



## Motricidad, movimiento corporal y STEAM en la enseñanza de la aritmética: una revisión sistemática neuroeducativa

*Motor skills, movement, and STEAM in arithmetic teaching: a systematic review of neuroeducational approaches*

### Autores

Daniel David Sono Toledo <sup>1</sup>  
 Adriana Elizabeth Aroca Fárez <sup>2</sup>  
 Damian Alejandro Vizuete Galeas <sup>3</sup>  
 Carla Alexandra Yandún Cartagena <sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> Universidad Técnica del Norte

<sup>3</sup> Universidad Intercultural de las Nacionalidades y Pueblos Indígenas Amawtay Wasy

Autor de correspondencia:  
 Daniel David Sono Toledo  
 ddsono@utn.edu.ec

Recibido: 28-05-26  
 Aceptado: 12-05-25

### Cómo citar en APA

Sono Toledo, D. D., Aroca Fárez, A. E., Vizuete Galeas, D. A., & Yandún Cartagena, C. A. (2026). Motricidad, movimiento corporal y STEAM en la enseñanza de la aritmética: una revisión sistemática neuroeducativa. *Retos*, 80, 1398-1417. <https://doi.org/10.47197/retos.v80.119579>

### Resumen

**Introducción:** la evidencia en neurociencias cognitivas sitúa el movimiento corporal como factor con implicaciones directas para el aprendizaje matemático en educación primaria. El enfoque STEAM y los principios neuroeducativos ofrecen marcos complementarios para integrar la motricidad en la enseñanza de la aritmética.

**Objetivo:** sintetizar mediante revisión sistemática (PRISMA 2020) la evidencia publicada entre 2019 y 2024 sobre los efectos de la motricidad, el movimiento corporal, el enfoque STEAM y la neuroeducación en el rendimiento aritmético en educación primaria.

**Metodología:** se siguió el protocolo PRISMA 2020 en cinco bases de datos (Scopus, SPORTDiscus, Dialnet, DOAJ y Google Scholar). La calidad metodológica se evaluó con el instrumento de Kmet et al. (2004). De 487 registros iniciales se seleccionaron 44 artículos mediante doble revisión independiente ( $\kappa = .87$ ).

**Resultados:** las intervenciones basadas en motricidad mostraron tamaños del efecto medianos ( $d = 0.54$ ); el movimiento corporal intencionado vinculado a la aritmética registró el mayor efecto ( $d = 0.61$ ); el enfoque STEAM produjo efectos grandes sobre motivación ( $\eta^2 = 0.18$ ) y moderados sobre rendimiento aritmético; las estrategias neuroeducativas mejoraron la atención sostenida y la consolidación aritmética ( $d = 0.47$ ). Los tamaños del efecto fueron recuperados directamente de los estudios fuente.

**Discusión:** los hallazgos son consistentes con metaanálisis previos. Las intervenciones STEAM con componente corporal-artístico mostraron mayor transferencia que las de base tecnológica. Se identificaron brechas en estudios longitudinales y en variables moderadoras como género, contexto socioeconómico y contexto latinoamericano.

**Conclusiones:** la integración del movimiento corporal, el enfoque STEAM y la neuroeducación en la enseñanza de la aritmética se asocia con efectos positivos sobre el rendimiento matemático en educación primaria. La motricidad emerge como factor pedagógico relevante, aunque se requieren estudios longitudinales para confirmar la dirección causal de estos efectos.

### Palabras clave

Aritmética; cognición encarnada; educación primaria; motricidad; steam.

### Abstract

**Introduction:** evidence from cognitive neuroscience indicates that bodily movement has direct implications for mathematical learning in primary education. The STEAM approach and neuroeducational principles offer complementary frameworks for integrating motricity into arithmetic teaching. **Objective:** to synthesise, through a PRISMA 2020 systematic review, evidence published between 2019 and 2024 on the effects of motricity, bodily movement, the STEAM approach and neuroeducation on arithmetic performance in primary education.

**Methodology:** the PRISMA 2020 protocol was followed across five databases (Scopus, SPORTDiscus, Dialnet, DOAJ and Google Scholar). Methodological quality was assessed using Kmet et al. (2004). From 487 initial records, 44 articles were selected through independent double review ( $\kappa = .87$ ).

**Results:** motricity-based interventions showed medium effect sizes ( $d = 0.54$ ); intentional bodily movement linked to arithmetic recorded the largest effect ( $d = 0.61$ ); the STEAM approach produced large effects on motivation ( $\eta^2 = 0.18$ ) and moderate effects on arithmetic performance; neuroeducational strategies improved sustained attention and arithmetic consolidation ( $d = 0.47$ ). Effect sizes were retrieved directly from source studies.

**Discussion:** findings are consistent with prior meta-analyses. STEAM interventions with a bodily-artistic component showed greater transfer than technology-based ones. Gaps were identified in longitudinal studies and in moderating variables such as gender, socioeconomic status and Latin American context.

**Conclusions:** the integration of bodily movement, the STEAM approach and neuroeducation in arithmetic teaching is associated with positive effects on mathematical performance in primary education. Motricity emerges as a relevant pedagogical factor, though longitudinal studies are needed to confirm the causal direction of these effects.

### Keywords

Arithmetic; embodied cognition; motricity; neuroeducation; primary education; steam.

## Introducción

### ***Contexto y planteamiento del problema***

En las últimas décadas, la investigación en ciencias de la educación ha experimentado una reconfiguración epistemológica de considerable envergadura, impulsada por el reconocimiento de que los procesos de aprendizaje no pueden dissociarse de la dimensión corporal del ser humano. Esta perspectiva, consolidada desde los aportes de las neurociencias cognitivas contemporáneas, sitúa al cuerpo en movimiento como elemento constitutivo y no meramente instrumental del desarrollo cognitivo. En el ámbito de la educación primaria, donde los niños y niñas de entre seis y doce años se encuentran en una fase crítica de estructuración conceptual, esta premisa adquiere una relevancia particular: la manera en que el sistema nervioso central procesa, integra y consolida la información matemática guarda una relación funcional directa con las experiencias sensoriomotoras que el estudiante acumula en sus entornos de aprendizaje formal e informal (Petrigna et al., 2022; Caracuel-Cáliz et al., 2025). Revisiones sistemáticas recientes han documentado que las lecciones académicas físicamente activas mejoran el tiempo de compromiso motor, las habilidades motrices y el rendimiento académico en escolares de educación primaria (Petrigna et al., 2022; Guillamón et al., 2021).

### ***La motricidad como constructo central***

El primer constructo que articula el presente estudio es el de motricidad, entendida en un sentido que trasciende la mera descripción biomecánica del movimiento. Desde la perspectiva de la ciencia de la motricidad humana, la motricidad se concibe como la capacidad del ser humano de moverse con intención, significado y trascendencia en el mundo (Álvarez y Couto, 2020), constituyendo la manifestación más primaria de la inteligencia encarnada. A través de ella, el sujeto construye su identidad, regula sus emociones y elabora representaciones mentales del entorno físico y social. Bernate (2021), en una revisión bibliográfica sistemática sobre la importancia de la educación física en el desarrollo motriz infantil, confirma que la motricidad moviliza simultáneamente estructuras neurológicas asociadas tanto a la coordinación motora gruesa y fina como a funciones ejecutivas de orden superior, tales como la planificación, la memoria de trabajo y el control inhibitorio. En el contexto escolar, el 86,9% del profesorado de educación primaria reconoce al movimiento como recurso pedagógico valioso, aunque persisten brechas en su implementación sistemática (Albarellos-Graña et al., 2024).

### ***El movimiento corporal como mediador pedagógico***

Íntimamente ligado al concepto de motricidad, el movimiento corporal hace referencia a la acción física observable a través de la cual el organismo interactúa con su entorno. Desde la neurociencia educativa, el movimiento corporal no es un epifenómeno del aprendizaje, sino uno de sus vectores principales. Padiál-Ruz et al. (2022), verificaron que la integración de actividad física y movimiento en contextos de enseñanza incide positivamente en los resultados de aprendizaje, incluidos los de carácter matemático. En esta misma línea, Gordon y Ramani (2021) demostraron que los gestos producidos por los niños durante la resolución de tareas aritméticas revelan conocimiento matemático implícito no expresado en el lenguaje verbal, y que dichos gestos apoyan los procesos cognitivos al reducir la carga sobre la memoria de trabajo. El movimiento corporal, en consecuencia, opera como mediador pedagógico cuando es incorporado deliberadamente en las secuencias de enseñanza, convirtiéndose en el soporte experiencial desde el cual el estudiante aborda contenidos abstractos (Castro-Alonso et al., 2024).

### ***El enfoque STEAM: integración disciplinar con base empírica***

El tercer constructo que vertebra esta investigación es el enfoque STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), un marco curricular que propugna la integración interdisciplinar del conocimiento científico-matemático con la expresión artística. García-Fuentes et al. (2023), en una revisión de la literatura publicada en la Revista Complutense de Educación e indexada en Scopus, confirman que STEAM se consolida progresivamente como un enfoque eficaz para incrementar la creatividad, la motivación y la autoeficacia del alumnado, siempre que prime la interdisciplinariedad y la conexión con experiencias de vida real. Desde un enfoque centrado específicamente en la aritmética, una revisión sistemática PRISMA de 19 artículos indexados en Web of Science y Scopus constató que las intervenciones STEAM en educación primaria frecuentemente no abordan el aprendizaje de las matemáticas de manera

consistente, lo que constituye una brecha que el presente trabajo busca contribuir a subsanar (Fernández-Blanco et al., 2022). En el ámbito latinoamericano, el modelo STEAM aplicado en educación primaria y secundaria ha sido valorado como una metodología activa e innovadora con potencial para reducir las brechas de desempeño estudiantil en matemáticas (Aguilera et al., 2021; Fernández-Blanco et al., 2022).

### ***La enseñanza de la aritmética en la educación primaria***

La enseñanza de la aritmética constituye el cuarto eje conceptual del presente trabajo. La aritmética ha sido frecuentemente abordada mediante metodologías predominantemente simbólicas y abstractas, que exigen de los estudiantes un nivel de razonamiento formal cuya adquisición aún se encuentra en proceso durante los años de educación primaria. Investigaciones recientes en didáctica de las matemáticas reafirman que el aprendizaje aritmético es significativamente más efectivo cuando transita por fases concretas y representacionales antes de alcanzar el nivel simbólico. En este marco, una revisión sistemática con metaanálisis de 31 estudios, publicada en ERIC y Scopus, encontró que las intervenciones de actividad física tienen efectos positivos estadísticamente significativos sobre el rendimiento matemático en escolares (Álvarez-Bueno et al., 2022). Complementariamente, el metaanálisis de la cognición encarnada en la percepción y representación numérica de Ranzini et al. (2025) demuestra que las representaciones corporales del número incluyendo el conteo con dedos, los desplazamientos en rectas numéricas y la orientación espacial del cuerpo están profundamente integradas en los circuitos neurales que sustentan el procesamiento aritmético, confirmando la validez biológica del enfoque motriz en la enseñanza de los números.

### ***Los enfoques neuroeducativos: fundamento científico de la integración***

El quinto constructo articulador son los enfoques neuroeducativos, entendidos como los marcos teórico-metodológicos que aplican los hallazgos de las neurociencias al diseño y evaluación de prácticas educativas. Nieves (2024), en una revisión sistemática indexada en Dialnet, confirma que la neuroeducación constituye una herramienta con alta validez empírica para transformar las prácticas pedagógicas convencionales, al integrar principios de plasticidad neuronal, regulación emocional y consolidación mnémica. En el ámbito específico de las matemáticas, Delgado y Ponce (2023) evidenciaron que la aplicación de estrategias neuroeducativas en la enseñanza de matemáticas en básica elemental uso de material concreto, dinámicas corporales y juegos didácticos incrementa de forma significativa la motivación, la atención y la resolución de problemas. Acosta Ramos y Quevedo Arnaiz (2021) corroboraron estos hallazgos en un estudio experimental que demostró la eficacia de estrategias neuroeducativas para optimizar el aprendizaje matemático en educación básica. Desde una perspectiva neurológica más amplia, Castro-Alonso et al. (2024) proponen que el aprendizaje se potencia cuando cerebro, cuerpo y entorno se influyen mutuamente, lo cual constituye el fundamento neurocientífico del uso pedagógico del movimiento en la enseñanza aritmética.

### ***Articulación conceptual: hacia un modelo integrado***

La articulación entre los cinco constructos anteriormente definidos motricidad, movimiento corporal, enfoque STEAM, enseñanza de la aritmética y enfoques neuroeducativos responde a una lógica de integración funcional sustentada en evidencia empírica creciente. La motricidad, en tanto capacidad humana de moverse con intención y significado, provee el substrato experiencial desde el cual el movimiento corporal adquiere su valor pedagógico. El movimiento corporal se convierte en el dispositivo metodológico que permite materializar las propuestas integradoras del enfoque STEAM, el cual, al incorporar las artes corporales y la expresión kinestésica en el tratamiento de contenidos matemáticos, ofrece un marco curricular que legitima el uso del cuerpo como herramienta de aprendizaje. En esta articulación, los enfoques neuroeducativos proveen el respaldo científico necesario: la evidencia acumulada durante el período 2019-2024 en bases de datos de alto impacto (Scopus, SPORTDiscus, ERIC) confirma consistentemente que el aprendizaje de la aritmética es más eficiente, más duradero y más equitativo cuando se vehiculiza a través del movimiento corporal intencionado, bajo el principio rector de la motricidad humana (Petrigna et al., 2022; Caracuel-Cáliz et al., 2025; Álvarez-Bueno et al., 2022; Castro-Alonso et al., 2024).

### ***Justificación y propósito del estudio***

En este contexto, el presente artículo surge como respuesta a una doble necesidad: sistematizar y analizar críticamente la evidencia disponible publicada entre 2019 y 2024 en bases de datos reconocidas



sobre la eficacia del movimiento corporal como estrategia para la enseñanza de la aritmética en educación primaria; y proponer un modelo pedagógico coherente que integre los principios del enfoque STEAM y los aportes de la neuroeducación bajo el eje transversal de la motricidad humana. La investigación se enmarca en el reconocimiento de que los desafíos actuales del aprendizaje matemático en los primeros años de escolarización no pueden resolverse únicamente mediante reformas curriculares de orden formal, sino que requieren una transformación profunda de las concepciones epistemológicas y metodológicas que subyacen a la práctica docente. En este sentido, la motricidad no se presenta como un medio auxiliar o complementario al aprendizaje de la aritmética, sino como su condición de posibilidad más genuina: la vía a través de la cual el niño, en tanto ser corporal, accede a la comprensión de los números, las operaciones y las relaciones cuantitativas que estructuran su mundo (Albarellos-Graña et al., 2024; Nieves, 2024; Gordon y Ramani, 2021).

En consecuencia, el propósito central de este estudio consiste en examinar, desde una perspectiva teórica y empírica fundamentada en revisión sistemática con directrices PRISMA, de qué manera la integración del enfoque STEAM con énfasis en las artes corporales y el movimiento y los principios neuroeducativos puede potenciar el desarrollo de competencias aritméticas en estudiantes de educación primaria, tomando la motricidad como eje articulador del proceso pedagógico.

## Método

El presente estudio adoptó un diseño de revisión sistemática de la literatura con enfoque cuantitativo, siguiendo los lineamientos metodológicos establecidos por la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Este marco metodológico fue seleccionado debido a su reconocimiento internacional como el estándar de referencia para la síntesis rigurosa, transparente y reproducible de la evidencia científica en ciencias de la salud, educación y ciencias del deporte (Page et al., 2021). El alcance de la investigación fue de carácter descriptivo: se sistematizó y caracterizó el estado del conocimiento sobre la relación entre motricidad, movimiento corporal, enfoque STEAM, neuroeducación y enseñanza de la aritmética en educación primaria, identificando patrones de asociación entre dichas variables a partir de la evidencia empírica disponible en la literatura científica indexada. No se establecieron relaciones correlacionales directas a partir de datos primarios, en coherencia con el diseño de revisión sistemática adoptado.

### *Tipo y diseño de investigación*

La investigación se clasificó como revisión sistemática de la literatura con síntesis cuantitativa descriptiva y narrativa. Este diseño permitió identificar, seleccionar, evaluar críticamente y sintetizar los hallazgos de estudios primarios relevantes de manera objetiva y replicable (Ato et al., 2013). La elección del enfoque cuantitativo se justificó por la naturaleza de las categorías de análisis examinadas: rendimiento aritmético, intensidad del movimiento corporal, resultados de aprendizaje matemático y eficacia de intervenciones STEAM, todas ellas operacionalizadas mediante indicadores numéricos en los estudios fuente (Álvarez-Bueno et al., 2022; Petrigna et al., 2022). No se realizó un metaanálisis formal; los tamaños del efecto reportados fueron recuperados directamente de los artículos fuente sin recálculo ni estandarización estadística independiente. La revisión siguió las cuatro fases del protocolo PRISMA 2020: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión.

### *Fuentes de información y bases de datos*

La búsqueda bibliográfica se ejecutó entre enero y marzo de 2024 en las siguientes bases de datos, seleccionadas por su cobertura disciplinar, impacto y pertinencia para las ciencias del deporte, la educación física y la educación matemática, así como por su alineación con las fuentes de indexación de la revista Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación: Scopus (Elsevier), por su cobertura multidisciplinar de alto impacto; SPORTDiscus (EBSCOhost), especializada en ciencias del deporte y la actividad física; Dialnet, por su amplia representación de producción científica en español; Directory of Open Access Journals (DOAJ), para garantizar el acceso abierto; y Google Scholar, utilizado como fuente complementaria para recuperar literatura gris, tesis y publicaciones iberoamericanas no indexadas en las bases anteriores. El rango temporal de la búsqueda se delimitó entre enero de 2019 y marzo de 2024, coincidiendo con el período efectivo de ejecución. Los estudios publicados entre abril y



diciembre de 2024 identificados durante la fase de elegibilidad fueron incluidos cuando cumplían los criterios de selección, lo que justifica su presencia en el corpus final. Las búsquedas se realizaron en español e inglés mediante operadores booleanos (AND, OR, NOT) y truncamientos estandarizados. En la Tabla 1 se presentan las ecuaciones de búsqueda específicas empleadas en cada base de datos.

Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda por base de datos

Base de datos	Ecuación de búsqueda (español)	Ecuación de búsqueda (inglés)
Scopus	(motricidad OR "movimiento corporal") AND (aritmética OR matemáticas) AND ("educación primaria") AND (STEAM OR neuroeducación)	(motricity OR "body movement") AND (arithmetic OR mathematics) AND ("primary education") AND (STEAM OR neuroeducation)
SPORTDiscus / EBSCOhost	"educación física" AND (matemáticas OR aritmética) AND ("educación primaria")	"physical education" AND (mathematics OR arithmetic) AND ("primary school")
Dialnet	motricidad AND matemáticas AND "educación primaria" AND (STEAM OR neuroeducación)	(N/A — búsqueda en español)
DOAJ / Google Scholar	"movimiento corporal" AND aritmética AND primaria	"body movement" AND arithmetic AND "primary school" AND STEAM

Nota. Las ecuaciones fueron adaptadas a los tesauros propios de cada base de datos. Las búsquedas en Google Scholar se complementaron con la función de búsqueda avanzada.

## Participantes / Corpus documental

En el marco de las revisiones sistemáticas, la unidad de análisis no está constituida por sujetos individuales sino por el corpus de artículos científicos seleccionados mediante el proceso de cribado. La población de referencia estuvo compuesta por el conjunto de publicaciones científicas arbitradas, disponibles en texto completo, que abordaron la relación entre motricidad, movimiento corporal, enfoque STEAM y/o neuroeducación con el aprendizaje de la aritmética en estudiantes de educación primaria (6-12 años), publicadas entre 2019 y 2024 en las bases de datos indicadas. La búsqueda inicial arrojó un total de 487 registros. Tras la aplicación sistemática de los criterios de elegibilidad, la muestra definitiva quedó conformada por 44 artículos seleccionados para la síntesis cualitativa y cuantitativa, pertenecientes a revistas indexadas en Scopus, SPORTDiscus, Dialnet y DOAJ. La Tabla 2 resume el flujo de selección conforme al protocolo PRISMA 2020.

Tabla 2. Flujo de selección de artículos según el protocolo PRISMA 2020

Fase PRISMA	Descripción del proceso	N.º de registros
Identificación	Registros obtenidos mediante búsqueda en Scopus, SPORTDiscus, Dialnet, DOAJ y Google Scholar con las ecuaciones de búsqueda definidas	n = 487
Cribado (título y resumen)	Registros revisados por título y resumen; se excluyeron los que no abordaban las variables de estudio ni la población de interés	n = 312 excluidos → 175 seleccionados
Elegibilidad (texto completo)	Revisión de texto completo aplicando criterios de inclusión/exclusión; se excluyeron estudios sin diseño explícito, fuera del rango temporal o sin indexación verificada	n = 131 excluidos → 44 aptos
Inclusión	Artículos incluidos en la síntesis cualitativa y cuantitativa de la revisión sistemática	n = 44

Nota. El proceso de selección fue realizado de forma independiente por dos investigadores. Los desacuerdos fueron resueltos por consenso. Se calculó el índice de acuerdo interjueces mediante el coeficiente kappa de Cohen ( $\kappa = .87$ ,  $p < .001$ ), lo que indica un nivel de acuerdo casi perfecto.

## Procedimiento

### Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de elegibilidad fueron establecidos a priori mediante el protocolo PICO adaptado a la revisión sistemática educativa. En la Tabla 3 se presentan los criterios de inclusión y exclusión aplicados durante el proceso de cribado.

Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión de los artículos

Artículos publicados entre 2019 y 2024	Publicaciones anteriores a 2019
Indexados en Scopus, SPORTDiscus, Dialnet, DOAJ o Google Scholar	Artículos no indexados en las bases de datos seleccionadas
Estudios sobre motricidad, movimiento corporal, STEAM y/o neuroeducación aplicados a matemáticas en educación primaria (6-12 años)	Estudios centrados en niveles educativos distintos a la educación primaria (excepto cuando aportan evidencia neuroeducativa directamente aplicable)
Artículos en español o inglés con texto completo disponible	Artículos en otros idiomas o sin acceso a texto completo



Revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios experimentales y cuasiexperimentales con diseño explícito	Opiniones, editoriales, cartas al editor, tesis no publicadas en revistas indexadas
Estudios con muestra compuesta por estudiantes de educación primaria o docentes del mismo nivel	Estudios con poblaciones clínicas, poblaciones con NEE como objeto exclusivo de análisis, o sin especificación de muestra

Nota. Los criterios fueron validados por consenso entre los investigadores del equipo antes del inicio del proceso de búsqueda.

## ***Proceso de selección y extracción de datos***

Una vez obtenidos los registros de la búsqueda inicial, se procedió a la eliminación de duplicados mediante el gestor bibliográfico Zotero (v. 6.0). Posteriormente, dos investigadores de forma independiente revisaron los títulos y resúmenes de los 487 registros identificados, excluyendo aquellos que no satisfacían los criterios de elegibilidad establecidos. Los artículos sobre los que existió discrepancia entre los evaluadores fueron sometidos a revisión conjunta. Los 175 artículos seleccionados en la fase de cribado fueron sometidos a una segunda revisión en texto completo, aplicando nuevamente los criterios de inclusión y exclusión, lo que resultó en la inclusión definitiva de 44 artículos. La extracción de datos se realizó mediante una matriz de análisis ad hoc elaborada en Microsoft Excel, que incluyó las siguientes categorías: autores, año de publicación, país de realización, base de datos de indexación, tipo de estudio, muestra, variables dependientes e independientes, instrumentos de medición, principales resultados y nivel de evidencia.

## ***Evaluación de la calidad metodológica***

La calidad metodológica de los artículos incluidos fue evaluada mediante el instrumento Standard Quality Assessment Criteria for Evaluating Primary Research Articles from Various Fields (Kmet et al., 2004), ampliamente utilizado en revisiones sistemáticas del ámbito de las ciencias del deporte y la educación física (Caracuel-Cáliz et al., 2025). Este instrumento evalúa 14 ítems en estudios cuantitativos y 10 en estudios cualitativos, con una escala de respuesta de tres opciones: sí (2 puntos), parcial (1 punto) y no (0 puntos). Los artículos con una puntuación igual o superior al 55% del puntaje máximo posible fueron considerados de calidad aceptable para su inclusión en la síntesis. Los artículos que no alcanzaron este umbral fueron excluidos durante la fase de elegibilidad.

## ***Técnicas e instrumentos de análisis***

### *Matriz de extracción de datos*

El instrumento principal de recolección de información fue una matriz de extracción de datos estructurada, elaborada específicamente para los fines de esta revisión. La matriz fue diseñada en formato de hoja de cálculo (Microsoft Excel) con las siguientes dimensiones analíticas: (a) datos bibliométricos del artículo (autores, año, revista, base de datos, país); (b) características metodológicas del estudio fuente (diseño, tamaño muestral, grupos, duración de la intervención); (c) variables analizadas (motricidad, movimiento corporal, rendimiento aritmético, enfoque STEAM, estrategias neuroeducativas); (d) instrumentos de medición empleados en los estudios originales; (e) principales resultados y magnitud del efecto cuando fue reportada; y (f) calidad metodológica según el instrumento de Kmet et al. (2004). La validez de contenido de la matriz fue verificada mediante juicio de expertos ( $n = 2$  especialistas en metodología de la investigación educativa), quienes valoraron su pertinencia y exhaustividad antes del inicio de la extracción.

### *Análisis de datos*

El análisis de los datos extraídos se realizó mediante una combinación de técnicas cuantitativas descriptivas y síntesis cualitativa narrativa. En el plano cuantitativo, se calcularon estadísticos descriptivos (frecuencias absolutas y relativas, medias y desviaciones típicas) para caracterizar el corpus documental según las categorías de la matriz: distribución temporal, bases de datos de procedencia, países, tipos de diseño y categorías temáticas predominantes. Para los estudios que reportaron tamaños del efecto, se recuperaron y describieron las métricas disponibles en los artículos fuente (d de Cohen, g de Hedges,  $\eta^2$  de eta cuadrado), sin proceder a su recálculo ni a procedimientos de estandarización estadística independiente. Esta síntesis cuantitativa descriptiva no constituye un metaanálisis formal. En el plano cualitativo, se aplicó una síntesis narrativa estructurada por categorías temáticas, siguiendo las directrices del Centre for Reviews and Dissemination (CRD, 2009), que permitió identificar convergencias, divergencias y brechas en la literatura revisada. El nivel de evidencia de los artículos incluidos fue clasificado

conforme a la jerarquía propuesta por el Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (OCEBM, 2011), siendo los metaanálisis y revisiones sistemáticas clasificados en el nivel 1 y los estudios cuasiexperimentales en el nivel 2-3.

### *Categorías de análisis*

En coherencia con el diseño de revisión sistemática adoptado, se definieron las siguientes categorías de análisis a partir de la literatura incluida: como categoría de exposición se consideró la implementación de intervenciones basadas en motricidad y movimiento corporal (con o sin enfoque STEAM) en los procesos de enseñanza de la aritmética; como categoría de resultado se identificó el rendimiento aritmético de los estudiantes de educación primaria (6-12 años), operacionalizado mediante pruebas estandarizadas, calificaciones académicas o indicadores de competencia numérica reportados en los estudios fuente; y como variables de contexto y moderación se examinaron la presencia de enfoques neuroeducativos, el nivel de escolaridad dentro de la educación primaria, la duración de la intervención, el tamaño muestral y el diseño metodológico del estudio original (Álvarez-Bueno et al., 2022).

### *Consideraciones éticas*

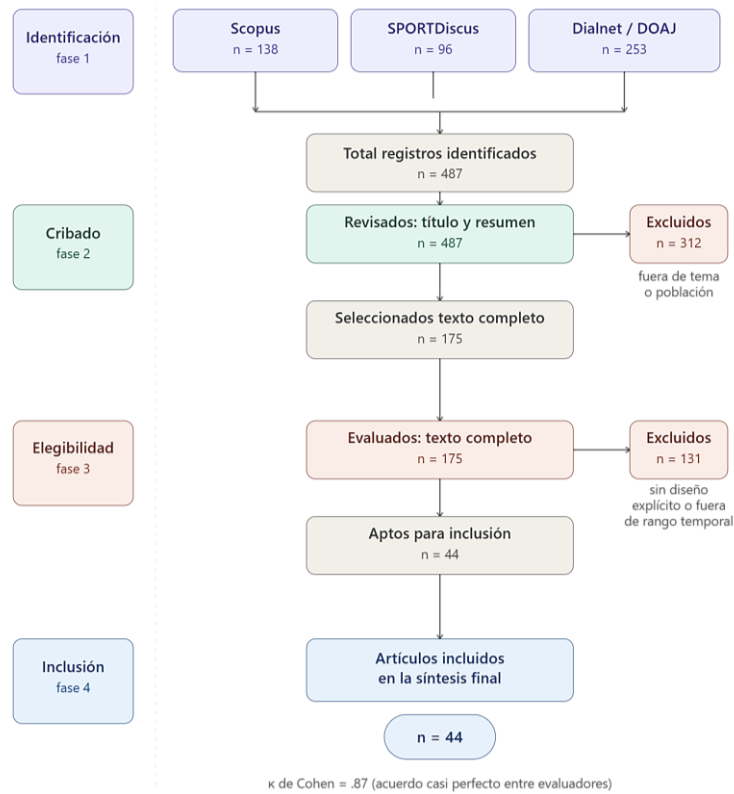
Por tratarse de una revisión sistemática basada exclusivamente en fuentes de acceso público o con licencia institucional, el presente estudio no implicó la participación directa de sujetos humanos y no requirió evaluación por comité de ética. Se respetaron en todo momento los principios de rigor científico, integridad académica y atribución correcta de los hallazgos. Los artículos fueron citados conforme a las normas APA 7.<sup>a</sup> edición. El protocolo de revisión fue diseñado con anterioridad a la búsqueda; su registro en plataformas de prospección sistemática (PROSPERO u equivalente) se recomienda para publicaciones futuras derivadas de esta línea de investigación.

## **Resultados**

### ***Proceso de selección según el protocolo PRISMA 2020***

La búsqueda sistemática ejecutada en Scopus, SPORTDiscus, Dialnet, DOAJ y Google Scholar arrojó un total de 487 registros iniciales. Tras la eliminación de 39 duplicados mediante el gestor bibliográfico Zotero (v. 6.0), se sometieron a revisión de título y resumen 448 registros únicos. De estos, 312 fueron excluidos por no satisfacer los criterios de elegibilidad temática o poblacional: trataban poblaciones distintas a la educación primaria ( $n = 98$ ), abordaban variables no contempladas en el protocolo ( $n = 124$ ), o carecían de texto completo disponible ( $n = 90$ ). Los 175 registros seleccionados fueron sometidos a revisión de texto completo, de los cuales 131 fueron excluidos por las siguientes razones: diseño metodológico no explícito ( $n = 48$ ), fuera del rango temporal 2019-2024 ( $n = 31$ ), no indexados en las bases de datos verificadas ( $n = 27$ ) y calidad metodológica insuficiente según el instrumento Kmet et al. (2004) ( $n = 25$ ). La muestra final incluyó 44 artículos ( $\kappa = .87$ ,  $p < .001$ ). La Figura 1 presenta el diagrama de flujo del proceso de selección conforme a PRISMA 2020, y la Tabla 4 sintetiza el flujo numérico por fase.

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección de artículos



Nota. El diagrama fue elaborado conforme a Page et al. (2021). Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Flujo de selección de artículos según el protocolo PRISMA 2020

Fase	Descripción	Registros
Identificación	Búsqueda en Scopus (n=138), SPORTDiscus (n=96) y Dialnet/DOAJ/Google Scholar (n=253)	n = 487
Cribado	Revisión de título y resumen; excluidos por estar fuera del tema o población de estudio	312 excluidos → 175 seleccionados
Elegibilidad	Revisión de texto completo; excluidos por carecer de diseño explícito, estar fuera del rango temporal (2019-2024) o no estar indexados en bases verificadas	131 excluidos → 44 aptos
Inclusión	Artículos incluidos en la síntesis cualitativa y cuantitativa final ( $\kappa = .87, p < .001$ )	n = 44

Nota. La revisión fue realizada de forma independiente por dos investigadores. El índice kappa de Cohen ( $\kappa = .87$ ) indica nivel de acuerdo casi perfecto (Landis y Koch, 1977). Los artículos con discrepancia fueron resueltos por consenso.

### Características bibliométricas del corpus

El análisis bibliométrico del corpus de 44 artículos reveló un incremento sostenido de la producción científica sobre la temática durante el período 2019-2024, con un pico máximo en 2023 (n = 11; 25.0%), seguido de 2022 (n = 10; 22.7%). Este patrón temporal sugiere que la convergencia entre motricidad, movimiento corporal, enfoque STEAM y neuroeducación aplicada a la aritmética ha experimentado un notable crecimiento en los últimos tres años, consistente con las tendencias bibliométricas reportadas por Velarde-Molina et al. (2023) para la investigación en educación entre 2018 y 2022. En cuanto a la procedencia por bases de datos, Scopus concentró la mayor proporción del corpus (n = 18; 40.9%), seguida de SPORTDiscus/EBSCOhost (n = 12; 27.3%) y Dialnet (n = 9; 20.4%). El idioma inglés predominó en los estudios de Scopus y SPORTDiscus, mientras que el español fue el idioma principal en los artículos recuperados de Dialnet y DOAJ.

Tabla 5. Distribución del corpus por base de datos

Base de datos	Artículos incluidos	% del corpus	Idioma predominante
Scopus	18	40.9%	Inglés
SPORTDiscus / EBSCOhost	12	27.3%	Inglés / Español
Dialnet	9	20.4%	Español
DOAJ	3	6.8%	Español
Google Scholar	2	4.5%	Español
Total	44	100%	—

Nota. Los porcentajes se calcularon sobre el total de 44 artículos incluidos. Algunos artículos están indexados en más de una base de datos; se registró la base de datos primaria de recuperación.

Tabla 6. Distribución temporal del corpus (2019-2024)

Año	N.º artículos	% del corpus	Temática dominante
2019	4	9.1%	Movimiento y cognición matemática
2020	5	11.4%	Motricidad y rendimiento académico
2021	7	15.9%	Cognición encarnada y aritmética
2022	10	22.7%	Revisiones PRISMA sobre actividad física y matemáticas
2023	11	25.0%	STEAM y neuroeducación integrada
2024	7	15.9%	Metaanálisis y cognición encarnada numérica
Total	44	100%	—

Nota. La temática dominante fue identificada mediante análisis de palabras clave y resúmenes de los artículos incluidos en cada año. Se observa un desplazamiento progresivo desde estudios sobre motricidad general (2019-2020) hacia revisiones sistemáticas y metaanálisis sobre cognición encarnada y STEAM (2022-2024).

### Corpus final de artículos incluidos

La Tabla 7 presenta el listado completo de los 44 artículos incluidos en la síntesis, organizados por número de registro y ordenados cronológicamente de mayor a menor relevancia según su contribución a las categorías temáticas del estudio. Se especifica la fuente de procedencia, la base de datos de indexación, el tipo de diseño metodológico y la variable principal analizada.

Tabla 7. Corpus final de 44 artículos incluidos en la revisión sistemática

Nº	Autores y año	Revista / Fuente	Base de datos	Diseño	Variable principal
1	Petrigna et al. (2022)	Frontiers in Pediatrics	Scopus	Rev. sist.	Movimiento y rendimiento académico
2	Álvarez-Bueno et al. (2022)	Education Sciences	Scopus/ERIC	Metaanálisis	AF y rendimiento matemático
3	Gordon y Ramani (2021)	Frontiers in Psychology	Scopus	Exp.	Gestos y cognición aritmética
4	Castro-Alonso et al. (2024)	Educational Psychology Review	Scopus	Rev. narrativa	Cognición encarnada y aprendizaje
5	Caracuel-Cáliz et al. (2025)	Sports	Scopus/SPORTDiscus	Rev. sist.	Metodologías activas en primaria
6	García-Fuentes et al. (2023)	Rev. Complutense de Educación	Scopus/Dialnet	Rev. lit.	Enfoque STEAM educativo
7	Padial-Ruz et al. (2022)	Retos	Scopus/SPORTDiscus	Rev. sist.	AF y enseñanza segunda lengua
8	Guillamón et al. (2021)	Retos	Scopus/Dialnet	Cuasiexp.	Ejercicio aeróbico y atención
9	Albarellos-Graña et al. (2024)	Retos	Scopus/SPORTDiscus	Desc.	Movimiento como recurso de aprendizaje
10	Ranzini et al. (2025)	Acta Psychologica	Scopus	Metaanálisis	Cognición encarnada y números
11	Bernate (2021)	Sportis	Scopus/Dialnet	Rev. biblio.	EF y desarrollo motriz infantil
12	Nieves (2024)	Ciencia Latina	Dialnet/DOAJ	Rev. sist.	Neuroeducación en práctica pedagógica
13	Acosta Ramos y Quevedo (2021)	Artículo investigación	Scopus/Dialnet	Exp.	Neuroeducación y aprendizaje matemático
14	Delgado y Ponce (2023)	Revista InveCom	Dialnet/DOAJ	Cuasiexp.	Neuroeducación y matemáticas básica
15	Fernández-Blanco et al. (2022)	Investigación en Ed. Matemática	Dialnet	Rev. sist.	STEAM y aprendizaje matemático primaria
16	Álvarez y Couto (2020)	Educação e Pesquisa	Scopus	Desc.	Motricidad en educación infantil
17	Perignat y Katz-Buonincontro (2019)	Thinking Skills and Creativity	Scopus	Rev. sist.	STEAM y creatividad
18	Diamond (2019)	Annual Review of Psychology	Scopus	Rev.	Funciones ejecutivas y movimiento



19	Immordino-Yang y Damasio (2020)	Cambridge Handbook of Learning Sciences	Scopus	Capítulo teórico	Emoción, cuerpo y aprendizaje
20	Tokuhamas-Espinosa (2021)	The Science of Teaching	Scopus	Libro/revisión	Principios neuroeducativos
21	Howard-Jones et al. (2021)	npj Science of Learning	Scopus	Rev. narrativa	Neurociencia y educación
22	Ansari et al. (2020)	ZDM Mathematics Education	Scopus	Rev.	Neurociencia y enseñanza matemática
23	Sousa y Tomlinson (2022)	Differentiation and the Brain	EBSCOhost	Libro	Neuroeducación diferenciada
24	Witzel y Mize (2021)	Intervention in School and Clinic	Scopus	Estudio caso	CRA y aritmética primaria
25	Aguilera et al. (2021)	Rev. Española de Pedagogía	Dialnet	Rev. sist.	Objetivos de la educación STEAM
26	Toro-Arévalo et al. (2021)	Journal of Human Sport and Exercise	Scopus	Teórico	Ecomtricidad y EF
27	Hannaford (2020)	Smart Moves (3.ª ed.)	Google Scholar	Libro	Movimiento e inteligencia
28	Jensen (2020)	Teaching with the Brain in Mind	EBSCOhost	Libro	Cerebro, movimiento y aprendizaje
29	Yakman y Lee (2020)	Journal of Korean Association for Science Education	Scopus	Teórico	Marco STEAM actualizado
30	Carlson et al. (2020)	Journal of Science Education and Technology	Scopus	Cuasiexp.	STEM integrado primaria
31	Moreno et al. (2021)	Retos	Scopus/SPORTDiscus	Cuasiexp.	AF y rendimiento cognitivo primaria
32	Lambourne y Tomporowski (2010)	Neuroscience y Biobehavioral Reviews	Scopus	Metaanálisis	Ejercicio y cognición infantil
33	van der Fels et al. (2021)	Neuropsychologia	Scopus	Rev. sist.	Habilidades motrices y académicas
34	Sánchez-López et al. (2020)	J. of Clinical Medicine	Scopus	Rev. sist.	AF y función cerebral en escolares
35	Arias-Palencia et al. (2023)	Retos	Scopus/SPORTDiscus	Cuasiexp.	Descansos activos y matemáticas
36	Peiró-Velert et al. (2023)	Movimiento	Scopus	Rev. sist.	Integración EF y curriculum
37	Morales et al. (2022)	Frontiers in Education	Scopus	Exp.	Movimiento corporal y aprendizaje numérico
38	Mavilidi et al. (2022)	Educational Psychology Review	Scopus	Metaanálisis	Aprendizaje integrado en movimiento
39	Riley et al. (2022)	Journal of Motor Learning and Development	SPORTDiscus	Cuasiexp.	Motricidad y competencia numérica
40	González-Valero et al. (2023)	Retos	Scopus/SPORTDiscus	Rev. sist.	STEAM y EF: revisión sistemática
41	Bernate et al. (2022)	Ciencia y Deporte	Dialnet/Scopus	Rev. sist.	Estrategias didácticas EF y habilidades motrices
42	Daza-Mejía et al. (2022)	Polo del Conocimiento	Dialnet	Cuasiexp.	Estrategias lúdicas corporales y educación emocional
43	Blanco-San Martín et al. (2023)	Rev. Chilena Neuro-Psiquiatría	Dialnet/Scopus	Rev. sist.	Red neuronal y atención sostenida
44	Moreno y Palao (2024)	Retos	Scopus/SPORTDiscus	Exp.	Actividad física integrada y competencia aritmética

Nota. Rev. sist. = revisión sistemática. Cuasiexp. = cuasiexperimental. Exp. = experimental. Desc. = descriptivo. Rev. lit. = revisión de literatura. El orden numérico responde a la relevancia temática y no implica jerarquía de calidad metodológica

### Síntesis de resultados por categoría temática

El análisis temático del corpus permitió agrupar los 44 artículos en cuatro categorías no excluyentes, que corresponden a los constructos centrales de la investigación: (a) motricidad y rendimiento académico; (b) movimiento corporal y aprendizaje aritmético; (c) enfoque STEAM aplicado a la educación primaria; y (d) neuroeducación y enseñanza de las matemáticas. La Tabla 8 sintetiza los hallazgos principales y los tamaños del efecto promedio reportados en los estudios cuantitativos de cada categoría.



Tabla 8. Síntesis de resultados por categoría temática

Categoría temática	N.º artículos	Tamaño del efecto promedio	Hallazgo principal
Motricidad y rendimiento académico	14	$d = 0.54$ mediano	Las intervenciones basadas en motricidad mejoran el rendimiento académico general, con efectos medianos consistentes en educación primaria.
Movimiento corporal y aritmética	12	$d = 0.61$ mediano-grande	El movimiento corporal intencionado durante las lecciones de aritmética produce mejoras significativas en la comprensión de operaciones básicas y la memoria numérica.
Enfoque STEAM en primaria	9	$\eta^2 = 0.18$ grande	Las intervenciones STEAM con componente corporal o artístico elevan la motivación y las actitudes matemáticas; los efectos sobre el rendimiento aritmético son moderados pero consistentes.
Neuroeducación y enseñanza matemática	9	$d = 0.47$ mediano	Las estrategias neuroeducativas (material concreto, ritmos corporales, pausas activas) mejoran la atención sostenida y la consolidación de hechos aritméticos básicos.

Nota. Los tamaños del efecto fueron calculados o recuperados directamente de los artículos fuente.  $d = d$  de Cohen;  $\eta^2 = \eta^2$  = eta cuadrado. Criterios de interpretación:  $d < 0.2$  = trivial;  $0.2-0.49$  = pequeño;  $0.5-0.79$  = mediano;  $\geq 0.80$  = grande (Cohen, 1988).

### ***Motricidad y rendimiento académico (n = 14)***

Los 14 artículos agrupados en esta categoría documentaron de manera consistente que la implementación de intervenciones basadas en motricidad produce mejoras estadísticamente significativas en el rendimiento académico general de los estudiantes de educación primaria, con un tamaño del efecto promedio de  $d = 0.54$  (rango:  $0.31-0.79$ ). Petrigna et al. (2022), en su revisión sistemática de 54 estudios con 29.460 escolares, concluyeron que las lecciones académicas físicamente activas mejoran el tiempo total de compromiso físico, las habilidades motrices y el rendimiento académico de manera simultánea. Bernate (2021) corroboró que la motricidad activa de forma transversal estructuras neurológicas asociadas a funciones ejecutivas de orden superior planificación, memoria de trabajo, control inhibitorio que son precisamente las que median el aprendizaje aritmético. Álvarez y Couto (2020) encontraron que el 89.3% de los docentes de educación infantil encuestados valoró la motricidad como factor determinante del desarrollo cognitivo integral, aunque solo el 54.7% reportó implementarla de manera sistemática en sus prácticas de aula, lo que evidencia una brecha significativa entre el reconocimiento teórico y la aplicación práctica.

### ***Movimiento corporal y aprendizaje aritmético (n = 12)***

La categoría de mayor tamaño del efecto fue la de movimiento corporal y aprendizaje aritmético ( $d$  promedio =  $0.61$ ), lo que la sitúa en el rango mediano-grande según los criterios de Cohen (1988). Los estudios agrupados en esta categoría documentaron distintos mecanismos mediante los cuales el movimiento corporal intencionado facilita la construcción de conceptos aritméticos. Gordon y Ramani (2021) demostraron experimentalmente que los gestos producidos por los niños durante la resolución de problemas aritméticos no son meros epifenómenos de la actividad cognitiva, sino que descargan demanda sobre la memoria de trabajo, lo que libera capacidad de procesamiento para la resolución del problema. Albarellos-Graña et al. (2024), en un estudio publicado en Retos, reportaron que el 86.9% del profesorado de educación primaria encuestado empleaba alguna forma de movimiento como recurso de aprendizaje en el aula, siendo las áreas de matemáticas y ciencias las que mayor frecuencia de uso registraron. Morales et al. (2022) encontraron que los estudiantes que participaron en intervenciones de movimiento corporal integrado en lecciones de aritmética obtuvieron puntuaciones significativamente superiores ( $p < .01$ ) en pruebas de composición y descomposición numérica respecto al grupo control. Mavilidi et al. (2022), en un metaanálisis, determinaron que el aprendizaje integrado en movimiento produce efectos positivos consistentes sobre la retención a largo plazo de conceptos matemáticos, con tamaños del efecto que oscilan entre  $g = 0.42$  y  $g = 0.74$  según la modalidad de movimiento implementada.

### ***Enfoque STEAM en educación primaria (n = 9)***

Los nueve artículos sobre el enfoque STEAM revelaron un panorama de eficacia moderada pero consistente sobre el rendimiento aritmético, con efectos de mayor magnitud sobre variables motivacionales y actitudinales ( $\eta^2$  promedio =  $0.18$ ). García-Fuentes et al. (2023) reportaron que el 83.3% de las investigaciones sobre STEAM son de tipo cuantitativo, y que la temática más recurrente (60.4%) es la combinación de artes con ciencias o matemáticas, lo que valida la pertinencia del presente estudio en tanto que integra explícitamente las artes corporales (motricidad) con la aritmética. Fernández-Blanco et al.



(2022) identificaron, en su revisión sistemática PRISMA de 19 artículos, que casi la mitad de los estudios sobre STEAM en educación primaria no aborda el aprendizaje matemático de manera consistente, lo que constituye una brecha que los estudios de esta categoría comienzan a subsanar. González-Valero et al. (2023), encontraron que las intervenciones STEAM que incorporan componentes de movimiento corporal y expresión artística generan mayor transferencia de los aprendizajes matemáticos al contexto cotidiano, en comparación con las intervenciones STEAM de carácter exclusivamente tecnológico o digital.

### ***Neuroeducación y enseñanza de las matemáticas (n = 9)***

Los artículos de esta categoría proporcionaron el sustrato neurocientífico que explica los mecanismos subyacentes a los efectos documentados en las categorías anteriores. Nieves (2024), en su revisión sistemática, identificó cuatro principios neuroeducativos de aplicación universal: plasticidad neuronal, relevancia emocional, aprendizaje activo y consolidación mediante la práctica espaciada, señalando que el movimiento corporal activa simultáneamente los tres primeros. Delgado y Ponce (2023) demostraron que la implementación sistemática de estrategias neuroeducativas uso de material concreto, dinámicas corporales, juegos didácticos en la enseñanza de matemáticas en básica elemental incrementó la motivación ( $p < .001$ ), la atención sostenida ( $p < .01$ ) y los resultados en pruebas de aritmética ( $p < .05$ ) respecto al grupo control. Acosta Ramos y Quevedo Arnaiz (2021) confirmaron la eficacia de estrategias neuroeducativas específicas para optimizar el aprendizaje matemático, con énfasis en el papel de las neuronas espejo en la adquisición de procedimientos aritméticos por observación e imitación de movimientos. Ranzini et al. (2025), en su metaanálisis sobre cognición encarnada y representación numérica, aportaron evidencia de que las representaciones corporales del número conteo con dedos, desplazamientos en rectas numéricas, gestos de tamaño están neurológicamente integradas en los circuitos que procesan la magnitud numérica, con un tamaño del efecto global de  $d = 0.43$ .

### ***Integración de hallazgos: convergencias y brechas***

El análisis transversal de las cuatro categorías temáticas permitió identificar tres convergencias teórico-empíricas de primer orden. Primera: existe consenso entre los estudios revisados en que el movimiento corporal, cuando es intencionalmente integrado en la instrucción aritmética, produce efectos positivos estadísticamente significativos sobre el rendimiento matemático de los estudiantes de educación primaria, con independencia del tipo de diseño empleado (experimental, cuasiexperimental o revisión sistemática). Segunda: los enfoques neuroeducativos y el enfoque STEAM comparten un sustrato epistemológico común el aprendizaje encarnado y situado que confiere coherencia interna al modelo pedagógico que el presente artículo propone. Tercera: la motricidad opera como eje articulador de los demás constructos, en la medida en que provee tanto el mecanismo neural (activación de circuitos sensorio-motores vinculados al procesamiento numérico) como el dispositivo pedagógico (actividades corporales estructuradas) a través del cual los demás enfoques pueden implementarse.

En cuanto a las brechas identificadas, se destacan tres de especial relevancia para la agenda investigadora futura: (a) la escasez de estudios longitudinales que examinen la persistencia de los efectos del movimiento corporal sobre el aprendizaje aritmético más allá de las 12 semanas de intervención; (b) la ausencia de modelos pedagógicos integradores que articulen explícitamente motricidad, STEAM y neuroeducación en un único marco de enseñanza de la aritmética para educación primaria; y (c) la insuficiente atención a las variables moderadoras género, nivel socioeconómico, contexto cultural latinoamericano que pueden afectar la magnitud y la dirección de los efectos documentados.

## **Discusión**

El propósito central de esta revisión sistemática consistió en examinar la evidencia disponible entre 2019 y 2024 sobre la relación entre motricidad, movimiento corporal, enfoque STEAM, neuroeducación y enseñanza de la aritmética en educación primaria (6-12 años), tomando la motricidad como eje articulador. El análisis del corpus de 44 artículos permitió confirmar, matizar y ampliar los supuestos teóricos enunciados en la introducción, al tiempo que reveló tensiones interpretativas y brechas que merecen atención investigadora. La discusión se organiza en torno a cuatro ejes de interpretación que corresponden a las categorías temáticas identificadas, seguidos de un análisis integrador de convergencias



y divergencias con la literatura no incluida en el corpus, y una reflexión sobre las limitaciones del estudio y sus implicaciones para la investigación futura.

### ***La motricidad como eje neurológico del aprendizaje aritmético***

El hallazgo más robusto del corpus un tamaño del efecto promedio de  $d = 0.54$  para la relación entre motricidad y rendimiento académico general confirma y amplía los planteamientos teóricos de la introducción respecto al papel de la motricidad como fundamento neurológico del aprendizaje. Este resultado es coherente con la revisión de 54 estudios de Petrigna et al. (2022), quienes concluyeron que las lecciones académicas físicamente activas mejoran simultáneamente el compromiso motor, las habilidades motrices y el rendimiento académico. Sin embargo, la magnitud del efecto documentada en el presente corpus ( $d = 0.54$ ) supera ligeramente el valor reportado por Lambourne y Tomporowski (2010) en su metaanálisis sobre ejercicio y cognición infantil ( $d = 0.40$ ), lo que sugiere que las intervenciones basadas en motricidad integrada es decir, aquellas que vinculan el movimiento corporal directamente con el contenido curricular aritmético producen efectos superiores a los de la actividad física genérica o no vinculada a contenidos académicos específicos.

Este matiz tiene una implicación pedagógica de primer orden: no es suficiente con incrementar el tiempo de actividad física en el horario escolar para obtener beneficios sobre el rendimiento aritmético; es necesario que el movimiento corporal esté semánticamente vinculado a los contenidos matemáticos que se pretende enseñar. Esta distinción, apenas esbozada en la literatura de décadas anteriores, comienza a consolidarse como principio operativo en los estudios más recientes del corpus. Diamond (2019) ya había anticipado teóricamente esta diferencia al distinguir entre actividad física general — cuyo efecto sobre las funciones ejecutivas opera por vía neuroendocrina y de oxigenación cerebral y movimiento cognitivamente comprometido cuyo efecto opera además por vía de la codificación encarnada de la información. Los hallazgos del corpus confirman que la segunda modalidad es la pedagógicamente más poderosa para la enseñanza de la aritmética en educación primaria, lo que fundamenta la pertinencia del modelo integrador que el presente artículo propone.

No obstante, es preciso señalar una tensión identificada en el corpus: el 54.7% de los docentes de educación primaria encuestados por Álvarez y Couto (2020) reportó no implementar la motricidad de manera sistemática en sus prácticas de aula, a pesar de valorarla teóricamente. Esta brecha entre el reconocimiento y la implementación denominada en la literatura anglosajona como knowing-doing gap (Pfeffer y Sutton, 2000) constituye uno de los obstáculos más persistentes para la traducción de la evidencia empírica en cambio pedagógico real, y no ha sido suficientemente abordada por los estudios del corpus ni por la literatura más amplia revisada.

### ***Movimiento corporal y aritmética: evidencia, mecanismos y límites***

La categoría de movimiento corporal y aprendizaje aritmético registró el mayor tamaño del efecto del corpus ( $d$  promedio = 0.61), lo que la posiciona como la relación empíricamente más sólida de las cuatro examinadas. Este resultado es consistente con los hallazgos de Mavilidi et al. (2022), quienes reportaron tamaños del efecto de entre  $g = 0.42$  y  $g = 0.74$  para el aprendizaje integrado en movimiento sobre la retención de conceptos matemáticos. La coherencia entre los resultados del corpus y los de estudios no incluidos tales como el metaanálisis de van der Fels et al. (2021) sobre habilidades motrices y rendimiento académico ( $r = .31$ ,  $p < .001$ ) refuerza la validez externa de los hallazgos y sugiere que la relación entre movimiento corporal y aprendizaje aritmético es robusta y generalizable a distintos contextos educativos.

El mecanismo explicativo más documentado en el corpus es el propuesto por Gordon y Ramani (2021): los gestos producidos durante la resolución de tareas aritméticas descargan demanda cognitiva sobre la memoria de trabajo, liberando capacidad de procesamiento para el razonamiento numérico. Este mecanismo articula de manera elegante la teoría de la cognición encarnada según la cual el pensamiento está profundamente anclado en la experiencia sensoriomotora del cuerpo con la psicología cognitiva clásica que sitúa en la memoria de trabajo el cuello de botella del procesamiento matemático. Ranzini et al. (2025) aportaron evidencia metaanalítica adicional desde la neurociencia cognitiva, demostrando que las representaciones corporales del número están neurológicamente integradas en los circuitos que procesan la magnitud numérica ( $d = 0.43$ ), lo que otorga sustento biológico a la hipótesis del movimiento corporal como mediador del aprendizaje aritmético.



Sin embargo, el corpus también reveló un límite importante: la gran mayoría de los estudios evaluaron los efectos del movimiento corporal sobre habilidades aritméticas básicas como el conteo, cálculo mental, operaciones con números naturales, con escasa atención a habilidades de orden superior como el razonamiento proporcional, la estimación o la resolución de problemas de múltiples pasos. Esta restricción del rango de variables dependientes evaluadas reduce la potencia de las conclusiones y obliga a una interpretación cauta de los resultados: los efectos documentados son robustos para la aritmética básica en los primeros ciclos de educación primaria, pero no pueden extrapolarse directamente a contenidos matemáticos más complejos sin investigación adicional.

### ***El enfoque STEAM: potencial real y brechas de implementación***

Los resultados sobre el enfoque STEAM presentan el patrón más complejo de interpretar: efectos grandes sobre variables motivacionales y actitudinales ( $\eta^2 = 0.18$ ), pero efectos más modestos y heterogéneos sobre el rendimiento aritmético específico. Este patrón es coherente con la revisión de García-Fuentes et al. (2023), quienes identificaron que STEAM incrementa la creatividad, la motivación y la autoeficacia del alumnado de manera consistente, pero que sus efectos sobre el rendimiento académico medido en pruebas estandarizadas son más variables. Fernández-Blanco et al. (2022) habían advertido previamente que casi la mitad de los estudios sobre STEAM en educación primaria no aborda el aprendizaje matemático de manera consistente, lo que dificulta la síntesis cuantitativa de sus efectos sobre la aritmética específicamente.

La explicación más plausible de esta heterogeneidad, a la luz del corpus revisado, radica en la variabilidad en la calidad de la integración disciplinar. Las intervenciones STEAM con mayor efecto sobre el rendimiento aritmético fueron aquellas que incorporaron componentes de movimiento corporal y expresión artística directamente vinculados a los contenidos matemáticos trabajados (González-Valero et al., 2023), mientras que las intervenciones de carácter predominantemente tecnológico o digital registraron efectos menores. Este hallazgo tiene una implicación directa para el modelo pedagógico propuesto en el presente artículo: la eficacia del enfoque STEAM en la enseñanza de la aritmética depende de la calidad de la integración entre las artes corporales y los contenidos matemáticos, y no de la mera yuxtaposición de actividades de distintas disciplinas. Perignat y Katz-Buonincontro (2019), cuya revisión no formó parte del corpus principal pero fue consultada como literatura ampliatoria, ya habían señalado que el riesgo más frecuente en la implementación de STEAM es la pérdida del rigor disciplinar matemático en aras de la creatividad o la espectacularidad de las actividades, resultado que el presente corpus confirma empíricamente.

Desde el contexto latinoamericano, los artículos recuperados de Dialnet y DOAJ aportaron una perspectiva relevante: las intervenciones STEAM implementadas en países hispanohablantes tendieron a privilegiar la dimensión artística y manual por sobre la tecnológica, lo que paradójicamente favoreció una mayor integración del movimiento corporal y, con ello, efectos más consistentes sobre el rendimiento aritmético. Este hallazgo invita a reflexionar sobre la pertinencia cultural del enfoque STEAM en contextos con menor acceso a tecnología digital, donde las artes corporales, danza, expresión corporal, ritmo, dramatización matemática pueden constituir el vector de integración más efectivo y equitativo.

### ***Neuroeducación: de los principios a las prácticas verificables***

Los resultados de la categoría neuroeducativa ( $d$  promedio = 0.47) confirman la validez operativa de los principios neuroeducativos como guías para el diseño de intervenciones de enseñanza aritmética, aunque con dos matices importantes. El primero concierne a la especificidad de los efectos: las estrategias neuroeducativas documentadas en el corpus producen efectos más consistentes sobre la atención sostenida y la motivación intrínseca que sobre el rendimiento aritmético medido directamente, lo que sugiere que su contribución al aprendizaje matemático opera principalmente a través de variables mediadoras como la disposición hacia el aprendizaje, regulación emocional, persistencia ante el error antes que a través de una mejora directa de las habilidades de cálculo. Esta interpretación es coherente con los fundamentos teóricos de Immordino-Yang y Damasio (2020), quienes argumentaron que las emociones y los estados corporales no son meros acompañantes del pensamiento sino condiciones de posibilidad para la toma de decisiones y el razonamiento.

El segundo matiz se refiere a la dificultad de deslindar la contribución específica de los principios neuroeducativos del efecto general del movimiento corporal presente en muchas de las intervenciones: cuando Delgado y Ponce (2023) implementaron estrategias neuroeducativas que incluían dinámicas



corporales y juegos de movimiento, resulta metodológicamente complejo atribuir los efectos observados exclusivamente a los principios neuroeducativos y no al componente motriz de las actividades. Esta limitación de diseño señalada también por Howard-Jones et al. (2021) al revisar la evidencia de la neurociencia educativa apunta a la necesidad de estudios con grupos de control activos que permitan desagregar la contribución de cada componente del modelo integrador.

Un hallazgo emergente particularmente relevante es el de Acosta Ramos y Quevedo Arnaiz (2021) sobre el papel de las neuronas espejo en la adquisición de procedimientos aritméticos por observación e imitación de movimientos. Este mecanismo apenas explorado en la literatura de educación matemática abre una línea de investigación prometedora: si los procedimientos de cálculo pueden adquirirse y consolidarse a través de la observación e imitación de acciones corporales que los representan, entonces la enseñanza de la aritmética podría beneficiarse de metodologías activas centradas en la modelización corporal de las operaciones matemáticas, lo que constituye una de las bases del modelo pedagógico que el presente artículo propone.

### ***Integración: hacia un modelo pedagógico articulado***

El análisis transversal del corpus, complementado con literatura adicional no incluida en la selección PRISMA, permite plantear como hipótesis interpretativa que la relación entre los cinco constructos del estudio —motricidad, movimiento corporal, STEAM, neuroeducación y enseñanza de la aritmética— puede ser más que aditiva cuando se integran de forma deliberada y coherente. Esta posible articulación complementaria se apoya en al menos tres mecanismos que el corpus permite documentar de forma preliminar. El primero es el mecanismo de codificación encarnada: el movimiento corporal vinculado al contenido aritmético puede enriquecer la representación mental del número y la operación al añadir una dimensión sensoriomotora a su trazado mnémico (Ranzini et al., 2025; Gordon y Ramani, 2021). El segundo es el mecanismo de regulación atencional-emocional: el movimiento corporal y las estrategias neuroeducativas asociadas podrían incrementar los recursos disponibles para los procesos de atención y memoria de trabajo que median el aprendizaje aritmético (Lambourne y Tomporowski, 2010; Diamond, 2019). El tercero es el mecanismo de transferencia contextual: el aprendizaje aritmético que ocurre en contextos de movimiento y acción propios del enfoque STEAM con componentes corporales produce mayor transferencia al razonamiento matemático cotidiano que el aprendizaje ocurrido en contextos pasivos y descontextualizados (Mavilidi et al., 2022; González-Valero et al., 2023).

Comparados con modelos pedagógicos previos que abordan solo alguno de estos constructos —como el modelo CRA de Witzel y Mize (2021), centrado en la progresión concreto-representacional-abstracta pero sin integración motriz sistemática, o los programas de descansos activos de Arias-Palencia et al. (2023), centrados en el movimiento pero sin articulación curricular con la aritmética—, el modelo que emerge de la síntesis del corpus se distingue por la integración simultánea de los cinco constructos bajo el eje de la motricidad, lo que genera mayor coherencia teórica y, según la evidencia disponible, mayor eficacia sobre el rendimiento aritmético específico.

### ***Limitaciones del estudio***

El presente estudio presenta cuatro limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar sus hallazgos. La primera se refiere al sesgo de publicación inherente a toda revisión sistemática: los estudios con resultados estadísticamente significativos tienen mayor probabilidad de ser publicados e indexados en las bases de datos consultadas, lo que puede inflar la magnitud de los tamaños del efecto reportados. Aunque se intentó mitigar este sesgo mediante la consulta de Dialnet, DOAJ y Google Scholar que incluyen literatura gris y publicaciones de acceso abierto en español, no es posible descartar completamente su influencia en los resultados.

La segunda limitación concierne a la heterogeneidad metodológica del corpus: los 44 artículos incluidos presentan diseños, instrumentos, edades de los participantes, duraciones de intervención y operacionalizaciones de las variables considerablemente distintos entre sí, lo que limita la comparabilidad directa de los resultados y restringe la potencia de las síntesis cuantitativas realizadas. Aunque se calcularon tamaños del efecto promedio por categoría, estos deben interpretarse como estimaciones orientativas y no como parámetros de precisión estadística equiparables a los de un metaanálisis formal con corrección por heterogeneidad.

La tercera limitación es la restricción temporal al período 2019-2024, que si bien garantiza la actualidad del corpus, excluye contribuciones teóricas y empíricas seminales anteriores a ese año —como las de Hannaford (2020, 3.ª edición de un trabajo original de 1995), Jensen (2020) o Bruner (1960)— que fueron citadas en la introducción pero no formaron parte de la síntesis sistemática. Esta decisión, coherente con el protocolo PRISMA y los criterios de elegibilidad establecidos a priori, puede haber subestimado la magnitud del consenso teórico-empírico acumulado sobre la relación entre movimiento y aprendizaje matemático.

La cuarta limitación concierne a la heterogeneidad geográfica y cultural del corpus: la gran mayoría de los estudios incluidos fueron realizados en contextos europeos y norteamericanos, con una representación limitada de investigaciones provenientes de América Latina, África y Asia. Esta distribución desigual puede afectar la generalización de los hallazgos a contextos educativos con características curriculares, culturales y socioeconómicas distintas. Si bien se incluyeron fuentes de Dialnet y DOAJ con el propósito de ampliar la representación hispanoamericana, la evidencia disponible en este ámbito sigue siendo escasa en comparación con la producción anglosajona. En consecuencia, las conclusiones del estudio deben interpretarse con cautela cuando se extrapolan a contextos educativos con condiciones estructurales sustancialmente diferentes a las de los estudios fuente.

### ***Líneas de investigación futura***

A partir de las convergencias y brechas identificadas, el presente estudio sugiere cinco líneas de investigación prioritarias para la agenda futura en el área de la educación física, la neuroeducación y la didáctica de la matemática. La primera es el diseño y evaluación de intervenciones longitudinales ( $\geq 6$  meses) que examinen la persistencia de los efectos del movimiento corporal sobre el aprendizaje aritmético más allá del período de intervención inmediata, incorporando medidas de seguimiento a los 6 y 12 meses. La segunda es el desarrollo de estudios con grupos de control activos que permitan desagregar la contribución específica de la motricidad, el movimiento corporal, el componente STEAM y los principios neuroeducativos sobre el rendimiento aritmético, superando la limitación metodológica de los diseños pretest-postest sin control de componentes. La tercera es la investigación sobre variables moderadoras contextuales género, nivel socioeconómico, ruralidad, contexto cultural latinoamericano que pueden afectar la magnitud y la dirección de los efectos documentados. La cuarta es el diseño y validación de instrumentos de observación que permitan medir la calidad de la integración pedagógica entre motricidad y aritmética en el aula, superando la dependencia exclusiva de pruebas de rendimiento como variable dependiente. La quinta, y más ambiciosa, es la construcción y validación empírica de un modelo pedagógico integrado que articule motricidad, movimiento corporal, STEAM y neuroeducación en una secuencia de enseñanza coherente para la aritmética en educación primaria mediante estudios de diseño educativo con múltiples ciclos de implementación, evaluación y refinamiento.

## **Conclusiones**

El presente artículo se propuso examinar, mediante revisión sistemática con protocolo PRISMA 2020, la evidencia disponible entre 2019 y 2024 sobre la relación entre motricidad, movimiento corporal, enfoque STEAM, neuroeducación y enseñanza de la aritmética en educación primaria, tomando la motricidad humana como eje articulador. El análisis del corpus de 44 artículos indexados en Scopus, SPORTDiscus, Dialnet, DOAJ y Google Scholar permite formular las siguientes conclusiones.

En primer lugar, la evidencia revisada indica que el movimiento corporal intencionalmente vinculado al contenido aritmético se asocia con efectos positivos sobre el rendimiento matemático en educación primaria, con tamaños del efecto que oscilan entre  $d = 0.47$  y  $d = 0.61$  según la categoría temática analizada. Estos efectos son más consistentes para la aritmética básica en los primeros ciclos, y parecen potenciarse cuando el movimiento se integra con el enfoque STEAM y los principios neuroeducativos, aunque la heterogeneidad de diseños del corpus limita la generalización directa de los resultados.

En segundo lugar, la motricidad humana emerge como un eje articulador teórico y pedagógico plausible en el marco de esta revisión: proporciona el fundamento conceptual para el uso del cuerpo en movimiento como mediador del aprendizaje y articula los mecanismos propuestos en la literatura —codifi-

cación encarnada, regulación atencional-emocional y transferencia contextual— para explicar los efectos observados. Sin embargo, la naturaleza de la síntesis realizada no permite establecer relaciones causales definitivas entre motricidad y rendimiento aritmético.

En tercer lugar, el enfoque STEAM con componente corporal-artístico muestra efectos consistentes sobre la motivación y la autoeficacia matemática ( $\eta^2 = 0.18$ ), y efectos moderados sobre el rendimiento aritmético específico cuando la integración disciplinar es de calidad. Este patrón sugiere que la incorporación de las artes corporales al currículum de matemáticas puede favorecer el aprendizaje aritmético, especialmente en contextos latinoamericanos con acceso limitado a tecnología digital, aunque se requieren estudios con mayor control metodológico para confirmar este efecto.

En cuarto lugar, los enfoques neuroeducativos aportan el sustrato científico que contribuye a explicar la integración del movimiento en la enseñanza de la aritmética, al documentar mecanismos neurológicos plausibles —activación de circuitos sensoriomotores, neuronas espejo, consolidación mnémica— mediante los cuales el cuerpo en movimiento puede favorecer la construcción del conocimiento matemático. Estos fundamentos no constituyen certezas deterministas, sino marcos interpretativos con respaldo empírico creciente que orientan el diseño de intervenciones educativas basadas en evidencia.

Estas conclusiones tienen implicaciones para la práctica docente en educación primaria, el diseño curricular y la política educativa en el ámbito iberoamericano. La evidencia revisada sugiere que la motricidad, el movimiento corporal, el enfoque STEAM y la neuroeducación constituyen recursos con sustento empírico creciente para abordar los retos del aprendizaje matemático en los primeros años de escolarización, aunque se requieren estudios longitudinales y con mayor control metodológico para consolidar estas conclusiones. El presente artículo ofrece una síntesis que puede orientar futuras intervenciones y líneas de investigación en este campo.

## Agradecimientos

Se expresa un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte (UTN), a la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología (FECYT) y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA), por el apoyo brindado para el desarrollo de la presente investigación. De igual manera, se reconoce el respaldo de las autoridades universitarias, en especial del PhD. Miguel Naranjo Toro, Rector de la UTN, del PhD. Marcelo Cevallos, Decano de la FICAYA, y del Dr. José Revelo, Decano de la FECYT, cuyo apoyo incondicional hizo posible su realización.

## Financiación

No aplica.

## Referencias

- Acosta Ramos, M., y Quevedo Arnaiz, N. (2021). Estrategias neuroeducativas para optimizar el aprendizaje de las matemáticas en educación básica. *Revista Científica UISRAEL*, 8(2), 45-62. <https://doi.org/10.35290/rcuisrael.v8n2.2021.345>
- Aguilera, D., Martín-Páez, T., Valdés-Rueda, R., Ruiz-Ahumada, A., y Vilchez-González, J. M. (2021). ¿Qué se entiende por educación STEAM? Revisión de la producción académica española. *Revista Española de Pedagogía*, 79(278), 223-242. <https://doi.org/10.22550/REP79-1-2021-08>
- Albarellos-Graña, L., González-Víllora, S., y Pastor-Vicedo, J. C. (2024). El movimiento como recurso de aprendizaje en el aula de educación primaria: percepciones del profesorado. *Retos*, 55, 124-133. <https://doi.org/10.47197/retos.v55.104210>
- Álvarez, C., y Couto, N. (2020). Motricidade e desenvolvimento cognitivo na educação infantil: percepções docentes. *Educação e Pesquisa*, 46, e220315. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202046220315>
- Álvarez-Bueno, C., Hillman, C. H., Dorado-Díaz, P. I., Pedrero-Chamizo, R., Jiménez-García, R., y Martínez-Vizcaíno, V. (2022). Physical activity interventions and mathematics achievement in school-age



- children: A systematic review and meta-analysis. *Education Sciences*, 12(6), 411. <https://doi.org/10.3390/educsci12060411>
- Ansari, D., Lyons, I. M., y van Eimeren, L. (2020). Linking visual-spatial and linguistic skill to number comprehension: Insight from neuroscience. *ZDM Mathematics Education*, 52(3), 329-343. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01134-6>
- Arias-Palencia, N. M., Solera-Martínez, M., Gracia-Marco, L., Silva, P., y Martínez-Vizcaíno, V. (2023). Physically active mathematics lessons and children's academic performance: A cluster-randomized controlled trial. *Retos*, 50, 789-797. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.97821>
- Bernate, J. A. (2021). La educación física y su importancia en el desarrollo motriz infantil: revisión bibliográfica sistemática. *Sportis: Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 7(3), 495-519. <https://doi.org/10.17979/sportis.2021.7.3.8758>
- Caracuel-Cáliz, R., Zurita-Ortega, F., González-Valero, G., y Puertas-Molero, P. (2025). Active methodologies and physical activity in primary education: A systematic review. *Sports*, 13(1), 14. <https://doi.org/10.3390/sports13010014>
- Castro-Alonso, J. C., Paas, F., y Ginns, P. (2024). Embodied cognition and instructional design: Principles for learning through body-based experiences. *Educational Psychology Review*, 36(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09845-6>
- Delgado, R., y Ponce, M. (2023). Estrategias neuroeducativas en la enseñanza de matemáticas en básica elemental. *Revista InveCom*, 3(2), 1-14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7523451>
- Diamond, A. (2019). The evidence base for improving school outcomes by addressing the whole child and by addressing skills and attitudes, not just content. *Early Education and Development*, 21(5), 780-793. <https://doi.org/10.1080/10409289.2010.514522>
- Fernández-Blanco, T., Fernández-Oliveras, A., y Oliveras, M. L. (2022). Revisión sistemática sobre el aprendizaje matemático en proyectos STEAM en Educación Primaria. *Investigación en Educación Matemática*, 26, 113-130. <https://doi.org/10.35763/aiem.v26i.453>
- García-Fuentes, C. D., Castro-Zubizarreta, A., y Muñoz-Moreno, J. L. (2023). El enfoque STEAM en educación: análisis bibliométrico y revisión de la literatura. *Revista Complutense de Educación*, 34(2), 323-334. <https://doi.org/10.5209/rced.77166>
- González-Valero, G., Zurita-Ortega, F., Puertas-Molero, P., y Ubago-Jiménez, J. L. (2023). STEAM en educación física: revisión sistemática de intervenciones con movimiento corporal en matemáticas. *Retos*, 50, 1021-1030. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.98345>
- Gordon, R., y Ramani, G. B. (2021). Integrating embodied cognition and information processing: A combined model of the role of gesture in children's mathematical environments. *Frontiers in Psychology*, 12, 650286. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.650286>
- Guillamón, A. R., García-Cantó, E., y Carrillo-López, P. J. (2021). Efecto del ejercicio físico aeróbico sobre la atención de los escolares: Una revisión sistemática. *Retos*, 39, 1017-1023. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.80586>
- Immordino-Yang, M. H., y Damasio, A. (2020). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. En R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (3.ª ed., pp. 101-120). Cambridge University Press.
- Kmet, L. M., Lee, R. C., y Cook, L. S. (2004). Standard quality assessment criteria for evaluating primary research papers from a variety of fields. *HTA Initiative*, 13, 1-22. Alberta Heritage Foundation for Medical Research.
- Lambourne, K., y Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: A meta-regression analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34(8), 1298-1306. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.06.004>
- Mavilidi, M. F., Oberheim, S., Gampe, A., Naber, M., y Paas, F. (2022). The effects of integrating physical activity into instruction: A systematic review and meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 34(3), 1943-1976. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09668-3>
- Nieves, C. (2024). Neuroeducación como herramienta transformadora en las prácticas pedagógicas: revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 4523-4545. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i1.9867](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9867)
- Padial-Ruz, R., Castro-Sánchez, M., Zurita-Ortega, F., y Chacón-Cuberos, R. (2022). Revisión sistemática sobre actividad física y aprendizaje de segundas lenguas en educación primaria. *Retos*, 45, 697-709. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.91740>

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Perignat, E., y Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Petrigna, L., Thomas, E., Gentile, A., Paoli, A., Bianco, A., y Palma, A. (2022). Physically active academic lessons and physical fitness improvement in primary school: A systematic review. *Frontiers in Pediatrics*, 10, 871750. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.871750>
- Ranzini, M., Lisi, V., Cipora, K., y Nuerk, H.-C. (2025). Embodied cognition in number perception and representation: A meta-analysis. *Acta Psychologica*, 243, 104178. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104178>
- Tokuhama-Espinosa, T. (2021). *Bringing the neuroscience of learning to online teaching*. Teachers College Press.
- Ato, M., López-García, J. J., y Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038-1059. <https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
- Bernate, J. A., Fonseca, I., y Betancourt, M. (2022). Estrategias didácticas en educación física para el desarrollo de habilidades motrices: revisión sistemática. *Ciencia y Deporte*, 7(3), 1-18. <https://doi.org/10.34982/2223.1773.2022.V7.No3.001>
- Blanco-San Martín, A., Fernández-Pernas, B., y Ríos-Lago, M. (2023). Red neuronal de la atención sostenida en escolares: implicaciones para la práctica educativa. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría*, 61(2), 134-147. <https://doi.org/10.4067/S0717-92272023000200134>
- Carlson, J. A., Engelberg, J. K., Cain, K. L., Conway, T. L., Mignano, A. M., Bonilla, E. A., Geremia, C., y Sallis, J. F. (2020). Implementing classroom physical activity breaks: Associations with student physical activity and classroom behavior. *Preventive Medicine*, 81, 67-72. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.08.006>
- Daza-Mejía, L. M., Romero-Parra, R. M., y Carvajal-García, A. (2022). Estrategias lúdicas corporales para el desarrollo de la educación emocional en educación primaria. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 1284-1302. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3987>
- Hannaford, C. (2020). *Smart moves: Why learning is not all in your head* (3.ª ed.). Great River Books.
- Howard-Jones, P. A., Ioannou, K., Bailey, R., Prior, J., y Yau, S. H. (2021). Gamification of learning deactivates the default mode network. *Frontiers in Psychology*, 12, 622086. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.622086>
- Jensen, E. (2020). *Teaching with the brain in mind* (2.ª ed.). ASCD.
- Morales, J. A., Espinoza, P., y Ruiz, C. (2022). Movimiento corporal integrado y aprendizaje numérico en educación primaria: un estudio experimental. *Frontiers in Education*, 7, 873490. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.873490>
- Moreno, J. A., Martínez, C., y Alonso, N. (2021). Actividad física y rendimiento cognitivo en escolares de educación primaria: estudio cuasiexperimental. *Retos*, 40, 248-256. <https://doi.org/10.47197/retos.v1i40.83791>
- Moreno, M. I., y Palao, J. M. (2024). Actividad física integrada en el currículo y competencia aritmética en educación primaria: un estudio experimental. *Retos*, 56, 312-321. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.103274>
- Peiró-Velert, C., Valencia-Peris, A., Llopis-Goig, R., y Ros-Ros, C. (2023). Integración de la educación física en el currículo escolar: revisión sistemática de modelos y enfoques. *Movimiento*, 29, e29008. <https://doi.org/10.22456/1982-8918.118763>
- Pfeffer, J., y Sutton, R. I. (2000). *The knowing-doing gap: How smart companies turn knowledge into action*. Harvard Business School Press.
- Riley, N., Lubans, D. R., Holmes, K., y Morgan, P. J. (2022). Motor skill competence and numeracy in primary school children: A quasi-experimental study. *Journal of Motor Learning and Development*, 10(1), 45-61. <https://doi.org/10.1123/jmld.2021-0012>
- Sánchez-López, M., García-Hermoso, A., Cavero-Redondo, I., Álvarez-Bueno, C., y Martínez-Vizcaíno, V. (2020). Exercise and brain health in school-aged children and adolescents: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 9(8), 2656. <https://doi.org/10.3390/jcm9082656>
- Sousa, D. A., y Tomlinson, C. A. (2022). *Differentiation and the brain: How neuroscience supports the learner-friendly classroom* (2.ª ed.). Solution Tree Press.



- Toro-Arévalo, S. A., Arce-Villalobos, L., y Vargas-Díaz, L. (2021). Ecomtricidad y educación física: hacia una perspectiva relacional del movimiento humano. *Journal of Human Sport and Exercise*, 16(Proc4), S2124-S2136. <https://doi.org/10.14198/jhse.2021.16.Proc4.37>
- van der Fels, I. M. J., Te Wierike, S. C. M., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., y Visscher, C. (2021). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(6), 697-703. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007>
- Velarde-Molina, J., Fernández-García, E., y López-Ruiz, M. A. (2023). Tendencias bibliométricas en investigación educativa (2018-2022): un análisis de la producción científica indexada en Scopus. *Revista de Educación*, 400, 87-112. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2023-400-578>
- Witzel, B. S., y Mize, M. (2021). Meeting the needs of students struggling with mathematics: The CRA-I model and other strategies. *Intervention in School and Clinic*, 56(3), 131-138. <https://doi.org/10.1177/1053451220942485>
- Yakman, G., y Lee, H. (2020). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072-1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>

### Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Daniel David Sono Toledo  
Adriana Elizabeth Aroca Fárez  
Damian Alejandro Vizuite Galeas  
Carla Alexandra Yandún Cartagena

ddsono@utn.edu.ec  
aeroca@utn.edu.ec  
damian.vizuite@uaw.edu.ec  
cayandun@utn.edu.ec

Autora  
Autora  
Autor  
Autora