta progresivamente al nivel de entrenamiento, lo que demuestra la plasticidad metabólica durante el desarrollo (Murray et al., 2023).

Comprender la interacción entre los diferentes sustratos energéticos y las enzimas metabólicas permite a los educadores físicos diseñar actividades que estimulen distintas vías bioenergéticas, equilibrando los procesos de producción y recuperación energética para optimizar la función muscular y el aprendizaje motor en la edad escolar.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Mapa del metabolismo en reposo: control simpático y parasimpático

En estado de reposo, el metabolismo corporal mantiene un equilibrio dinámico entre el consumo y la producción de energía, conocido como tasa metabólica basal (TMB). Esta tasa representa la energía mínima requerida para sostener las funciones vitales, como la respiración, la circulación y la actividad neuronal. En los niños, la TMB es relativamente más alta que en los adultos, debido a la mayor proporción de masa magra y al acelerado crecimiento tisular característico de la infancia (Murray et al., 2023).

El control de las funciones metabólicas en reposo está mediado principalmente por el sistema nervioso autónomo, que actúa a través de dos ramas complementarias: el sistema simpático y el parasimpático. El simpático estimula la liberación de catecolaminas —adrenalina y noradrenalina— desde la médula suprarrenal, elevando la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la movilización de glucosa. Por el contrario, el parasimpático, mediante el nervio vago, reduce la actividad cardíaca y promueve la digestión y el almacenamiento energético (Eckberg, 2020).

Durante la infancia, la regulación autonómica presenta una tendencia hacia el predominio parasimpático en reposo, lo cual favorece un metabolismo estable y una recuperación más eficiente tras la actividad física. Esta característica refleja una mayor plasticidad adaptativa y un equilibrio funcional del sistema nervioso autónomo (Catai et al., 2020).

El control neurovegetativo del metabolismo se ajusta en función de variables como la temperatura ambiental, el estrés y el estado nutricional. En el entorno escolar, estos factores pueden influir en la respuesta metabólica y en la disposición al movimiento, por lo que la educación física debe considerar condiciones óptimas de hidratación, descanso y clima para favorecer la homeostasis (Rowland & Somers, 2021).

En conclusión, el mapa metabólico en reposo depende de la interacción armónica entre los sistemas simpático y parasimpático. Esta regulación neurofisiológica permite mantener la estabilidad interna del organismo, garantizando que los procesos de crecimiento, maduración y aprendizaje motriz ocurran en un entorno energético controlado y eficiente.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Las respuestas agudas al ejercicio físico: la homeostasis como principio

Las respuestas agudas al ejercicio representan las adaptaciones inmediatas que el organismo realiza ante un aumento de la demanda energética. Estas incluyen cambios en la frecuencia cardíaca, la ventilación, el consumo de oxígeno, la temperatura corporal y la actividad hormonal. En los escolares, dichas respuestas son más pronunciadas y rápidas debido a la mayor sensibilidad del sistema nervioso autónomo y a la menor capacidad de almacenamiento energético (Raghuveer et al., 2020).

El principio de homeostasis, propuesto por Walter Cannon, describe la tendencia del organismo a mantener un equilibrio interno frente a perturbaciones externas. Durante el ejercicio, la homeostasis se ve temporalmente alterada, pero mecanismos compensatorios —como el aumento del flujo sanguíneo, la liberación de catecolaminas y el incremento de la ventilación— restauran el equilibrio fisiológico (Hargreaves & Spriet, 2020).

En la infancia, la homeostasis metabólica está determinada por un sistema de control altamente sensible. La respuesta cardiovascular se activa más rápidamente que en adultos, lo que permite un ajuste inmediato al esfuerzo. Sin embargo, los niños también experimentan una recuperación más veloz, evidenciando una eficiencia autonómica superior (Hauser et al., 2023).

Durante la actividad física escolar, la regulación homeostática asegura que el aporte de oxígeno y sustratos energéticos sea suficiente para sostener la contracción muscular sin comprometer la integridad del organismo. Las alteraciones metabólicas agudas —como el incremento del lactato o la disminución del pH— son compensadas mediante una mayor ventilación y perfusión tisular (Takken et al., 2023).

Por tanto, comprender las respuestas agudas y los mecanismos de homeostasis es esencial para planificar ejercicios seguros y efectivos en la educación física. Un diseño adecuado de intensidad, duración y recuperación promueve la adaptación positiva del organismo infantil, fortaleciendo la salud cardiovascular y metabólica a largo plazo.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El balance ADP/ATP en reposo y ejercicio físico

El adenosín trifosfato (ATP) constituye la moneda energética fundamental de la célula, responsable de suministrar la energía necesaria para los procesos biológicos, incluyendo la contracción muscular. En reposo, el ATP se mantiene en niveles estables mediante la síntesis aeróbica en las mitocondrias, utilizando principalmente grasas y carbohidratos como combustibles (Brooks et al., 2023).

Durante el ejercicio, el requerimiento energético aumenta de forma exponencial, provocando un incremento en la hidrólisis del ATP y la consecuente producción de adenosín difosfato (ADP) y fosfato inorgánico (Pi). Este proceso activa las vías de resíntesis de ATP a través del sistema de los fosfágenos, la glucólisis anaeróbica y la oxidación aeróbica (McArdle et al., 2022). La rapidez de respuesta de cada sistema depende de la intensidad y duración del ejercicio.

En los niños, el equilibrio entre la producción y el consumo de ATP se caracteriza por una mayor dependencia del metabolismo oxidativo. Estudios demuestran que los escolares presentan una elevada capacidad mitocondrial relativa y una menor acumulación de lactato, lo que indica una resíntesis de ATP más eficiente por vías aeróbicas (Ratel & Blazeovich, 2017).

El mantenimiento del balance ADP/ATP es un componente esencial de la homeostasis celular. La regulación de este equilibrio involucra sensores energéticos como la proteína quinasa activada por AMP (AMPK), la cual detecta disminuciones en la energía celular e induce adaptaciones metabólicas que favorecen la resíntesis de ATP (Hardie, 2022).

En conclusión, el control del balance energético a nivel celular garantiza la continuidad de los procesos fisiológicos durante el esfuerzo. Para el educador físico, comprender este equilibrio permite ajustar las cargas de trabajo y los períodos de recuperación, promoviendo una práctica motriz que respete los límites bioenergéticos del niño y fortalezca su rendimiento metabólico.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Las adaptaciones crónicas del sistema aeróbico

El sistema aeróbico representa la base del metabolismo energético en la mayoría de las actividades físicas escolares. Las adaptaciones crónicas derivadas del entrenamiento aeróbico incluyen mejoras en la capacidad cardiorrespiratoria, el transporte de oxígeno y la eficiencia metabólica muscular (Booth et al., 2021). En escolares, estas adaptaciones se expresan mediante una mayor densidad mitocondrial y capilar, lo que permite un incremento sostenido del VO_2 máx y una menor frecuencia cardíaca en reposo.

A nivel muscular, el entrenamiento aeróbico estimula la biogénesis mitocondrial a través de la activación del coactivador PGC-1 α , favoreciendo la oxidación de ácidos grasos y carbohidratos. Este mecanismo contribuye a la mejora de la economía del movimiento y la resistencia a la fatiga (Granata et al., 2021). En los niños, esta respuesta mitocondrial es más plástica y rápida debido al estado anabólico y al alto potencial de adaptación celular durante la niñez.

Las adaptaciones cardiovasculares comprenden el aumento del volumen sistólico y una mayor eficiencia del gasto cardíaco, mejorando la perfusión tisular durante el ejercicio prolongado (Raghuveer et al., 2020). Tales transformaciones fortalecen la salud cardiovascular, reducen el riesgo de hipertensión y sientan las bases de un estilo de vida activo en la adolescencia.

En el ámbito educativo, fomentar actividades aeróbicas sostenidas —como carreras suaves, juegos de persecución o circuitos rítmicos— contribuye al desarrollo del sistema aeróbico en los escolares. La implementación de sesiones regulares con intensidades entre el 60 y 80 % de la FC máx estimula adaptaciones fisiológicas sin comprometer la integridad metabólica (Hauser et al., 2023).

En suma, el fortalecimiento del sistema aeróbico en edades tempranas constituye un proceso esencial para el desarrollo de la salud metabólica, la capacidad funcional y la resiliencia fisiológica frente a las demandas del entorno físico y académico.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Las adaptaciones crónicas del sistema glicolítico

El sistema glicolítico o anaeróbico láctico proporciona energía a partir de la degradación de la glucosa sin requerir oxígeno. En los escolares, su desarrollo es limitado en comparación con el adulto debido a la menor actividad de enzimas glucolíticas como la fosfofructoquinasa y la lactato-deshidrogenasa (Ratel & Blazevich, 2017). No obstante, el entrenamiento moderado-intenso puede inducir adaptaciones favorables sin alterar la maduración fisiológica.

Entre las adaptaciones crónicas se encuentra el aumento de la capacidad para almacenar glucógeno muscular y una mejora en el aclaramiento y reutilización del lactato como fuente energética secundaria. Este proceso reduce la acidosis metabólica y favorece la continuidad del esfuerzo (Bishop et al., 2022).

El entrenamiento intermitente en el ámbito escolar, cuando se aplica de manera progresiva, estimula el metabolismo glucolítico sin sobrecargar el sistema anaeróbico infantil. Actividades como relevos, juegos competitivos o ejercicios con pausas breves ayudan a potenciar la capacidad glucolítica y la tolerancia al lactato (Rowland & Somers, 2021).

En el plano celular, la adaptación glicolítica se relaciona con un incremento en la expresión de transportadores GLUT-4 y una mejor regulación de la glucemia durante el ejercicio. Esto promueve una utilización más eficiente de los carbohidratos y contribuye al control metabólico en la infancia (Granata et al., 2021).

En definitiva, las adaptaciones del sistema glicolítico deben considerarse dentro de un modelo pedagógico equilibrado, donde la exposición al esfuerzo anaeróbico se utilice como estímulo de aprendizaje motor y no como sobrecarga fisiológica.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Las adaptaciones crónicas del sistema de los fosfágenos

El sistema de los fosfágenos, compuesto por la fosfocreatina (PCr) y el ATP, proporciona energía inmediata para acciones breves y explosivas, como saltos o sprints. En los escolares, la capacidad de este sistema es menor que en los adultos debido a la baja concentración de enzimas como la creatina-quinasa (CK) y la adenilato-quinasa (Bogdanis, 2022). Sin embargo, este sistema se desarrolla progresivamente mediante la exposición controlada a ejercicios de alta intensidad y corta duración.

Las adaptaciones crónicas del sistema de fosfágenos incluyen el aumento del contenido muscular de PCr y la mejora en la tasa de resíntesis de ATP durante la recuperación. Estas adaptaciones son moduladas por la mejora del flujo sanguíneo y la densidad mitocondrial, que facilitan la reposición de sustratos energéticos (Bishop et al., 2022).

En el contexto escolar, los ejercicios pliométricos, los juegos de reacción y los sprints cortos promueven el desarrollo de este sistema. Es fundamental que la carga sea de corta duración (menos de 10 segundos) y con pausas suficientes para la recuperación del fosfágeno, garantizando la seguridad metabólica infantil (Hauser et al., 2023).

A nivel molecular, la regulación de la creatina-quinasa se asocia a la eficiencia del transporte de fosfatos entre el citoplasma y las mitocondrias. Este proceso, conocido como “shuttle de fosfocreatina”, es esencial para mantener la homeostasis energética en esfuerzos de alta intensidad (Wallimann et al., 2011).

Por tanto, el entrenamiento del sistema de los fosfágenos en niños debe orientarse hacia la estimulación de la potencia neuromuscular y la coordinación intermuscular, siempre respetando los límites fisiológicos del desarrollo.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Las funciones autocrinas, endocrinas y paracrinas del miocito

El músculo esquelético no solo cumple funciones mecánicas, sino que actúa como un órgano endocrino capaz de secretar “mioquinas”, sustancias que median la comunicación entre tejidos. Estas mioquinas ejercen acciones autocrinas (sobre el mismo miocito), paracrinas (en células vecinas) y endocrinas (a distancia), modulando procesos metabólicos y de reparación tisular (Pedersen & Febbraio, 2012).

Entre las mioquinas más estudiadas destacan la IL-6, la irisin, el miostatina y el BDNF, las cuales participan en la regulación del metabolismo energético, la lipólisis y la sensibilidad a la insulina. En escolares activos, los niveles de IL-6 e irisin se incrementan tras el ejercicio, reflejando una comunicación metabólica saludable (Whitham & Febbraio, 2017). La acción endocrina del músculo contribuye al control glucémico y lipídico, mientras que sus efectos autocrinos favorecen la biogénesis mitocondrial y la regeneración miofibrilar. Estas adaptaciones son esenciales para el crecimiento muscular y la prevención de enfermedades metabólicas desde edades tempranas (Boström et al., 2012).

Cuando el miocito secreta Catepsina B e Irisina, estas viajan por la sangre y atraviesan la barrera hematoencefálica. Una vez en el cerebro, estimulan la producción de BDNF (*Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro*). Es como "abono" para las neuronas: mejora la memoria, la plasticidad sináptica y la atención. La educación física no es un descanso del estudio; es el momento donde el miocito prepara al cerebro para estudiar mejor. El miocito produce Miostatina, una miocina de función autocrina y paracrina que limita el crecimiento muscular para que no sea excesivo o desproporcionado respecto al desarrollo óseo y tendinoso. El ejercicio de fuerza adecuado modula (baja) los niveles de miostatina, permitiendo que el niño desarrolle una musculatura funcional y saludable. Argumentar esto ayuda a romper el mito de que el entrenamiento de fuerza "detiene el crecimiento".

Uno de los puntos más debatidos en la fisiología actual es el papel de la Interleuquina-6 (IL-6). Tradicionalmente, la IL-6 se asociaba solo con la inflamación (producida por el sistema inmune). Sin embargo, cuando el miocito la produce por contracción muscular, actúa de forma antiinflamatoria. Esta "IL-6 muscular" inhibe otras sustancias pro-inflamatorias (como el TNF-

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

alpha). Esto explica por qué el ejercicio previene enfermedades metabólicas en escolares que tienen hábitos sedentarios, "limpiando" su organismo de la inflamación silenciosa (tabla 1).

Tabla 1. Descriptivo sobre las funciones.

Función	Alcance	Sustancias Clave (Miocinas/Factores)	Efecto / Propósito Principal
Autocrina	La misma célula que secreta la sustancia.	IGF-1 (Factor de Crecimiento Insulínico tipo 1).	Estimula la síntesis de proteínas y la hipertrofia muscular; reparación de la propia fibra.
Paracrina	Células vecinas (tejido muscular circundante, capilares).	Óxido Nítrico (NO), <i>VEGF</i> (Factor de crecimiento endotelial).	Favorece la vasodilatación local, la creación de nuevos capilares (angiogénesis) y activa células satélite.
Endocrina	Órganos distantes a través del torrente sanguíneo.	Irisina, Interleuquina-6 (<i>IL-6</i>), Miostatina.	Regula el metabolismo de las grasas, la producción de glucosa en el hígado y mejora la salud cognitiva (vía <i>BDNF</i>).

En el ámbito educativo, la comprensión del músculo como órgano endocrino amplía el horizonte didáctico del educador físico, promoviendo una enseñanza que integre la biología del movimiento con la salud integral. Actividades aeróbicas moderadas y ejercicios de fuerza ligera son estímulos eficaces para mantener una señalización mioquímica saludable en la niñez. Así, el reconocimiento del miocito como célula comunicadora redefine la educación física como ciencia aplicada al bienestar sistémico, en donde cada contracción muscular se convierte en un acto fisiológico y educativo.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Consideraciones en la rehabilitación de sarcopenia y mioesteatosis

Aunque la sarcopenia y la mioesteatosis son más frecuentes en adultos mayores, su prevención debe iniciarse en la infancia mediante hábitos de actividad física y nutrición adecuada. La sarcopenia se caracteriza por la pérdida progresiva de masa y fuerza muscular, mientras que la mioesteatosis implica infiltración grasa en el músculo, reduciendo su función metabólica (Cruz-Jentoft & Sayer, 2019).

En escolares con inactividad o desnutrición, se pueden observar signos iniciales de disfunción muscular, como menor fuerza relativa o baja capacidad aeróbica. Programas de educación física que combinen ejercicios de fuerza, equilibrio y resistencia pueden revertir estos efectos y prevenir alteraciones metabólicas futuras (Tieland et al., 2018).

Las adaptaciones fisiológicas inducidas por el ejercicio aumentan la síntesis proteica y la señalización de mTOR, promoviendo la hipertrofia muscular y el recambio proteico eficiente. Además, el ejercicio reduce la inflamación sistémica de bajo grado asociada con la mioesteatosis (Sanchis-Gomar et al., 2020). En el contexto escolar, la rehabilitación metabólica debe integrarse desde la prevención, enfatizando la importancia del movimiento diario, la alimentación equilibrada y el descanso adecuado. Estas acciones fortalecen la estructura muscular y estimulan la formación de hábitos saludables para toda la vida. Abordar la sarcopenia y la mioesteatosis desde la educación física escolar constituye una estrategia de salud pública de largo alcance, orientada a preservar la funcionalidad metabólica y la calidad de vida desde la infancia.

En la mioesteatosis, el músculo puede parecer tener un tamaño normal, pero su "calidad" es pobre (músculo "veteado" como el mármol). La rehabilitación no solo busca que el músculo crezca, sino que recupere su densidad radiológica. La mioesteatosis ocurre cuando la mitocondria no puede quemar la grasa que llega al músculo. El ejercicio crónico aumenta el número y eficiencia de las mitocondrias, eliminando esa grasa "tóxica" desde adentro. Los pacientes con estas condiciones suelen ser menos sensibles a la proteína y al ejercicio. Por ello, la rehabilitación debe ser más intensa y específica que un entrenamiento convencional para lograr romper esa barrera (Tabla 2).

Tabla 2. Rehabilitación de Sarcopenia y Mioesteatosis

Dimensión	Consideración en Sarcopenia (Masa/Función)	Consideración en Mioesteatosis (Calidad/Grasa)	Estrategia de Intervención
Objetivo Fisiológico	Revertir la atrofia de fibras tipo II y aumentar la síntesis proteica.	Reducir los depósitos de lípidos intramusculares y mejorar la flexibilidad metabólica.	Entrenamiento de Fuerza: Cargas progresivas para estimular la vía mTOR.
Estímulo Mecánico	Alta tensión mecánica para reclutar unidades motoras de alto umbral.	Contracciones que aumenten la oxidación de ácidos grasos (Beta-oxidación).	Entrenamiento Concéntrico/Excéntrico: Mejora la arquitectura muscular.
Función de Miocinas	Estimular \$IGF-1\$ para la proliferación de células satélite.	Aumentar la secreción de Irisina para transformar grasa blanca en parda.	Ejercicio Aeróbico Interválico: Optimiza la biogénesis mitocondrial.
Nutrición Clínica	Superávit proteico (Leucina) para compensar la resistencia anabólica.	Control de carga glucémica para reducir la lipogénesis <i>de novo</i> .	Distribución Proteica: 25-30g de proteína de alta calidad por comida.
Riesgo Metabólico	Fragilidad, caídas y pérdida de independencia.	Resistencia a la insulina e inflamación sistémica de bajo grado.	Entrenamiento Combinado (Concurrent): Fuerza + Resistencia cardiovascular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brooks, G. A., Fahey, T. D., Baldwin, K. M., & Kenney, W. L. (2023). *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications* (6th ed.). McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.1036/9781265202866>
- Hargreaves, M., & Spriet, L. L. (2020). *Skeletal muscle energy metabolism during exercise*. *Nature Metabolism*, 2(9), 817–828. <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2022). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance* (10th ed.). Wolters Kluwer Health. <https://doi.org/10.2105/AJPH.69.12.1257>
- Murray, R. K., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., Rodwell, V. W., & Weil, P. A. (2023). *Harper's Illustrated Biochemistry* (32nd ed.). McGraw-Hill Education. <https://accessmedicine.mhmedical.com/book.aspx?bookid=2988>
- Ratel, S., & Blazeovich, A. J. (2017). *Are prepubertal children metabolically comparable to well-trained adult endurance athletes?* *Sports Medicine*, 47(8), 1477–1485. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0661-9>
- Rowland, T. W., & Somers, E. (2021). *Metabolic responses to exercise in children: Implications for training and health*. *Frontiers in Physiology*, 12, 655268. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.655268>
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., Baldwin, K. M., & Kenney, W. L. (2023). *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications* (6th ed.). McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.1036/9781265202866>
- Catai, A. M., Pastre, C. M., Godoy, M. F., Silva, E. D., Takahashi, A. C. M., & Vanderlei, L. C. M. (2020). *Heart rate variability: Are you using it properly? Standardisation checklist of procedures*. *Frontiers in Physiology*, 11, 140. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00140>
- Eckberg, D. L. (2020). *Sympathovagal balance: A critical appraisal*. *Circulation Research*, 127(6), 791–799. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.120.317911>
- Hargreaves, M., & Spriet, L. L. (2020). *Skeletal muscle energy metabolism during exercise*. *Nature Metabolism*, 2(9), 817–828. <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>
- Hardie, D. G. (2022). *AMP-activated protein kinase: A key regulator of energy balance with many roles in human disease*. *Journal of Internal Medicine*, 292(4), 612–635. <https://doi.org/10.1111/joim.13544>
- Hauser, C., Henckel, R., & Kiechl, S. (2023). *Cardiorespiratory fitness and development of BMI, blood pressure and vascular health during childhood*. *Frontiers in Physiology*, 14, 1243434. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1243434>

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2022). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance* (10th ed.). Wolters Kluwer Health. <https://doi.org/10.2105/AJPH.69.12.1257>
- Murray, R. K., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., Rodwell, V. W., & Weil, P. A. (2023). *Harper's Illustrated Biochemistry* (32nd ed.). McGraw-Hill Education. <https://accessmedicine.mhmedical.com/book.aspx?bookid=2988>
- Ratel, S., & Blazeovich, A. J. (2017). *Are prepubertal children metabolically comparable to well-trained adult endurance athletes?* *Sports Medicine*, 47(8), 1477–1485. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0661-9>
- Raghuveer, G., Hartz, J., Lubans, D. R., Takken, T., Wiltz, J. L., Mietus-Snyder, M., ... & American Heart Association. (2020). *Cardiorespiratory fitness in youth: An important marker of health.* *Circulation*, 142(7), e101–e118. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000866>
- Rowland, T. W., & Somers, E. (2021). *Metabolic responses to exercise in children: Implications for training and health.* *Frontiers in Physiology*, 12, 655268. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.655268>
- Takken, T., Bongers, B. C., van Brussel, M., et al. (2023). *Practical aspects of cardiopulmonary exercise testing in pediatrics.* *Pediatric Exercise Science*, 35(4), 307–320. <https://doi.org/10.1123/pes.2023-0019>
- Bishop, D. J., Granata, C., & Eynon, N. (2022). *Molecular bases of training adaptation: Mitochondrial and metabolic responses to endurance exercise.* *Journal of Applied Physiology*, 132(5), 1203–1218. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00868.2021>
- Bogdanis, G. C. (2022). *Effects of training on muscle phosphagen stores.* *Sports Medicine – Open*, 8(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00406-3>
- Booth, F. W., Rueggsegger, G. N., Toedebusch, R. G., & Yan, Z. (2021). *Endurance exercise and the regulation of skeletal muscle mitochondrial biogenesis.* *Frontiers in Physiology*, 12, 698586. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.698586>
- Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., ... & Spiegelman, B. M. (2012). *A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis.* *Nature*, 481(7382), 463–468. <https://doi.org/10.1038/nature10777>
- Cruz-Jentoft, A. J., & Sayer, A. A. (2019). *Sarcopenia.* *The Lancet*, 393(10191), 2636–2646. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31138-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31138-9)
- Granata, C., Oliveira, R. S. F., Little, J. P., Renner, K., & Bishop, D. J. (2021). *Mitochondrial adaptations to endurance training: How signal transduction ensures physiological coordination.* *Acta Physiologica*, 231(1), e13571. <https://doi.org/10.1111/apha.13571>

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- Hauser, C., Henckel, R., & Kiechl, S. (2023). *Cardiorespiratory fitness and development of BMI, blood pressure and vascular health during childhood*. *Frontiers in Physiology*, 14, 1243434. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1243434>
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). *Muscles, exercise and obesity: Skeletal muscle as a secretory organ*. *Nature Reviews Endocrinology*, 8(8), 457–465. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49>
- Ratel, S., & Blazeovich, A. J. (2017). *Are prepubertal children metabolically comparable to well-trained adult endurance athletes?* *Sports Medicine*, 47(8), 1477–1485. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0661-9>
- Raghuveer, G., Hartz, J., Lubans, D. R., Takken, T., Wiltz, J. L., Mietus-Snyder, M., ... & American Heart Association. (2020). *Cardiorespiratory fitness in youth: An important marker of health*. *Circulation*, 142(7), e101–e118. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000866>
- Sanchis-Gomar, F., Gómez-Cabrera, M. C., Viña, J., & Lippi, G. (2020). *Effects of exercise on mitochondrial dysfunction in aging and sarcopenia*. *Free Radical Biology & Medicine*, 159, 47–68. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.07.015>
- Tieland, M., Trouwborst, I., & Clark, B. C. (2018). *Skeletal muscle performance and ageing*. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 9(1), 3–19. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12238>
- Wallimann, T., Tokarska-Schlattner, M., Neumann, D., Schlattner, U., & Epend, R. (2011). *Creatine kinase: An enzymatic antioxidant defender against oxidative and ischemic damage*. *Frontiers in Bioscience*, 16(1), 1408–1423. <https://doi.org/10.2741/3792>
- Whitham, M., & Febbraio, M. A. (2017). *The ever-expanding myokinome: Discovery challenges and therapeutic implications*. *Nature Reviews Drug Discovery*, 16(12), 819–834. <https://doi.org/10.1038/nrd.2017.167>



CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4

FISIOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y FLEXIBILIDAD EN ESCOLARES

Resumen

El sistema muscular constituye el soporte mecánico y funcional del movimiento humano, y en la infancia su desarrollo está estrechamente vinculado con los procesos de maduración neuromotora y la enseñanza de la educación física. Comprender las particularidades fisiológicas del músculo infantil permite diseñar estrategias pedagógicas adecuadas para fomentar la fuerza, la elasticidad y la coordinación sin poner en riesgo el crecimiento. Estas adaptaciones dependen tanto de los factores biológicos como el aumento del tamaño de las fibras y la mielinización neural como de los estímulos externos derivados de la práctica motriz sistemática (Malina et al., 2022). Desde una perspectiva didáctica, el entrenamiento en edades escolares debe orientarse hacia la exploración del movimiento, el desarrollo armónico de las capacidades físicas básicas y la consolidación de patrones motores. Las investigaciones actuales indican que el entrenamiento de fuerza controlado en niños no solo es seguro, sino que contribuye al desarrollo óseo, neuromuscular y metabólico (Faigenbaum & Myer, 2020). En este capítulo se abordan las características básicas del sistema muscular en niños, las diferencias de desarrollo entre sexos, la fisiología de la contracción, el reflejo miotático, las manifestaciones de la fuerza, las cargas adecuadas y los principales protocolos de evaluación muscular en el ámbito escolar. Asimismo, se analizan las tendencias actuales relacionadas con la digitalización del entrenamiento mediante tecnologías, Big Data e inteligencia artificial. El objetivo central es proporcionar fundamentos científicos y metodológicos para que los educadores físicos puedan planificar y dosificar la actividad muscular infantil con criterios de seguridad, progresión y eficacia. De esta manera, la educación física escolar se consolida como un espacio para el desarrollo integral del movimiento, la salud y la autorregulación corporal.

Palabras clave: Músculo esquelético; desarrollo infantil; fuerza; elasticidad; educación física escolar; tecnología deportiva; inteligencia artificial; entrenamiento didáctico.

INTRODUCCIÓN

En este último capítulo de la obra se enfatiza en procesos que buscan hacer inmersiones que buscan escudriñar procesos y fundamentos actualizados en materia del entrenamiento de la fuerza y la flexibilidad en etapas escolares, desmitificando creencias, mitos o aseveraciones carentes de la suficiente evidencia científica que pueda sostener la fiabilidad de afirmaciones referentes a este importante aspecto en etapas escolares. Para lograr estos objetivos se realiza una trazabilidad de conocimientos científicos iniciando por la caracterización de la musculatura en etapas infantiles, su amplia plasticidad que favorece el aprendizaje motor y con ello incidir en el perfeccionamiento de la técnica deportiva, siempre que se consideren preceptos pedagógicos y didácticos adecuados en consonancia con los procesos de maduración y desarrollo.

A partir del estudio de los fundamentos bilógicos de la musculatura infantil, el capítulo toca el aspecto de la proporción de masa muscular en niños y los preceptos que deben tenerse en cuenta dadas las etapas sensibles de ser estimuladas en estas edades. Un aspecto en el que se enfatiza es en las diversas formas de diseñar, aplicar y valorar las distintas manifestaciones de la fuerza y la flexibilidad en los niños, haciendo un barrido de una diversa gama de protocolos prácticos, factibles y reproducibles para la valoración de estas capacidades motoras.

En congruencia con procesos de actualidad se abordan temas que ilustran como la tecnología predomina el control de la preparación científica del deportista en la actualidad, generando una lluvia de datos necesarios para definir perfiles de las respuestas adaptativas y cuyas cantidades serían imposible de registrar adecuadamente y procesar sin la ayuda de las herramientas tecnológicas que hoy se disponen para la programación, control y evaluación de la preparación deportiva. Es en el adecuado uso de las herramientas tecnológicas donde se diferencian procesos deportivos de avanzada, fundamentados en el big data resultante que facilita disponer de la parametrización de la vida deportiva desde la iniciación hasta el profesionalismo élite, apartándose del azar y de la improvisación que conduce al fracaso. Para concluir, una introducción sobre la participación de la IA o la robótica en procesos de entrenamiento deportivo cierran el capítulo, pero abren el debate para obras completas que ilustren a las comunidades científicas y académicas de las ciencias del deporte y la actividad física.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

METODOLOGÍA

La presente revisión sistemática se diseñó para analizar críticamente el estado del conocimiento sobre los imaginarios docentes acerca de la diversidad cultural escolar en la literatura académica reciente.

Para garantizar la transparencia, rigurosidad y reproducibilidad del proceso, se aplicaron las directrices metodológicas establecidas por la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009, citado en Duk et al., 2019). La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo durante un periodo definido entre 2015 y 2025, en la base de datos Scopus que es especializada y de alto impacto en el campo objeto de estudio.

Población y Muestra

El proceso de selección se estructuró siguiendo las fases del diagrama de flujo PRISMA:

1. Identificación

- Se realizó una búsqueda avanzada en Scopus con el motor:

(TÍTULO-ABS-KEY (fuerza AND entrenamiento) AND TÍTULO-ABS-KEY
(escolares))
AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026
AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI"))
AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))
AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE, "Spanish"))
AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Niño")
OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Ejercicio")
OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Escolar")
OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Educación Física")
OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Actividad Física")
OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Fuerza muscular")
OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Fisiología"))
AND (LIMIT-TO (OA, "all"))).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- Esta estrategia permitió recuperar inicialmente 115 documentos científicos, sin aplicar todavía el filtro estricto de rango temporal.

2. Cribado (screening)

- Se aplicó un primer filtro temporal, seleccionando únicamente los estudios publicados en la última década (2015–2025), lo que redujo el corpus a 90 documentos.
- Luego se restringió la búsqueda al área temática Medicina (SUBJAREA “MEDI”), conservando 52 documentos.

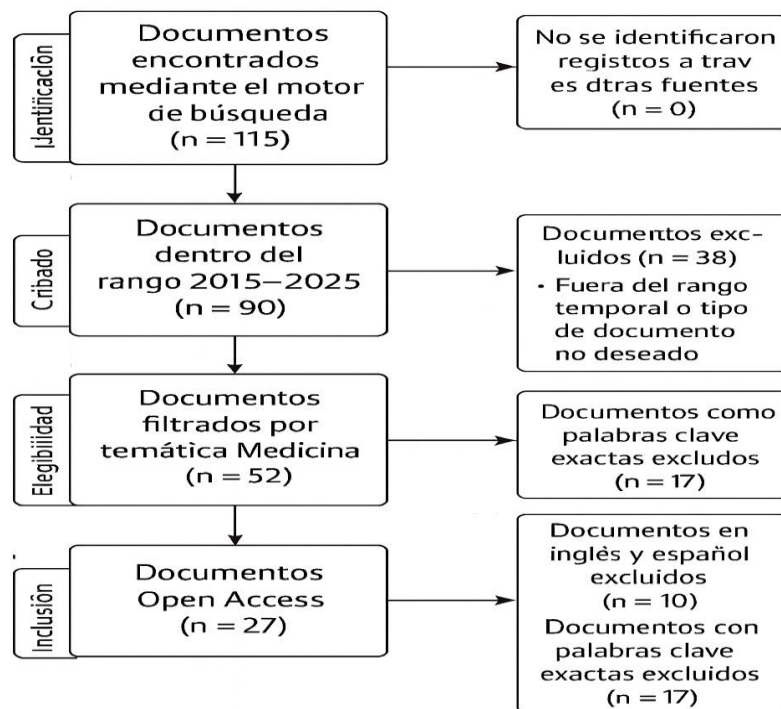
3. Elegibilidad

- De esos 52 documentos, se seleccionaron solo los clasificados como artículos científicos originales (DOCTYPE “ar”), quedando 48 artículos.
- Posteriormente se limitaron los resultados a los idiomas inglés y español, obteniéndose 42 artículos.
- A continuación, se verificó la presencia de las palabras clave exactas relacionadas con la fuerza, el entrenamiento y la población escolar (Niño, Ejercicio, Escolar, Educación Física, Actividad Física, Fuerza muscular, Fisiología), lo que redujo el conjunto a 31 documentos potencialmente elegibles tras la lectura de título y resumen.

4. Inclusión

- Se seleccionaron aquellos estudios que, además de cumplir todos los criterios anteriores, estaban disponibles en acceso abierto (OA), conformando una muestra final de 27 documentos, que constituyen la base para el análisis de la fisiología del entrenamiento de fuerza y flexibilidad en escolares desarrollado en el capítulo correspondiente.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar



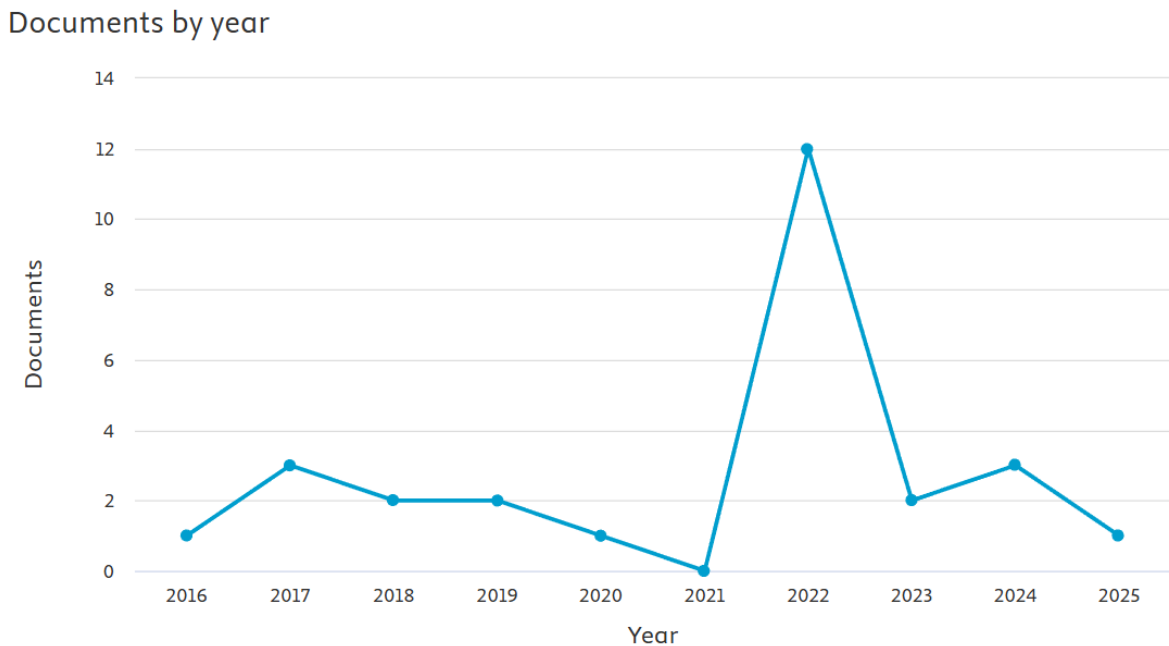
RESULTADOS

El Gráfico 1 muestra la distribución anual de los 27 documentos científicos incluidos tras el proceso de depuración PRISMA para el capítulo sobre fisiología del entrenamiento de fuerza y flexibilidad en escolares. La figura evidencia variaciones relevantes en la producción científica entre 2016 y 2025.

En primer lugar, se observa que entre 2016 y 2020 la producción académica se mantiene en niveles bajos y relativamente estables, con valores que oscilan entre 1 y 3 documentos por año. Este comportamiento indica que durante este periodo la investigación relacionada con la fuerza, la flexibilidad y la fisiología del ejercicio en población escolar avanzó de manera gradual y con aportes aislados, sin un crecimiento sostenido. En 2021, la ausencia de publicaciones detectadas dentro del filtro aplicado (0 documentos) marca un punto atípico dentro de la serie temporal. Esto puede deberse a retrasos en los procesos editoriales, cambios en las líneas de investigación o variaciones en la disponibilidad de estudios que cumplieran simultáneamente todos los criterios de búsqueda y elegibilidad establecidos.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Gráfico 1. Documentos por año



Fuente: Scopus 2025

El año 2022 constituye el punto más destacado del gráfico, al registrar 12 documentos, lo que representa el mayor volumen de producción en toda la serie. Este incremento notable sugiere un renovado interés por el estudio de las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de fuerza y flexibilidad en niños y adolescentes, posiblemente impulsado por nuevas directrices educativas, mayor preocupación por la salud escolar postpandemia o líneas de investigación consolidándose en ese periodo. Entre 2023 y 2025 se observa una moderada estabilización, con valores entre 1 y 3 documentos por año, lo que indica una continuidad investigativa, aunque sin alcanzar nuevamente el pico excepcional de 2022. Esta etapa refleja que el tema sigue vigente en la literatura científica, pero con una producción más equilibrada y acorde a patrones anuales previos.

En conjunto, la evolución temporal sugiere que el campo ha tenido un crecimiento irregular, destacándose un año de alta productividad (2022) dentro de un panorama general de moderada continuidad investigativa. Estos resultados aportan una perspectiva clara sobre las tendencias de publicación y permiten contextualizar la evidencia utilizada en el capítulo.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

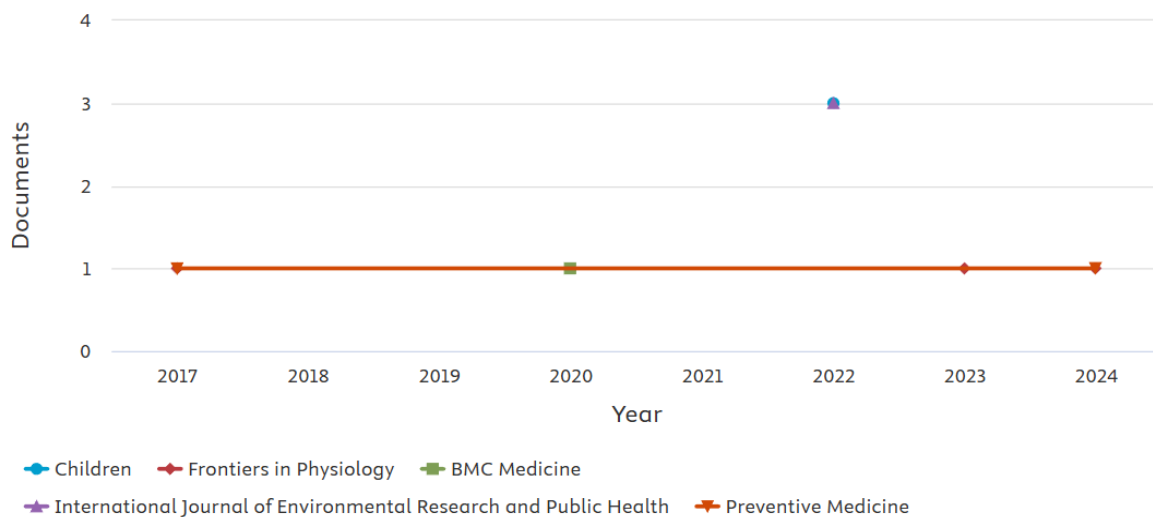
El Gráfico 2 presenta la distribución de los documentos incluidos según la revista o fuente científica, analizando cómo ha sido su comportamiento editorial entre 2017 y 2024. Este gráfico permite identificar no solo la cantidad de publicaciones por año, sino también qué revistas han sido los canales principales de divulgación en el campo de la fuerza, flexibilidad y fisiología del ejercicio en población escolar.

Gráfico 2. Documentos por año según la fuente de publicación

Documents per year by source

Compare the document counts for up to 10 sources.

[Compare sources and view CiteScore, SJR, and SNIP data](#)



Fuente: Scopus 2025

En primer lugar, se observa que la producción está altamente dispersa entre distintas revistas, sin que exista una única fuente hegemónica que concentre de manera sostenida la mayor parte de las publicaciones. La mayoría de las revistas incluidas (*Frontiers in Physiology*, *BMC Medicine*, *Preventive Medicine*, entre otras) presentan solo un documento en los años en que aparecen, lo cual indica contribuciones aisladas y distribuidas de forma uniforme. Durante 2017, 2020, 2023 y 2024, el comportamiento es muy similar: cada revista aporta únicamente 1 documento, lo que sugiere que en esos años no se generaron núcleos editoriales fuertes, sino publicaciones independientes desde distintos enfoques disciplinarios como fisiología, medicina preventiva o salud pública.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El punto más relevante del gráfico se presenta en el año 2022, donde se observa un incremento notable en dos revistas específicas: *Children* e *International Journal of Environmental Research and Public Health*, cada una con 3 documentos aproximadamente. Este comportamiento coincide con el pico de producción identificado en la tendencia anual (Gráfico 1), lo que indica que durante ese periodo estas revistas actuaron como los principales vehículos para la publicación de estudios relacionados con la temática en escolares. Es posible que estas revistas tuvieran números especiales, llamados de investigación, o priorización de temas vinculados a actividad física postpandemia.

En conjunto, la evolución editorial refleja que, aunque el campo mantiene un interés científico constante, este interés se distribuye en múltiples revistas sin una línea editorial dominante. Los picos puntuales —como el observado en 2022— muestran momentos de concentración temática, pero no una tendencia sostenida hacia un único canal de divulgación. Este patrón de dispersión sugiere que la investigación en fuerza y flexibilidad en niños y adolescentes es multidisciplinar, abordada desde perspectivas médicas, fisiológicas, ambientales y de salud pública. Por ello, la revisión sistemática debe considerar esta diversidad editorial para garantizar una síntesis equilibrada de la evidencia.

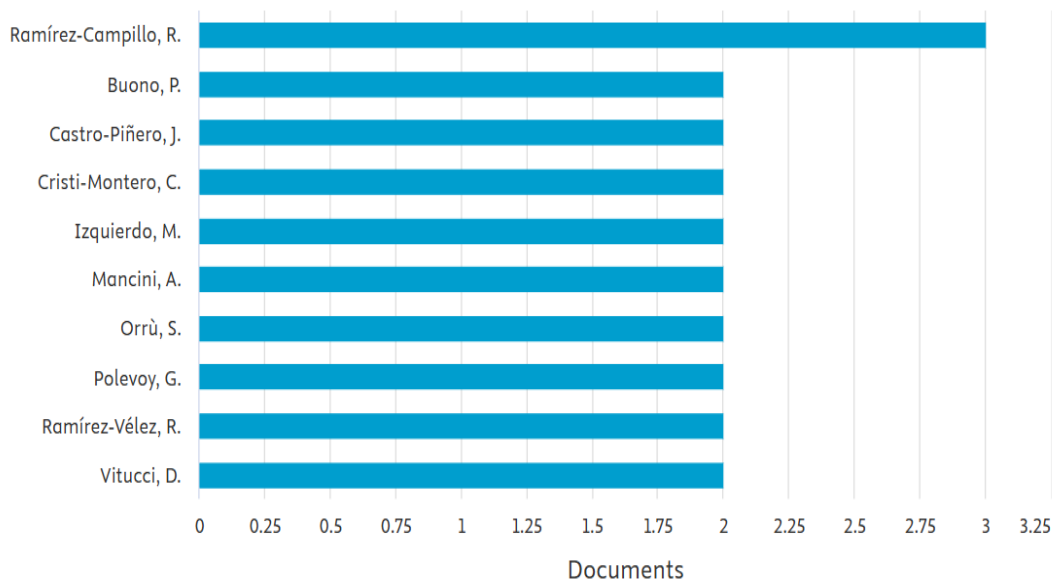
El gráfico 3 muestra la productividad científica de los autores más relevantes dentro del conjunto de estudios incluidos en la revisión, permitiendo identificar a los investigadores con mayor influencia y recurrencia en temas relacionados con la fuerza, flexibilidad y capacidades físicas en población infantil y adolescente. En primera instancia, destaca claramente Ramírez-Campillo, R., quien presenta 3 documentos, convirtiéndose en el autor con mayor producción dentro del corpus analizado. Este resultado es coherente con su trayectoria investigativa, ampliamente reconocida en áreas como el entrenamiento pliométrico, el rendimiento físico y las adaptaciones neuromusculares en niños y jóvenes. Su presencia dominante sugiere que sus trabajos han contribuido de manera significativa al desarrollo metodológico y a la comprensión de las respuestas fisiológicas del ejercicio en edades tempranas.

El segundo grupo de autores —compuesto por Buono, P.; Castro-Piñero, J.; Cristi-Montero, C.; Izquierdo, M.; Mancini, A.; Orrù, S.; Polevoy, G.; Ramírez-Vélez, R.; y Vitucci, D.— registra una producción uniforme de 2 documentos cada uno. Este patrón homogéneo indica

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

que, aunque ninguno alcanza el volumen individual del principal autor identificado, todos ellos poseen una participación científica estable que contribuye de forma complementaria a diferentes enfoques del campo, desde la fisiología del ejercicio y el control motor hasta la salud pública y el rendimiento escolar.

Gráfico 3. Documentos por autor



Fuente: Scopus 2025

La presencia de autores provenientes de distintos países y tradiciones de investigación sugiere un campo altamente colaborativo y con diversidad metodológica. Investigadores como Castro-Piñero e Izquierdo representan líneas fuertes de evaluación muscular y condición física, mientras que Ramírez-Vélez aporta desde la epidemiología del ejercicio, y otros autores participan desde áreas como la medicina preventiva y el entrenamiento deportivo. En conjunto, el gráfico evidencia que, aunque existe un liderazgo claro —representado por Ramírez-Campillo—, el resto de la producción se distribuye entre autores con contribuciones relativamente equilibradas. Esto respalda la idea de que la investigación en capacidades físicas de niños y adolescentes es multidisciplinaria, internacional y con múltiples grupos aportando evidencia de manera paralela. Además, la diversidad autoral indica que no depende exclusivamente de un solo grupo de investigación, lo cual fortalece la validez y amplitud del cuerpo de conocimiento disponible.

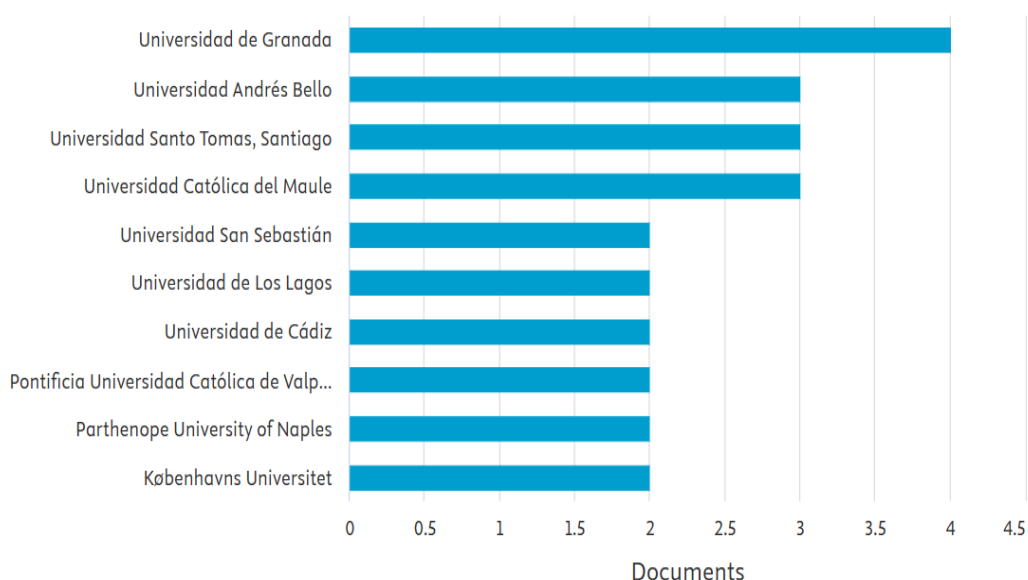
Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El gráfico 4 presenta la productividad institucional dentro del corpus analizado, permitiendo identificar las universidades y centros de investigación que más han contribuido al estudio de la fisiología del entrenamiento de fuerza y flexibilidad en escolares. En primera instancia, destaca la Universidad de Granada, con 4 documentos, situándose como la institución con mayor producción en el tema. Este liderazgo sugiere la existencia de uno o varios grupos de investigación consolidados cuya línea de trabajo aporta con regularidad evidencia sobre intervenciones de fuerza, flexibilidad y adaptaciones fisiológicas en población escolar.

Gráfico 4. Documentos por afiliación

Documents by affiliation

Compare the document counts for up to 15 affiliations.



Fuente: Scopus 2025

A continuación, aparece un segundo bloque conformado por Universidad Andrés Bello, Universidad Santo Tomás (Santiago) y Universidad Católica del Maule, cada una con 3 documentos. La presencia de estas instituciones indica un núcleo activo particularmente fuerte en Chile, lo que sugiere que en ese país se han desarrollado programas o proyectos que han generado múltiples publicaciones en torno al entrenamiento en escolares. El resto de las afiliaciones del gráfico —por ejemplo, Universidad San Sebastián, Universidad de Los Lagos, Universidad de

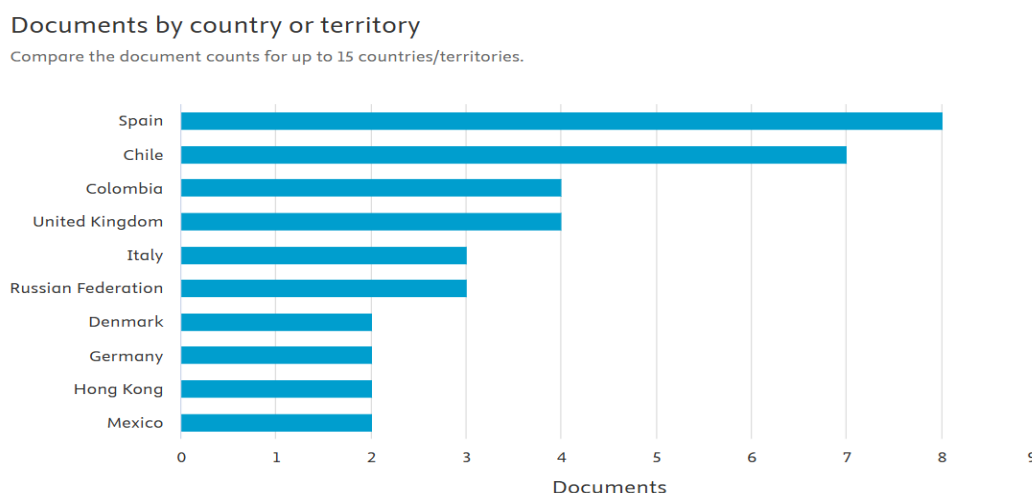
Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Cádiz, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Parthenope University of Naples y Københavns Universitet— aporta 2 documentos cada una. Este patrón muestra una participación más distribuida de instituciones que, aunque no alcanzan la productividad de los líderes, contribuyen de forma sostenida y complementaria desde distintos contextos académicos y geográficos.

La combinación de universidades iberoamericanas y europeas evidencia la naturaleza transnacional del interés por la temática. Mientras que la Universidad de Granada y varias instituciones chilenas configuran un eje iberoamericano relevante, la presencia de centros europeos confirma la existencia de redes internacionales y enfoques metodológicos diversos en la investigación sobre fuerza y flexibilidad en edad escolar.

En conjunto, el gráfico refleja que, aunque existe un liderazgo institucional claro (Universidad de Granada), la producción científica se sostiene sobre un conjunto relativamente amplio de universidades que aportan evidencias complementarias. Para la monografía, esto implica que la síntesis debe incorporar la diversidad institucional y contrastar resultados según el contexto (p. ej., diferencias en currículo escolar, recursos para intervención, criterios de evaluación), así como identificar si los trabajos proceden de grupos con colaboración continua o de investigaciones independientes.

Gráfico 5. Documentos por país o territorio



Fuente: Scopus 2025

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

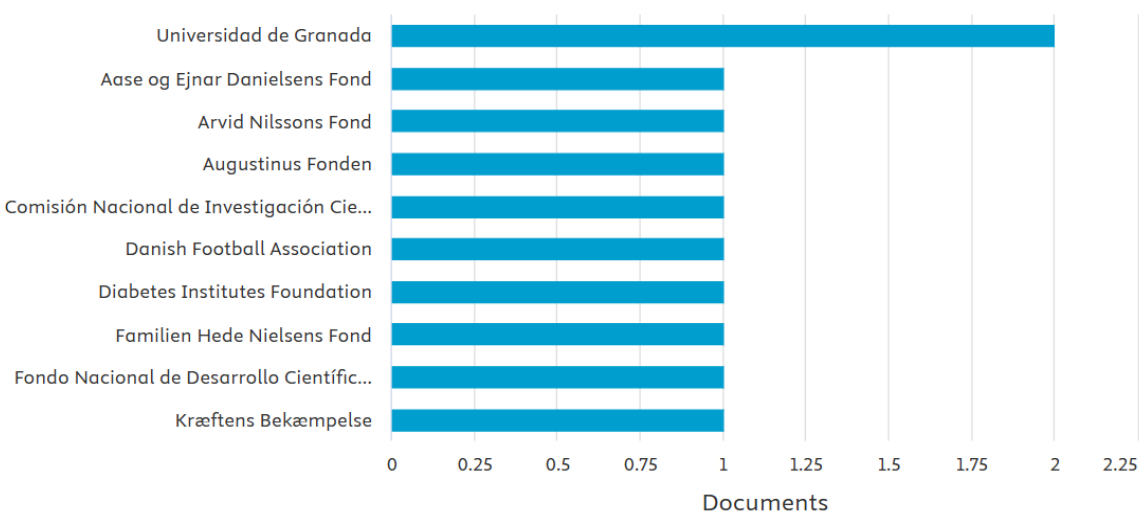
El gráfico presenta la distribución de documentos según el país o territorio donde fueron publicados. Se observa una clara concentración en unos pocos países, lo que evidencia diferencias en productividad científica dentro del tema estudiado. En primer lugar, España encabeza la producción con 8 documentos, posicionándose como el país con mayor número de publicaciones, lo que sugiere un interés consolidado en la temática y una producción académica más robusta en comparación con los demás países. En segundo lugar aparece Chile con 7 documentos, mostrando también una participación destacada y un aporte significativo al cuerpo de literatura.

Posteriormente, se ubican Colombia y Reino Unido, ambos con 4 documentos, reflejando un nivel de contribución moderado, pero relevante dentro del contexto regional y global. Más abajo se encuentran Italia y la Federación Rusa, cada una con 3 documentos, indicando participación, pero menos predominante. Países como Dinamarca, Alemania, Hong Kong y México registran 2 documentos cada uno, mostrando una presencia menor pero aún representativa dentro del análisis general. En conjunto, el gráfico permite observar una tendencia donde pocos países concentran la mayor parte de los documentos, mientras que otros aportan de forma más limitada. Esto puede deberse a factores como inversión en investigación, prioridades académicas, disponibilidad de grupos de estudio o tradición científica en el área específica examinada.

Gráfico 6. Documentos según entidad financiadora.

Documents by funding sponsor

Compare the document counts for up to 15 funding sponsors.



Fuente: Scopus 2025

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El gráfico presenta la distribución de documentos según la entidad financiadora registrada en Scopus. Se observa que la mayoría de los patrocinadores aportan un solo documento, lo que evidencia una dispersión en las fuentes de financiación y una baja concentración del apoyo económico dentro del tema estudiado. En primer lugar, destaca la Universidad de Granada, que encabeza la lista con 2 documentos, posicionándose como la institución con mayor participación en la financiación de investigaciones relacionadas. Este resultado sugiere un compromiso institucional más sólido y una inversión relativamente mayor frente a los demás financiadores.

En contraste, el resto de las entidades entre ellas Aase og Ejnar Danielsens Fond, Arvid Nilssons Fond, Augustinus Fonden, la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, la Danish Football Association, la Diabetes Institutes Foundation, Familien Hede Nielsens Fond, el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, y Kræftens Bekæmpelse registran 1 documento cada una. Esto refleja una participación equilibrada, pero limitada, por parte de diversos organismos públicos, privados y fundaciones internacionales.

En conjunto, el gráfico muestra que la financiación está ampliamente distribuida entre múltiples patrocinadores, aunque con aportes muy pequeños por entidad. Esta tendencia puede asociarse con proyectos de bajo presupuesto, convocatorias específicas, estudios independientes financiados parcialmente o la ausencia de grandes organizaciones concentrando la inversión. Además, la presencia de instituciones de distintos países indica un interés internacional, aunque no centralizado, en el ámbito investigado.

El gráfico 7 presenta la distribución de documentos según el área temática en la que fueron clasificados dentro de Scopus. Se observa una marcada concentración en un solo campo del conocimiento, lo que evidencia una orientación predominante de la producción científica hacia una disciplina específica. En primer lugar, Medicina destaca ampliamente como el área con mayor número de documentos, acumulando el 64,3% del total. Esta proporción refleja un interés claramente centrado en temas clínicos, biomédicos o relacionados con la salud, indicando que la investigación en este ámbito constituye el eje principal del cuerpo de literatura analizado.

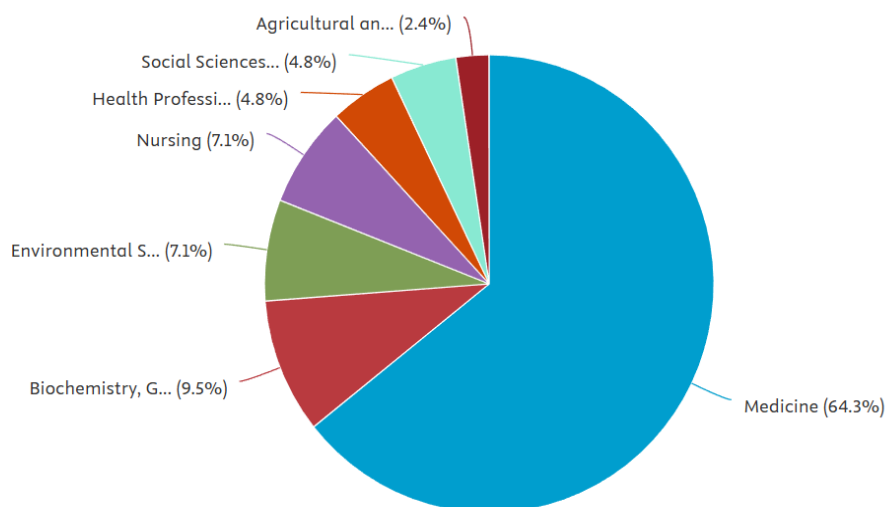
En segundo lugar aparece Bioquímica, Genética y Biología Molecular, con 9,5% de los documentos, lo que muestra una contribución importante, aunque considerablemente menor en

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

comparación con Medicina. Este porcentaje sugiere que parte de los estudios se orientan hacia bases biológicas y procesos moleculares complementarios al área principal.

Gráfico 7. Documentos por área temática.

Documents by subject area



Fuente: Scopus 2025

Posteriormente, se ubican Ciencias Ambientales y Enfermería, ambas con 7,1% de los documentos. Estas áreas presentan un aporte moderado, evidenciando que, aunque no son predominantes, sí participan de manera constante en la producción científica del tema estudiado. Más abajo se encuentran Profesiones de la Salud y Ciencias Sociales, cada una con 4,8%, indicando una presencia menor pero aún relevante, especialmente al considerar enfoques interdisciplinarios. Por su parte, Agricultura y Ciencias Biológicas aparece con el porcentaje más bajo, 2,4%, reflejando un involucramiento reducido dentro del conjunto total de publicaciones.

En conjunto, el gráfico muestra una tendencia clara hacia la concentración temática, donde Medicina domina de forma contundente la producción científica, mientras que el resto de las áreas aportan de manera más limitada. Esta distribución puede deberse a factores como la naturaleza del fenómeno estudiado, la disponibilidad de financiamiento, la orientación de los grupos de investigación o la relevancia clínica asociada al tema analizado.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Características básicas del sistema muscular en niños: maduración y desarrollo

Durante la infancia, el sistema muscular atraviesa una fase de maduración que se caracteriza por el aumento del número y tamaño de las fibras musculares, la mielinización de las vías motoras y la mejora de la coordinación intermuscular. Estas transformaciones se producen bajo la influencia de factores hormonales, genéticos y ambientales, y determinan la capacidad del niño para generar fuerza y mantener la postura (Malina et al., 2022).

El crecimiento muscular infantil es predominantemente de tipo hipertrófico, dado que la hiperplasia (aumento del número de fibras) es mínima después del nacimiento. La masa muscular representa cerca del 25 % del peso corporal al nacer y alcanza alrededor del 40 % en la adolescencia (Beunen & Malina, 2008). Este incremento se acompaña de una mayor síntesis de proteínas miofibrilares y del desarrollo de unidades motoras más eficientes.

En la práctica escolar, estas particularidades implican que los ejercicios deben orientarse hacia la estimulación coordinativa y el fortalecimiento general, evitando cargas máximas que puedan afectar los cartílagos de crecimiento. Las actividades con el propio peso corporal, el trabajo en circuito y los juegos de empuje y tracción favorecen una maduración muscular equilibrada (Faigenbaum & Myer, 2020). Además, el desarrollo muscular infantil está estrechamente ligado al aprendizaje motor. A medida que las fibras se vuelven más eficientes y las vías nerviosas maduran, se optimiza la precisión del movimiento y la economía gestual. Este proceso permite que el niño adquiera un control postural más estable y un rendimiento motor superior en las actividades escolares (Lloyd & Oliver, 2022).

Por tanto, el conocimiento de la fisiología del desarrollo muscular es fundamental para planificar tareas adecuadas a la edad biológica y al nivel de maduración de cada estudiante, consolidando una educación física basada en la ciencia y en la seguridad del desarrollo.

Diferencias del desarrollo muscular en niños y niñas

Las diferencias musculares entre niños y niñas comienzan a manifestarse a partir de la pubertad, cuando el aumento de testosterona en los varones estimula una mayor síntesis proteica y desarrollo de masa magra. En edades prepuberales, sin embargo, ambos sexos presentan una composición muscular similar y diferencias de fuerza mínimas (Beunen & Malina, 2008).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Durante la niñez, la masa muscular aumenta progresivamente en ambos sexos debido a la influencia del crecimiento somático y la actividad física. Las niñas suelen mostrar una mayor flexibilidad y coordinación, mientras que los niños presentan una ligera ventaja en fuerza absoluta, principalmente por la mayor sección transversal del músculo y el patrón de reclutamiento neuromuscular (Faigenbaum & Myer, 2020).

El entorno educativo debe evitar reforzar estereotipos de género en la práctica motriz. Tanto niños como niñas pueden beneficiarse de programas de fuerza, resistencia y coordinación adaptados a su nivel de maduración. La inclusión y la equidad en la planificación del movimiento son esenciales para garantizar un desarrollo equilibrado (Lloyd & Oliver, 2022).

Desde la perspectiva fisiológica, las niñas alcanzan antes la madurez biológica, lo que puede influir en la eficiencia del control motor y la estabilidad postural. No obstante, la ganancia de fuerza relativa en ambos sexos depende más del aprendizaje neuromuscular que de los niveles hormonales (Behm et al., 2022). En consecuencia, los programas de entrenamiento escolar deben considerar el sexo biológico y la edad de maduración como variables pedagógicas, diseñando actividades que potencien el desarrollo muscular sin generar comparaciones competitivas, sino promoviendo la cooperación y el progreso individual.

Fisiología del proceso contráctil en el músculo esquelético

La contracción muscular es el proceso fisiológico que permite la producción de movimiento y fuerza. Se origina con la llegada de un potencial de acción al sarcolema, seguido por la liberación de iones de calcio (Ca^{2+}) desde el retículo sarcoplásmico. Este calcio se une a la troponina-C, lo que provoca un desplazamiento de la tropomiosina y permite la interacción entre la actina y la miosina, generando el acortamiento de las miofibrillas (McArdle et al., 2022).

En los niños, el proceso contráctil presenta particularidades derivadas de la inmadurez neuromuscular. La velocidad de conducción nerviosa es menor y la liberación de calcio es más lenta, lo que reduce la potencia contráctil máxima. Sin embargo, esta característica también confiere una mayor resistencia a la fatiga y una rápida recuperación entre esfuerzos, lo cual resulta beneficioso en el contexto escolar (Malina et al., 2022).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El desarrollo del control motor durante la infancia mejora la coordinación intramuscular y el reclutamiento progresivo de unidades motoras. Estas adaptaciones neuromusculares preceden a las morfológicas, explicando por qué las ganancias iniciales de fuerza en niños son predominantemente neurales y no hipertrofias (Behm et al., 2022).

La comprensión de la fisiología contráctil permite al educador físico orientar el entrenamiento hacia la activación adecuada del músculo, mediante tareas que estimulen la sincronización y el ritmo. Juegos de reacción, ejercicios de equilibrio y movimientos de tracción o empuje controlados ayudan a optimizar el patrón de reclutamiento sin comprometer la integridad estructural del músculo. En síntesis, la contracción muscular en edad escolar debe ser entendida como un proceso biológico en constante aprendizaje. El docente que conoce los mecanismos fisiológicos puede transformar cada actividad motriz en una oportunidad para reforzar la coordinación, la fuerza funcional y la conciencia corporal del estudiante.

El reflejo miotático y la elasticidad en niños

El reflejo miotático, también conocido como reflejo de estiramiento, es una respuesta involuntaria del músculo esquelético ante el estiramiento rápido de sus fibras. Se origina en los husos neuromusculares, receptores sensoriales que detectan cambios en la longitud muscular y envían señales aferentes hacia la médula espinal, donde se activa una contracción refleja para evitar el sobreestiramiento (Enoka & Duchateau, 2017).

En los niños, el reflejo miotático es más sensible debido a la alta excitabilidad de las motoneuronas y a la menor inhibición presináptica. Esto se traduce en una mayor elasticidad y capacidad de rebote, características que se aprovechan en actividades lúdicas como saltos o carreras (Granacher et al., 2016). Sin embargo, esta misma sensibilidad requiere una planificación cuidadosa para evitar lesiones por hiperextensión o sobrecarga.

El entrenamiento de la elasticidad durante la niñez debe centrarse en la educación del movimiento, priorizando ejercicios de amplitud controlada y estiramientos activos. La flexibilidad excesiva sin control neuromuscular puede generar inestabilidad articular, mientras que una rigidez elevada limita la movilidad funcional (Behm et al., 2022).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Las actividades dinámicas con componentes de rebote, como saltos suaves en colchonetas o juegos de coordinación, estimulan la interacción entre el reflejo miotático y la elasticidad muscular. Estas tareas fortalecen la relación entre sistema nervioso y muscular, mejorando la capacidad reactiva sin comprometer el desarrollo osteomuscular.

Por tanto, comprender el reflejo miotático y su función educativa permite al docente transformar la flexibilidad y el estiramiento en herramientas de aprendizaje motriz, integrando la neurofisiología con la didáctica del movimiento.

Las manifestaciones del tipo de fuerza en niños

La fuerza es una capacidad física fundamental que se manifiesta en diferentes formas según la velocidad, la magnitud y el objetivo del movimiento. En el ámbito escolar, las manifestaciones más relevantes son la fuerza máxima, la fuerza explosiva, la fuerza resistencia y la fuerza reactiva (Lloyd & Oliver, 2022). Cada una depende de la maduración neuromuscular y del tipo de fibras predominantes en el niño.

En las edades tempranas, la fuerza máxima está limitada por la baja masa muscular y la inmadurez hormonal; sin embargo, la fuerza relativa —proporcional al peso corporal— suele ser elevada. Los niños muestran una notable capacidad para realizar repeticiones submáximas, lo que los hace aptos para entrenamientos de tipo resistencia-fuerza mediante juegos y circuitos (Faigenbaum & Myer, 2020).

La fuerza explosiva, relacionada con la potencia, depende de la coordinación intermuscular y de la velocidad de activación neural. Actividades como saltos, lanzamientos o desplazamientos rápidos estimulan esta manifestación y mejoran el rendimiento motor global (Behm et al., 2022).

La fuerza resistencia, en cambio, se desarrolla mediante esfuerzos prolongados con cargas ligeras, promoviendo la adaptación metabólica y cardiovascular. Su entrenamiento contribuye a la mejora del tono postural y la prevención de la fatiga muscular durante las actividades escolares (Malina et al., 2022).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

La fuerza reactiva o elástica, derivada del ciclo de estiramiento-acortamiento, es especialmente útil en edades escolares para mejorar la agilidad y la economía de movimiento. Su enseñanza debe basarse en la progresión, la diversión y la seguridad, respetando siempre los principios de carga adaptados a la edad biológica.

Características de las cargas de ejercicios de fuerza en niños

El entrenamiento de fuerza en la infancia debe concebirse como una herramienta educativa orientada al desarrollo de la motricidad, la coordinación y la salud, no como una práctica competitiva. Las cargas deben planificarse bajo principios de progresión, individualización y seguridad, considerando la madurez biológica y el nivel de experiencia motriz de cada niño (Faigenbaum & Myer, 2020).

La evidencia científica actual demuestra que el trabajo de fuerza supervisado en niños no solo es seguro, sino que contribuye al aumento de la densidad mineral ósea, mejora la composición corporal y fortalece el sistema músculo-tendinoso (Behm et al., 2022). La intensidad ideal para edades escolares debe oscilar entre el 40 % y el 60 % de la repetición máxima estimada, con énfasis en la técnica y el control postural.

En términos didácticos, el trabajo con cargas debe presentarse de forma lúdica y progresiva. Ejercicios con el propio peso corporal, bandas elásticas, pelotas medicinales y estaciones de movimiento permiten desarrollar fuerza funcional sin riesgos. La prioridad no es la carga externa, sino la eficiencia del movimiento y la conciencia corporal (Granacher et al., 2016).

El educador físico debe monitorear constantemente las respuestas fisiológicas de los estudiantes, evitando la fatiga excesiva y garantizando periodos adecuados de recuperación. La aplicación del principio de “menor carga, mayor frecuencia” resulta más efectiva para el desarrollo de la fuerza en esta etapa evolutiva (Lloyd & Oliver, 2022). La planificación de las cargas de fuerza en la infancia debe integrarse dentro de un modelo de desarrollo motor global. El objetivo no es el rendimiento competitivo, sino la creación de una base sólida para la práctica deportiva futura y la promoción de hábitos de actividad física saludable.

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Protocolos para valorar la masa muscular en niños

La evaluación de la masa muscular infantil es un componente esencial del diagnóstico del desarrollo físico y la planificación del entrenamiento escolar. Existen diversos métodos, desde mediciones antropométricas hasta técnicas avanzadas de imagen, cada una con distintos niveles de precisión y aplicabilidad (Ramos-Ibáñez et al., 2022).

En el contexto escolar, los protocolos más utilizados son la antropometría y la bioimpedancia eléctrica (BIA). La antropometría permite estimar la masa muscular a partir de pliegues cutáneos y perímetros corporales, aplicando ecuaciones validadas como las de Slaughter o Deurenberg. La BIA, por su parte, ofrece una medida indirecta de la masa magra total mediante la resistencia eléctrica del cuerpo (Kakinami et al., 2021).

Para niños y adolescentes, la utilización de técnicas como la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) o la resonancia magnética (MRI) se reserva para estudios clínicos, debido a su costo y complejidad. No obstante, estos métodos han permitido validar ecuaciones escolares simplificadas con alta correlación (Ramos-Ibáñez et al., 2022).

Desde una perspectiva didáctica, las valoraciones deben ser comprensibles y no generar comparaciones negativas entre estudiantes. El énfasis debe estar en el seguimiento individual y la promoción del autoconocimiento corporal. Los registros periódicos permiten observar el progreso, fomentando la autorregulación y la motivación.

Por tanto, los protocolos de valoración muscular en la escuela deben combinar rigor técnico con una visión pedagógica, donde cada medición se convierta en un aprendizaje sobre la propia evolución física y no en un juicio de rendimiento.

Protocolos para valorar la fuerza muscular en niños

La fuerza muscular en niños se puede evaluar mediante pruebas isométricas, isotónicas o funcionales, adaptadas a la edad y experiencia del participante. Los protocolos deben priorizar la seguridad, la motivación y la reproducibilidad. Entre los más usados se encuentran la prueba de dinamometría manual, los saltos verticales y las repeticiones submáximas con el propio peso (Tanner & Chamberlain, 2023).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

El test de salto vertical (Sargent o Countermovement Jump) es uno de los indicadores más válidos para medir fuerza explosiva en la infancia. Permite evaluar la potencia de miembros inferiores sin riesgo de sobrecarga, siendo ideal para programas escolares (Granacher et al., 2016).

Para valorar la fuerza isométrica, se utilizan dinamómetros de mano o dispositivos portátiles. Estas mediciones reflejan la fuerza de prensión, altamente correlacionada con la fuerza global del cuerpo. Estudios recientes destacan que la fuerza de agarre es un predictor de salud metabólica en la infancia (Wind et al., 2023).

En contextos educativos, los protocolos deben aplicarse como actividades de aprendizaje. Se puede incluir el registro de resultados y la comparación progresiva individual como estrategias para promover la autoevaluación. Esto convierte la medición fisiológica en una herramienta didáctica que refuerza la autoconfianza y la comprensión de la mejora personal.

En resumen, la valoración de la fuerza muscular en la escuela debe trascender la cuantificación y convertirse en una práctica formativa, que una el conocimiento fisiológico con la pedagogía del movimiento.

Protocolos para valorar la flexibilidad en niños

La flexibilidad es una capacidad física que refleja la movilidad de las articulaciones y la elasticidad muscular. En la infancia, su desarrollo es prioritario debido a la alta plasticidad del tejido conectivo y la necesidad de establecer patrones de movimiento amplios y coordinados (Behm et al., 2022).

Los protocolos más empleados en el ámbito escolar son el test de flexión profunda del tronco (Sit and Reach), el test de hombros y muñecas, y las mediciones angulares con goniómetro. Estas pruebas ofrecen datos válidos y reproducibles, y pueden aplicarse en entornos educativos con mínimos recursos (Ayala et al., 2019).

El test de Sit and Reach es el más difundido por su simplicidad y capacidad para valorar la flexibilidad de la cadena posterior. Se recomienda aplicarlo tres veces y considerar el mejor resultado, asegurando una adecuada fase de calentamiento previa (Ayala et al., 2019).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Las valoraciones de flexibilidad deben ser parte del proceso educativo, no un fin competitivo. El docente debe explicar el propósito fisiológico de los estiramientos y cómo estos contribuyen al bienestar muscular, la postura y la prevención de lesiones.

En definitiva, la evaluación de la flexibilidad en escolares es tanto un acto pedagógico como fisiológico, que permite integrar la educación del movimiento con la autorregulación corporal y la percepción del bienestar físico.

La tecnología, la parametrización, el Big Data y la IA como necesidades en el deporte

La incorporación de la tecnología en la educación física escolar abre nuevas posibilidades para el seguimiento, la personalización y la evaluación del rendimiento motor. Herramientas como las aplicaciones móviles, los sensores de movimiento y las plataformas de análisis de datos permiten registrar variables fisiológicas en tiempo real, promoviendo una enseñanza más objetiva y adaptada (Baca & Kornfeind, 2021).

El Big Data deportivo posibilita analizar grandes volúmenes de información provenientes de múltiples estudiantes, identificando patrones de mejora, rendimiento y fatiga. En el contexto escolar, esto se traduce en una planificación más equitativa y basada en evidencia (Pueyo et al., 2022).

Por su parte, la inteligencia artificial (IA) permite automatizar la parametrización del ejercicio físico, ajustando las cargas, repeticiones y tiempos de recuperación según el perfil fisiológico individual. Estas tecnologías pueden integrarse de manera ética y educativa, respetando la privacidad y el bienestar de los estudiantes (Claudino et al., 2019).

La didáctica del movimiento se beneficia de la tecnología cuando el docente la utiliza como herramienta para el aprendizaje reflexivo. Apps educativas, pulsómetros y plataformas visuales ayudan a los niños a comprender su propio cuerpo desde la evidencia, desarrollando pensamiento crítico sobre la salud y la actividad física.

En conclusión, la integración de la tecnología, el Big Data y la IA en la educación física no reemplaza al educador, sino que potencia su rol como mediador científico y pedagógico. El futuro de la enseñanza del movimiento será híbrido, digital y humano a la vez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., & Lima, L. C. J. (2022). *Foundations of strength training in children and adolescents: Key concepts and practical considerations*. *Sports Medicine*, 52(8), 1693–1713. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01694-9>
- Beunen, G., & Malina, R. M. (2008). *Growth and biologic maturation: Relevance to athletic performance*. In Hebestreit, H. & Bar-Or, O. (Eds.), *The young athlete* (pp. 3–17). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9780470694934.ch1>
- Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2020). *Resistance training for children and adolescents: Benefits, risks, and recommendations*. *British Journal of Sports Medicine*, 54(15), 933–941. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101114>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2022). *The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development*. *Strength and Conditioning Journal*, 44(2), 17–27. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000664>
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho E. Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2022). *Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications*. *British Journal of Sports Medicine*, 56(7), 396–403. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102226>
- Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., & Lima, L. C. J. (2022). *Foundations of strength training in children and adolescents: Key concepts and practical considerations*. *Sports Medicine*, 52(8), 1693–1713. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01694-9>
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2017). *Rate coding and the control of muscle force*. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 7(10), a029702. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029702>
- Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2020). *Resistance training for children and adolescents: Benefits, risks, and recommendations*. *British Journal of Sports Medicine*, 54(15), 933–941. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101114>

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- Granacher, U., Lesinski, M., Büsch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., ... & Behm, D. G. (2016). *Effects of resistance training in youth athletes on muscular fitness and athletic performance: A conceptual model for long-term athlete development. Frontiers in Physiology*, 7, 164. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00164>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2022). *The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. Strength and Conditioning Journal*, 44(2), 17–27. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000664>
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho E. Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2022). *Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. British Journal of Sports Medicine*, 56(7), 396–403. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102226>
- Ayala, F., Croix, M. D. S., de Baranda, P. S., & Cejudo, A. (2019). *Reproducibility and criterion-related validity of sit-and-reach tests in children aged 10–12 years. European Journal of Pediatrics*, 178(1), 23–32. <https://doi.org/10.1007/s00431-018-3244-6>
- Baca, A., & Kornfeind, P. (2021). *Tactical analysis in sports using technology and data science. Sensors*, 21(19), 6451. <https://doi.org/10.3390/s21196451>
- Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., & Lima, L. C. J. (2022). *Foundations of strength training in children and adolescents: Key concepts and practical considerations. Sports Medicine*, 52(8), 1693–1713. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01694-9>
- Claudino, J. G., Capanema, D. O., de Souza, T. V., Serrão, J. C., Machado Pereira, A. C., Nassis, G. P., & Loturco, I. (2019). *Current approaches to the use of artificial intelligence for injury risk assessment and performance prediction in team sports: A systematic review. Sports Medicine – Open*, 5(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0202-3>
- Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2020). *Resistance training for children and adolescents: Benefits, risks, and recommendations. British Journal of Sports Medicine*, 54(15), 933–941. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101114>

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

- Granacher, U., Lesinski, M., Büsch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., ... & Behm, D. G. (2016). *Effects of resistance training in youth athletes on muscular fitness and athletic performance: A conceptual model for long-term athlete development. Frontiers in Physiology*, 7, 164. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00164>
- Kakinami, L., Hodge, A., Henderson, M., Barnett, T. A., & Paradis, G. (2021). *Evaluation of bioelectrical impedance analysis for assessing body composition in children and adolescents: A systematic review. Pediatric Obesity*, 16(7), e12761. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12761>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2022). *The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. Strength and Conditioning Journal*, 44(2), 17–27. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000664>
- Pueyo, Á., Roldán, A., & González, F. (2022). *Big data and education: A review of current research trends in physical education and sports sciences. Journal of Human Sport and Exercise*, 17(4), 890–905. <https://doi.org/10.14198/jhse.2022.174.09>
- Ramos-Ibáñez, N., Latorre-Román, P. Á., & Párraga-Montilla, J. A. (2022). *Body composition assessment in children and adolescents: Validity of anthropometric equations using DXA as a reference method. Frontiers in Pediatrics*, 10, 868154. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.868154>
- Tanner, R. K., & Chamberlain, S. (2023). *Practical testing and monitoring in youth strength training: Updated recommendations. Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(1), 275–283. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004413>
- Wind, A. E., Takken, T., & Helders, P. J. (2023). *Grip strength as an indicator of general health in children and adolescents. Frontiers in Pediatrics*, 11, 1104751. <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1104751>

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar
CERTIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.ecured.cu

Fuente de Internet

12%

2

dominiodelasciencias.com

Fuente de Internet

6%

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar
EVALUACIÓN POR PARES

I. Datos del libro

Título:	Desarrollo psicofuncional deportivo
----------------	--

II. Datos del evaluador 1.

Institución:	Universidad Nacional del Ecuador
Grado académico:	Postdoc. Ph.D. MSc. Lic. Professor Titular.
Fecha de evaluación:	03/01/2026

III. CRITERIOS Y ESCALA DE EVALUACIÓN

Criterio	Rango escala (Puntos)
Publicable con pocas modificaciones	90-100
Publicable, pero el capítulo requiere modificaciones sustanciales y una nueva evaluación	80-89
No publicable	0-79

IV. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO

Asignar puntuación de acuerdo al rango de puntos según corresponda para cada criterio (Favor **sustentar** calificación asignada a cada criterio en el espacio correspondiente).

Criterio de evaluación	Rango/puntos	Puntaje
1. El título permite la identificación del tema tratado, recoge la variable o categoría de estudio.	De 0 a 3	3
Sustentación: Cumple con todos los parámetros anteriores.		
2. Los resúmenes aportan suficiente información sobre el contenido de los capítulos. • Exponen los objetivos o propósitos. • Enuncian los métodos de la investigación. • Enfoques teóricos que sustentan los capítulos • Principales resultados, discusión y conclusiones. • Palabras clave.	De 0 a 3	3

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Sustentación: En varios capítulos los métodos se pudieron fundamentar mejor en el resumen.		
3. La introducción de los capítulos contiene los siguientes aspectos: • Sitúa adecuadamente el problema u objeto de estudio. • Se enuncian los referentes teóricos y estos son coherentes con los mencionados en los resultados y la discusión. • Se expone la justificación de la investigación. • Finaliza con el objetivo.	De 0 a 4	3
Sustentación: La justificación o está muy clara en un capítulo.		
4. La metodología enuncia y desarrolla en los capítulos: • Las variables o categorías de estudio. • El enfoque y alcance de la investigación. • La población y muestra o participantes del estudio. • Las técnicas e instrumentos de recolección de datos. • Las técnicas de procesamiento y análisis de datos. • El método que permite alcanzar el objetivo o propósito propuesto.	De 0-10	8
Sustentación: No se logra completamente la explicación de los instrumentos en varios capítulos.		
5. Los capítulos exponen los resultados de la investigación de manera adecuada con el objetivo o propósito descrito.	De 0-10	10
Sustentación: Se logra bastante bien.		
6. La discusión analiza los resultados obtenidos a luz de los elementos teóricos asumidos en la investigación.	De 0-10	9
Sustentación: No se logra del todo en algunos capítulos.		
7. Las conclusiones de los capítulos son coherentes con el (los) objetivo(s) o propósito(s) y están fundamentadas en los resultados o con la(s) tesis presentada(s).	De 0 a 10	10
Sustentación: Se cumple muy bien.		
8. Selectividad: Los capítulos presentados presentan aportaciones válidas y significativas al conocimiento del área desarrollada.	De 0 a 15	14
Sustentación: Son muy buenos temas y novedosos		
9. Las fuentes y las referencias son pertinentes y de calidad.	De 0 a 10	9
Sustentación: En algunos capítulos pudieron ser mejores		
10. Normalidad: Las investigaciones están organizadas y escritas de forma adecuada para ser comprendida y discutida por la comunidad científica.	De 0 a 10	10

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Sustentación: Se cumple lo sugerido.		
11. Los capítulos presentan elementos originales.	De 0 a 15	15
Sustentación: Todos los capítulos son originales y se recoge una carta de autores de originalidad de los mismos.		
Calificación total	93	

V. SÍNTESIS EVALUACIÓN INTEGRAL DEL PRODUCTO

Criterios	Rango escala (Puntos)
Publicable con pocas modificaciones	X
Publicable, pero el capítulo requiere modificaciones sustanciales y una nueva evaluación	
No publicable	

I. Datos del libro

Título:	Desarrollo psicofuncional deportivo
----------------	--

II. Datos del evaluador 2.

Institución:	Instituto de Investigación y formación Docente. México.
Grado académico:	Postdoc. Ph.D. MSc. Lic. Professor Titular.
Fecha de evaluación:	06/01/2026

III. CRITERIOS Y ESCALA DE EVALUACIÓN

Criterio	Rango escala(Puntos)
Publicable con pocas modificaciones	90-100
Publicable, pero el capítulo requiere modificaciones sustanciales y una nueva evaluación	80-89
No publicable	0-79

IV. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO

Asignar puntuación de acuerdo al rango de puntos según corresponda para cada criterio (Favor **sustentar** calificación asignada a cada criterio en el espacio correspondiente).

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Criterio de evaluación	Rango/puntos	Puntaje
12. El título permite la identificación del tema tratado, recoge la variable o categoría de estudio.	De 0 a 3	3
Sustentación: El título del libro engloba el contenido de todos los capítulos presentados, acorde a las categorías de estudio.		
13. Los resúmenes aportan suficiente información sobre el contenido de los capítulos. • Exponen los objetivos o propósitos. • Enuncian los métodos de la investigación. • Enfoques teóricos que sustentan los capítulos • Principales resultados, discusión y conclusiones. • Palabras clave.	De 0 a 3	2
Sustentación: Todos los resúmenes de capítulos presentados cumplen con las características correspondientes.		
14. La introducción de los capítulos contiene los siguientes aspectos: • Sitúa adecuadamente el problema u objeto de estudio. • Se enuncian los referentes teóricos y estos son coherentes con los mencionados en los resultados y la discusión. • Se expone la justificación de la investigación. • Finaliza con el objetivo.	De 0 a 4	2
Sustentación: Las introducciones de capítulos están coherentes con las investigaciones presentadas en función de la sociedad holística.		
15. La metodología enuncia y desarrolla en los capítulos: • Las variables o categorías de estudio. • El enfoque y alcance de la investigación. • La población y muestra o participantes del estudio. • Las técnicas e instrumentos de recolección de datos. • Las técnicas de procesamiento y análisis de datos. • El método que permite alcanzar el objetivo o propósito propuesto.	De 0-10	10
Sustentación: Cada uno de los trabajos presentados se identifican con las variables y categorías de investigación.		
16. Los capítulos exponen los resultados de la investigación de manera adecuada con el objetivo o propósito descrito.	De 0-10	8
Sustentación: Cada capítulo expone los resultados de manera acertada.		
17. La discusión analiza los resultados obtenidos a luz de los elementos teóricos asumidos en la investigación.	De 0-10	8

Ciencias aplicadas en la enseñanza de la educación física y deporte escolar

Sustentación: Las discusiones de los resultados obtenidos aportan nuevos enfoques holísticos.		
18. Las conclusiones de los capítulos son coherentes con el (los) objetivo(s) o propósito(s) y están fundamentadas en los resultados o con la(s) tesis presentada(s).	De 0 a 10	9
Sustentación: Las conclusiones son pertinentes		
19. Selectividad: Los capítulos presentados presentan aportaciones válidas y significativas al conocimiento del área desarrollada.	De 0 a 15	15
Sustentación: Todos los capítulos presentados aportan resultados valiosos.		
20. Las fuentes y las referencias son pertinentes y de calidad.	De 0 a 10	8
Sustentación: las fuentes bibliográficas están actualizadas.		
21. Normalidad: Las investigaciones están organizadas y escritas de forma adecuada para ser comprendida y discutida por la comunidad científica.	De 0 a 10	9
Sustentación: Las investigaciones son de interés y se comprenden por parte de todos los públicos.		
22. Los capítulos presentan elementos originales.	De 0 a 15	13
Sustentación: Todos los capítulos son actuales y originales.		
Calificación total	87	

V. SÍNTESIS EVALUACIÓN INTEGRAL DEL PRODUCTO

Criterios	Rango escala (Puntos)
Publicable con pocas modificaciones	X
Publicable, pero el capítulo requiere modificaciones sustanciales y una nueva evaluación	
No publicable	

La Educación Física y el deporte escolar han dejado de ser, hace mucho tiempo, meras pausas recreativas en la jornada académica para convertirse en pilares fundamentales del desarrollo humano integral. Sin embargo, el desafío actual no radica solo en "poner en movimiento" a los estudiantes, sino en comprender profundamente los mecanismos que rigen ese movimiento y cómo optimizarlos para favorecer la salud, el aprendizaje y el bienestar emocional.

Esta obra nace de una premisa clara: la enseñanza de la actividad física no puede ser ajena al rigor de las ciencias aplicadas. Desde la biomecánica que explica la eficiencia de un gesto técnico, hasta la neurociencia que nos revela cómo el ejercicio físico potencia la plasticidad cerebral y las funciones ejecutivas, la ciencia ofrece las herramientas necesarias para que el docente pase de la intuición a la evidencia.

A lo largo de estas páginas, el lector encontrará un recorrido interdisciplinar que aborda: La Fisiología del Ejercicio: Entendida como la base para adaptar las cargas de trabajo a las etapas de crecimiento y desarrollo. La Psicología Deportiva: Clave para fomentar la motivación intrínseca, la resiliencia y los valores de cooperación en el entorno escolar. La Pedagogía y Didáctica: Que se nutren de datos empíricos para diseñar situaciones de aprendizaje inclusivas y significativas.

