

SSTSDS-Vol.4. N1. 115

**Aprendizaje significativo para la comprensión de conceptos
fundamentales de física y matemática aplicada**

*Meaningful learning for the understanding of fundamental concepts in
physics and applied mathematics*

Autores:

Hugo David Villa Chafla

GAD Pallatanga

Pallatanga – Ecuador

hdvid18@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-3392-576X>

Cristina Elizabeth Miranda Chonata

Unidad Educativa Francisco Flor

Ambato – Ecuador

cristina.miranda@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0009-7038-5026>

Javier Alexander Mayorga Quiroga

Ministerio de Educación

Ambato – Ecuador

javier.mayorga@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0000-8075-3587>

Patricia Magdalena Paredes Nuñez

Unidad Educativa Francisco Flor

Ambato – Ecuador

patriciam.paredes@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0001-8422-2844>

Javier Ismael Cevallos Culqui

Investigador independiente

Ambato – Ecuador

javiercevallos87@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1888-9966>

Autor de correspondencia: *Hugo David Villa Chafla*, hdvid18@gmail.com

Enviado: 14-05-2026

Aceptado: 15-08-2026

Revisado: 17-07-2026

Publicado: 17-08-2026



Cómo citar este artículo:

Villa Chafra, H. D., Miranda Chonata, C. E., Mayorga Quiroga, J. A., Paredes Nuñez, P. M., & Cevallos Culqui, J. I. (2026). Aprendizaje significativo para la comprensión de conceptos fundamentales de física y matemática aplicada. *Sage Sphere of Technology, Sciences, Discoveries And Society*, 4(1), 1-30. <https://doi.org/10.63688/0djgjf60>

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.



RESUMEN

El aprendizaje significativo ha adquirido relevancia en la enseñanza de la física y la matemática aplicada, al favorecer la relación entre conocimientos previos, comprensión conceptual, resolución de problemas y aplicación de saberes en distintos contextos. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la contribución de las estrategias de aprendizaje significativo a la comprensión de conceptos fundamentales de física y matemática aplicada, según la literatura científica publicada entre 2020 y 2026. Se desarrolló una revisión integrativa mediante una búsqueda sistemática basada en las etapas de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión establecidas por PRISMA 2020. El corpus final estuvo conformado por 18 publicaciones científicas relacionadas con aprendizaje activo, resolución de problemas, razonamiento matemático, modelización, aprendizaje basado en proyectos, representaciones múltiples, contextualización e integración STEM. Los hallazgos se organizaron en cuatro categorías: comprensión conceptual y aprendizaje activo; resolución de problemas y razonamiento matemático; integración entre matemática, física y contextos aplicados; y modelización, proyectos y representaciones del conocimiento. Los resultados evidenciaron que estas estrategias fortalecen la comprensión cuando los estudiantes participan activamente, relacionan nuevos conceptos con conocimientos previos y resuelven problemas contextualizados. Sin embargo, su efectividad depende del diseño de las actividades, la orientación docente y las oportunidades de transferencia del aprendizaje. Se concluye que el aprendizaje significativo constituye un enfoque pertinente para promover una comprensión profunda y superar prácticas centradas únicamente en la memorización de fórmulas y procedimientos.

Palabras clave: aprendizaje significativo; comprensión conceptual; enseñanza de la física; matemática aplicada; resolución de problemas.

ABSTRACT

Meaningful learning has acquired relevance in the teaching of physics and applied mathematics, by favoring the relationship between prior knowledge, conceptual understanding, problem solving and application of knowledge in different contexts. The present study aimed to analyze the contribution of meaningful learning strategies to the understanding of fundamental concepts of physics and applied mathematics, according to the scientific literature published between 2020 and 2026. An integrative review was developed through a systematic search based on the stages of identification, screening, eligibility, and inclusion established by PRISMA 2020. The final corpus was made up of 18 scientific publications related to active learning, problem solving, mathematical reasoning, modeling, project-based learning, multiple representations, contextualization and STEM integration. The findings were organized into four categories: conceptual understanding and active learning; problem solving and mathematical reasoning; integration between mathematics, physics and applied contexts; and modelling, projects and representations of knowledge. The results showed that these strategies strengthen comprehension when students actively participate, relate new concepts with previous knowledge and solve contextualized problems. However, its effectiveness depends on the design of the activities, the teaching orientation and the opportunities for learning transfer. It is concluded that meaningful learning is a pertinent approach to promote deep understanding and overcome practices focused solely on the memorization of formulas and procedures.

Keywords: meaningful learning; conceptual understanding; physics education; applied mathematics; problem-solving.



1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la física y la matemática aplicada constituye un componente fundamental de la formación académica, debido a que ambas disciplinas permiten comprender, representar y explicar diferentes fenómenos de la realidad. Sin embargo, su aprendizaje puede resultar complejo cuando los contenidos se presentan principalmente mediante fórmulas, procedimientos y ejercicios mecánicos, sin establecer relaciones con los conocimientos previos o con situaciones cercanas al estudiante. En este contexto, el aprendizaje significativo busca favorecer una comprensión más profunda, permitiendo relacionar los nuevos conocimientos con experiencias, ideas y estructuras cognitivas previamente adquiridas.

La comprensión de conceptos fundamentales no depende únicamente de resolver correctamente operaciones matemáticas o aplicar fórmulas. En física, es necesario interpretar las relaciones existentes entre magnitudes y fenómenos, mientras que en matemática aplicada se requiere comprender el significado de operaciones, funciones, representaciones gráficas y modelos. Bowers et al. (2024) evidenciaron la estrecha relación entre el conocimiento matemático y el razonamiento físico, destacando la necesidad de interpretar los procedimientos y otorgar significado a los resultados obtenidos.

El aprendizaje significativo puede fortalecerse mediante metodologías que permitan al estudiante participar activamente en la construcción del conocimiento. DeCaro et al. (2023) analizaron la resolución de problemas antes de la instrucción formal y mostraron que esta estrategia puede favorecer el aprendizaje al permitir que los estudiantes exploren diferentes posibilidades y posteriormente relacionen sus experiencias con los principios estudiados. Asimismo, Wilcox et al. (2020) encontraron que una enseñanza basada en la participación activa puede contribuir a la permanencia del aprendizaje conceptual incluso después de transcurrido un periodo de tiempo.

La integración de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas también ofrece posibilidades para relacionar conocimientos de diferentes disciplinas. Uden et al. (2023) desarrollaron una propuesta de aprendizaje basado en proyectos integrados STEM para la enseñanza de la física, destacando el empleo de proyectos y problemas contextualizados para favorecer una participación activa y relacionar conocimientos matemáticos con fenómenos físicos.



La resolución de problemas representa uno de los principales puntos de conexión entre física y matemática aplicada, ya que requiere identificar información, reconocer variables, seleccionar relaciones matemáticas e interpretar el significado de los resultados. Muerza et al. (2024) mostraron que el aprendizaje basado en problemas permite involucrar a los estudiantes en situaciones donde deben aplicar los conocimientos adquiridos y participar activamente en la solución de diferentes tareas. Este enfoque resulta pertinente para física y matemática aplicada, donde los procedimientos matemáticos adquieren mayor significado cuando se utilizan en situaciones concretas.

Las representaciones matemáticas también cumplen una función importante en el aprendizaje de la física. Ecuaciones, funciones, gráficos, diagramas y modelos permiten describir relaciones entre variables y fenómenos. Palmgren et al. (2025) identificaron funciones de la matemática vinculadas con el razonamiento físico, la resolución de problemas, la modelización y la experimentación, evidenciando la importancia de establecer conexiones explícitas entre las expresiones matemáticas y los fenómenos que representan.

De manera similar, el aprendizaje basado en proyectos puede facilitar la integración entre conocimientos conceptuales y habilidades prácticas. Wang et al. (2025) encontraron beneficios relacionados con la comprensión conceptual, la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y el desarrollo de habilidades prácticas en educación universitaria en física. La modelización también constituye una estrategia relevante, ya que permite representar situaciones reales mediante variables y relaciones matemáticas. Mahardika et al. (2025) señalaron que el empleo de modelos puede contribuir a representar fenómenos y favorecer formas de pensamiento lógico y sistemático.

La evaluación formativa representa otro recurso para fortalecer la comprensión conceptual. Lichtenberger et al. (2025) mostraron que las preguntas conceptuales pueden contribuir a identificar interpretaciones incorrectas y favorecer una comprensión más profunda de los contenidos. Esto resulta especialmente relevante porque un estudiante puede ejecutar correctamente un procedimiento matemático y, al mismo tiempo, interpretar de manera incorrecta el fenómeno físico representado.

Las metodologías basadas en problemas y la integración STEM también han mostrado posibilidades para relacionar conocimientos provenientes de diferentes campos. Funa (2026) encontró resultados favorables al integrar STEM y aprendizaje basado en



problemas para fortalecer la comprensión conceptual en ciencias. Del mismo modo, Xiao et al. (2026) señalaron que las estrategias de aprendizaje activo pueden ofrecer mejores condiciones para el aprendizaje conceptual en física universitaria al promover la participación, discusión, colaboración y aplicación del conocimiento.

En conjunto, estas investigaciones muestran que el aprendizaje significativo en física y matemática aplicada puede fortalecerse mediante la participación activa, la resolución de problemas, la modelización, los proyectos interdisciplinarios, las representaciones y la contextualización. Estas estrategias no sustituyen necesariamente la explicación docente ni el aprendizaje de procedimientos, sino que permiten integrarlos dentro de experiencias en las que el estudiante pueda comprender qué representa un concepto, cómo se relaciona con otros conocimientos y en qué situaciones puede aplicarlo.

Por ello, resulta pertinente analizar las estrategias que favorecen un aprendizaje significativo de los conceptos fundamentales de física y matemática aplicada. El presente estudio tiene como objetivo analizar la importancia del aprendizaje significativo para fortalecer la comprensión de conceptos fundamentales de física y matemática aplicada durante el periodo 2020–2026, considerando las principales estrategias pedagógicas, sus beneficios y sus posibilidades de aplicación dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. A partir de ello, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo contribuyen las estrategias de aprendizaje significativo al fortalecimiento de la comprensión de conceptos fundamentales de física y matemática aplicada, según la literatura científica publicada entre 2020 y 2026?

2. MARCO TEÓRICO

El aprendizaje significativo se relaciona con la capacidad del estudiante para incorporar nuevos conocimientos estableciendo conexiones con conceptos, experiencias y saberes previamente adquiridos. Desde esta perspectiva, aprender no consiste únicamente en memorizar información o reproducir procedimientos, sino en comprender las relaciones existentes entre los contenidos y utilizarlos posteriormente en diferentes situaciones. En el ámbito de las matemáticas, Bognar et al. (2025) señalan que el aprendizaje significativo de nuevos conceptos y habilidades implica relacionarlos con otras ideas matemáticas, diferentes formas de representación y situaciones de la vida real.



Este planteamiento resulta relevante para la enseñanza de la física y la matemática aplicada, debido a que ambas disciplinas contienen conceptos abstractos que adquieren mayor sentido cuando el estudiante puede relacionarlos con fenómenos observables. Por ello, estrategias que vinculan los contenidos con situaciones reales pueden contribuir a que los estudiantes comprendan para qué sirven determinados procedimientos y cómo pueden aplicarse fuera de los ejercicios tradicionales.

Comprensión conceptual en matemática y física

La comprensión conceptual implica reconocer principios, relaciones y significados, en lugar de limitar el aprendizaje a la ejecución mecánica de procedimientos. Sofroniou et al. (2025) explican que la comprensión conceptual matemática supone entender principios y relaciones de una manera que permita transferir el conocimiento de forma flexible hacia problemas que no han sido encontrados anteriormente. De esta manera, comprender un concepto permite utilizarlo en contextos diferentes y seleccionar estrategias adecuadas de resolución.

En física ocurre una situación similar. El estudiante puede conocer una ecuación y sustituir correctamente sus valores sin necesariamente comprender el fenómeno representado. Justice et al. (2025) destacan la necesidad de integrar la comprensión conceptual con el razonamiento cuantitativo en la enseñanza de la física, debido a que ambos componentes son necesarios para interpretar adecuadamente problemas y fenómenos físicos.

Relación entre matemática y física

La matemática constituye una herramienta fundamental para representar y analizar fenómenos físicos. Variables, ecuaciones, funciones y gráficos permiten expresar relaciones entre magnitudes y construir modelos que facilitan la interpretación de diferentes situaciones. Por esta razón, el dominio matemático puede influir directamente en la capacidad del estudiante para resolver problemas de física.

Tong et al. (2025) encontraron que las habilidades matemáticas tienen una influencia significativa en la resolución de problemas físicos y señalan que una mayor competencia matemática puede contribuir a una comprensión más profunda de determinados fenómenos. Esto evidencia que ambas disciplinas no deben comprenderse como áreas completamente independientes, sino como conocimientos complementarios que pueden fortalecerse mutuamente durante el proceso educativo.



Además, integrar física y matemática dentro de situaciones conocidas por los estudiantes puede facilitar la construcción de significado. Queiruga-Dios et al. (2025), mediante una propuesta que integró contenidos de física y matemática a partir de situaciones relacionadas con el fútbol, utilizaron problemas reales, herramientas tecnológicas, aprendizaje cooperativo e integración STEM para favorecer la comprensión de contenidos como cinemática, fuerza y energía.

Resolución de problemas y construcción del conocimiento

La resolución de problemas constituye una estrategia relevante para alcanzar aprendizajes significativos, ya que exige que el estudiante interprete información, identifique conceptos, establezca relaciones y evalúe posibles soluciones. No se trata solamente de obtener una respuesta numérica, sino de comprender el proceso seguido para alcanzarla.

Sinaga et al. (2023) señalan que la resolución de problemas puede organizarse mediante etapas que incluyen la identificación del problema, su descripción mediante conceptos, la planificación de una solución, la ejecución del procedimiento y la evaluación del resultado. Estas etapas permiten que el estudiante participe activamente en la construcción de una respuesta y desarrolle habilidades de razonamiento aplicables tanto en matemática como en física.

De forma similar, Musengimana et al. (2025b), a partir de una revisión sistemática sobre estrategias utilizadas para fortalecer la resolución de problemas en física, destacan la importancia de metodologías que promuevan una participación activa del estudiante y una comprensión de los principios involucrados antes de aplicar procedimientos matemáticos.

Representaciones y aplicaciones contextualizadas

El aprendizaje de conceptos matemáticos y físicos puede fortalecerse cuando una misma idea es presentada mediante diferentes formas de representación. Una expresión matemática puede acompañarse de gráficos, diagramas, situaciones reales o modelos visuales que permitan interpretar su significado desde diferentes perspectivas. Annajmi et al. (2026) señalan que el empleo de múltiples representaciones puede ayudar a los estudiantes a interpretar y construir el significado de conceptos matemáticos, especialmente cuando estos presentan un elevado nivel de abstracción.

Por ello, el aprendizaje significativo de la física y la matemática aplicada requiere estrategias que permitan conectar los conceptos teóricos con su representación y aplicación.



El análisis de problemas reales, el empleo de modelos, la utilización de diferentes representaciones y la integración entre conocimientos matemáticos y físicos pueden contribuir a superar un aprendizaje centrado exclusivamente en la memorización de fórmulas y procedimientos.

3. METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

El presente estudio se desarrolló mediante una revisión integrativa de la literatura con búsqueda sistemática, orientada a analizar el aprendizaje significativo para la comprensión de conceptos fundamentales de física y matemática aplicada durante el periodo 2020–2026. Se adoptó un enfoque cualitativo, descriptivo y analítico, debido a que se buscó identificar, comparar y sintetizar investigaciones relacionadas con comprensión conceptual, aprendizaje activo, resolución de problemas, modelización, representaciones múltiples, aprendizaje basado en proyectos, integración STEM y estrategias para relacionar conocimientos matemáticos con fenómenos físicos.

El corpus definitivo estuvo constituido por 18 investigaciones científicas, seleccionadas por presentar aportes directamente relacionados con la comprensión conceptual, la aplicación de conocimientos matemáticos y físicos, la resolución de problemas o estrategias de aprendizaje orientadas a superar la memorización mecánica de fórmulas y procedimientos.

Además de los estudios incluidos en el corpus, se utilizaron referencias metodológicas para sustentar el procedimiento de búsqueda, selección y organización de la información. El proceso de identificación y selección de publicaciones se estructuró tomando como referencia las recomendaciones de PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó mediante bases de datos, buscadores académicos y plataformas editoriales, entre ellas Scopus, Google Scholar, ERIC, SpringerLink, ScienceDirect, Frontiers, Taylor & Francis y MDPI.

Se emplearon términos en español e inglés relacionados con aprendizaje significativo, comprensión conceptual, enseñanza de la física, matemática aplicada y resolución de problemas, combinados mediante los operadores booleanos AND y OR.

La ecuación general de búsqueda fue:



("meaningful learning" OR "conceptual understanding" OR "aprendizaje significativo" OR "comprensión conceptual") AND ("physics education" OR "physics learning" OR "mathematics education" OR "applied mathematics" OR "educación física" OR "educación matemática") AND ("problem solving" OR "active learning" OR "mathematical modeling" OR "STEM" OR "resolución de problemas" OR "aprendizaje activo")

También se utilizaron búsquedas específicas como:

- ("conceptual understanding" AND "physics education")
- ("meaningful learning" AND "mathematics education")
- ("mathematics skills" AND "physics problem solving")
- ("active learning" AND "physics" AND "conceptual understanding")
- ("problem-solving before instruction" AND "mathematics")
- ("mathematical modeling" AND "physics education")
- ("STEM" AND "physics" AND "mathematics")
- ("multiple representations" AND "mathematics learning")
- ("project-based learning" AND "physics education")
- ("formative assessment" AND "physics conceptual understanding")

La información recuperada fue organizada mediante una matriz de revisión que incluyó autor, año, título, área de estudio, tipo de investigación, población o muestra cuando correspondía, estrategia educativa, objetivo, metodología, principales resultados, limitaciones y DOI.

Criterios de inclusión

Se incluyeron investigaciones que cumplieron las siguientes condiciones:

Publicadas entre 2020 y 2026.

Escritas en español o inglés.

Relacionadas con la enseñanza o aprendizaje de física, matemática o ambas disciplinas.

Con aportes vinculados con comprensión conceptual, aprendizaje significativo, resolución de problemas, modelización, aprendizaje activo, representaciones múltiples o integración STEM.

Correspondientes a artículos científicos o investigaciones académicas.

Con información bibliográfica verificable.

Con metodología y resultados identificables.



Con aportes relacionados con la aplicación, interpretación o transferencia del conocimiento.
Con pertinencia directa para comprender estrategias educativas que permitan superar la memorización exclusivamente procedimental.

Criterios de exclusión

Se excluyeron publicaciones anteriores a 2020, registros duplicados, documentos sin respaldo académico, artículos de opinión y publicaciones cuya temática no presentara una relación suficiente con la comprensión de conceptos de física o matemática.

También se excluyeron investigaciones centradas exclusivamente en otras áreas disciplinares cuando sus resultados no podían relacionarse directamente con el objetivo de la revisión, así como documentos que abordaban únicamente rendimiento académico sin analizar comprensión conceptual, resolución de problemas, aplicación del conocimiento o estrategias de enseñanza.

Proceso de selección de los estudios

El proceso de selección se organizó tomando como referencia las fases propuestas por PRISMA 2020, con el propósito de mostrar de forma ordenada la identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de las investigaciones.

La búsqueda inicial permitió identificar 30 registros procedentes de las diferentes bases de datos y plataformas académicas.

Durante la primera revisión se identificaron y eliminaron 4 registros duplicados, por lo que permanecieron 26 publicaciones para la etapa de cribado.

Posteriormente se revisaron los títulos y resúmenes de los 26 registros. En esta etapa fueron excluidas 5 publicaciones debido a que abordaban temas educativos generales, tecnología educativa u otras áreas científicas sin una relación suficientemente directa con la comprensión conceptual de física o matemática aplicada.

Como resultado, 21 artículos fueron evaluados mediante lectura de texto completo para determinar su elegibilidad.

Durante esta etapa se excluyeron 3 publicaciones por las siguientes razones:

1 publicación se centraba principalmente en contenidos estadísticos asociados con Administración y Gestión, sin una relación suficientemente directa con física o matemática aplicada.



1 publicación presentaba un enfoque predominantemente general sobre enseñanza matemática sin desarrollar suficientemente la comprensión conceptual o transferencia del aprendizaje requerida por esta revisión.

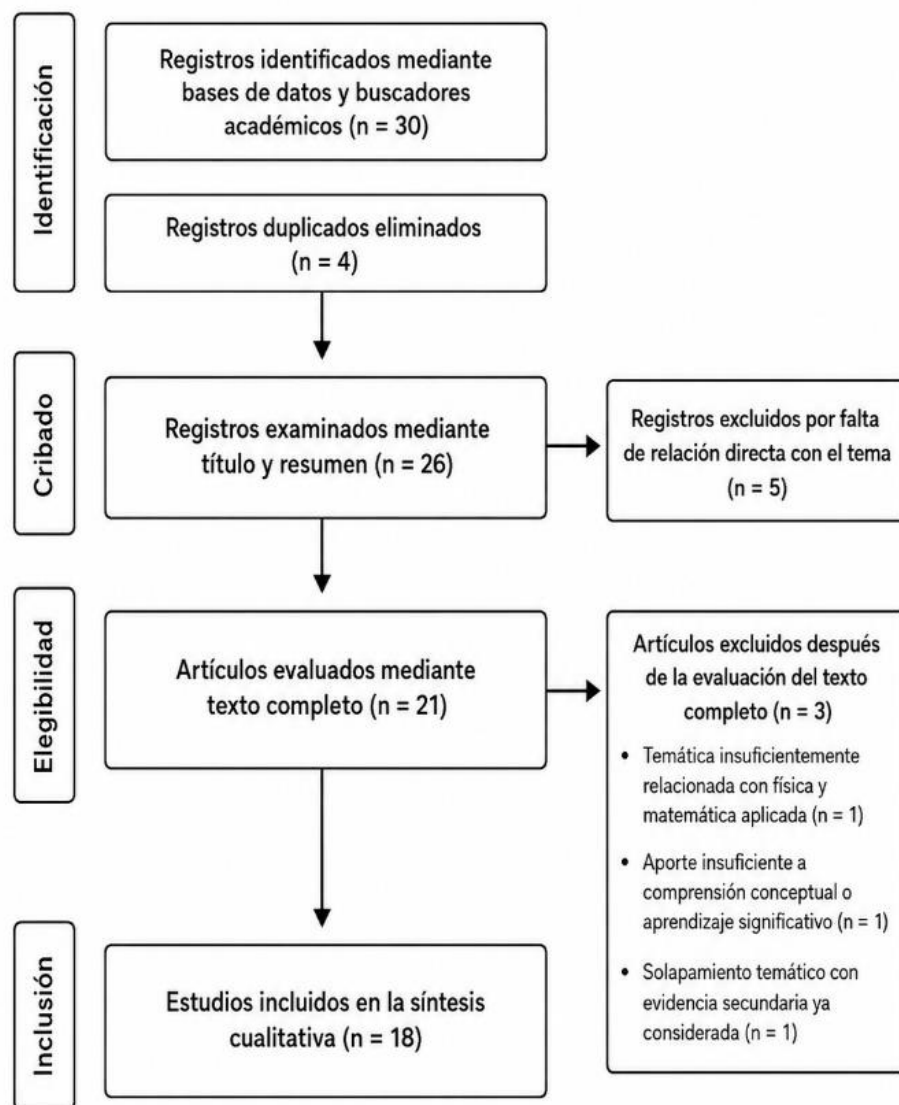
1 publicación correspondía a una revisión secundaria cuya contribución presentaba un solapamiento sustancial con la evidencia y las temáticas ya representadas en los estudios incluidos. Por esta razón, no fue incorporada al corpus de síntesis, aunque se conservó como fuente de apoyo teórico. Las revisiones secundarias que sí fueron incluidas aportaban perspectivas de síntesis directamente relacionadas con el objetivo de la investigación y abordaban dimensiones específicas no cubiertas de manera equivalente por los estudios primarios seleccionados. Finalmente, 18 investigaciones cumplieron los criterios de inclusión y fueron incorporadas en la síntesis cualitativa.

El corpus incluyó tanto estudios primarios como revisiones secundarias debido a la naturaleza integrativa de la revisión. Los estudios primarios fueron utilizados para identificar resultados derivados directamente de intervenciones, evaluaciones o investigaciones empíricas, mientras que las revisiones secundarias se incorporaron cuando aportaban una síntesis diferenciada y pertinente sobre dimensiones específicas del objeto de estudio. En particular, estas últimas fueron consideradas como fuentes de síntesis y contextualización de la evidencia, y no como evidencia primaria adicional. Para evitar la doble contabilización de resultados, los hallazgos procedentes de revisiones secundarias no fueron tratados como nuevos estudios primarios ni se sumaron nuevamente a los resultados de investigaciones individuales que pudieran estar contenidas en dichas previsiones. Debido a que el análisis realizado fue cualitativo y narrativo, cada publicación fue considerada de acuerdo con su naturaleza metodológica y su aporte específico a las categorías de análisis.

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección





Nota. El proceso de selección se organizó tomando como referencia PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

Inicialmente se identificaron 30 registros procedentes de las diferentes fuentes académicas consultadas. Después de eliminar cuatro registros duplicados, 26 publicaciones fueron sometidas a cribado mediante la revisión del título y resumen. En esta etapa se excluyeron cinco registros por no presentar una relación suficientemente directa con el aprendizaje significativo, la comprensión conceptual, la física o la matemática aplicada. Posteriormente, 21 publicaciones fueron evaluadas mediante texto completo y tres fueron excluidas por falta de correspondencia suficiente con los criterios establecidos. Finalmente, 18 investigaciones fueron incorporadas en la síntesis cualitativa.



Estudios incluidos en la revisión

Tabla 1

Características generales de las 18 investigaciones incluidas

N.º	Autor y año	Área principal	Tipo de estudio	Aporte principal a la revisión
1	Wilcox et al. (2020)	Física	Estudio longitudinal/intervención	Retención de la comprensión conceptual
2	DeCaro et al. (2023)	Física	Experimental	Resolución de problemas antes de la instrucción
3	Uden et al. (2023)	Física-STEM	Proyecto educativo	Aprendizaje basado en proyectos e integración STEM
4	Sinaga et al. (2023)	Matemática	Cuantitativo	Comprensión y resolución de problemas matemáticos
5	Bowers et al. (2024)	Matemática- Física	Investigación cualitativa/descriptiva	Identificación de habilidades matemáticas utilizadas en física
6	Kämpf & Stallmach (2024)	Matemática- Física	Intervención educativa	Integración de matemática dentro de la formación en física
7	Lichtenberger et al. (2025)	Física	Experimental aleatorizado	Evaluación formativa y comprensión conceptual
8	Mahardika et al. (2025)	Física	Intervención educativa	Modelización y superación de concepciones erróneas
9	Wang et al. (2025)	Física	Cuasiexperimental	Aprendizaje basado en proyectos



N.º	Autor y año	Área principal	Tipo de estudio	Aporte principal a la revisión
10	Tong et al. (2025)	Matemática-Física	Cuantitativo/SEM	Influencia de habilidades matemáticas en resolución de problemas físicos
11	Justice et al. (2025)	Física	Intervención educativa	Integración del razonamiento conceptual y cuantitativo
12	Queiruga-Dios et al. (2025)	Matemática-Física	Intervención STEM	Aplicación contextualizada de física y matemática
13	Annajmi et al. (2026)	Matemática	Intervención educativa	Representaciones múltiples y resolución de problemas
14	Funa (2026)	Ciencias-STEM	Estudio experimental	STEM y aprendizaje basado en problemas
15	Xiao et al. (2026)	Física	Revisión multidimensional	Estrategias de aprendizaje activo
16	Baumgartner et al. (2025)	Matemática	Investigación basada en diseño	Resolución de problemas antes de la instrucción
17	Musengimana et al. (2025a)	Física	Estudio descriptivo	Habilidades y etapas de resolución de problemas físicos
18	Palmgren et al. (2025)	Matemática-Física	Revisión sistemática	Funciones de la matemática en la enseñanza de la física

Nota. La selección de los instrumentos de evaluación se realizó de acuerdo con el diseño metodológico de cada publicación, evitando aplicar una única escala numérica a estudios experimentales, observacionales, cualitativos y revisiones secundarias.



Las herramientas JBI permiten realizar valoración crítica diferenciada de diversos diseños metodológicos, mientras que CASP dispone de listas específicas para estudios cualitativos, ensayos controlados y revisiones sistemáticas.

Evaluación de la calidad metodológica

Debido a la heterogeneidad de los diseños incluidos en la revisión, la calidad metodológica no fue valorada mediante una única escala numérica común para todas las publicaciones. En su lugar, se seleccionaron instrumentos de valoración crítica reconocidos y adecuados a la naturaleza metodológica de cada estudio.

Para los estudios experimentales, cuasiexperimentales, intervenciones educativas y estudios observacionales se consideraron las herramientas de evaluación crítica del Joanna Briggs Institute (JBI) correspondientes a cada diseño. Para los estudios cualitativos se consideraron criterios establecidos por el Critical Appraisal Skills Programme (CASP), mientras que las revisiones sistemáticas y otras síntesis de literatura fueron valoradas mediante instrumentos específicos para estudios secundarios.

La valoración se orientó a examinar aspectos como la pertinencia del diseño, selección y descripción de los participantes o corpus, procedimientos de intervención o recolección de datos, comparabilidad entre grupos cuando correspondía, claridad de las mediciones, tratamiento de posibles fuentes de sesgo, procedimientos de análisis y correspondencia entre los resultados y las conclusiones.

Debido a que los instrumentos empleados presentan criterios específicos según el tipo de diseño. Los resultados de la valoración metodológica fueron utilizados para interpretar la solidez y las limitaciones de la evidencia dentro de la síntesis cualitativa.

Tabla 2

Instrumentos de valoración metodológica aplicados según el tipo de estudio

N.º	Autor y año	Tipo de estudio declarado	Instrumento de valoración metodológica propuesto	Aspectos principales evaluados
1	Wilcox et al. (2020)	Estudio longitudinal/intervención	JBI para estudios cuasiexperimentales	Diseño, comparación, seguimiento,



N.º	Autor y año	Tipo de estudio declarado	Instrumento de valoración metodológica propuesto	Aspectos principales evaluados
				medición de resultados y análisis
2	DeCaro et al. (2023)	Experimental	JBÍ para estudios experimentales/cuasi- experimentales, según asignación reportada	Comparabilidad, intervención, medición de resultados y análisis
3	Uden et al. (2023)	Proyecto educativo	JBÍ para estudios cuasiexperimentales, cuando corresponda, complementado con valoración narrativa del diseño	Claridad de la intervención, participantes, resultados y coherencia metodológica
4	Sinaga et al. (2023)	Cuantitativo	JBÍ para estudios analíticos observacionales, según el diseño reportado	Selección de participantes, variables, medición y análisis
5	Bowers et al. (2024)	Cualitativo/descriptivo	CASP para estudios cualitativos	Objetivo, diseño cualitativo, recopilación de datos, análisis y reflexividad



N.º	Autor y año	Tipo de estudio declarado	Instrumento de valoración metodológica propuesto	Aspectos principales evaluados
6	Kämpf y Stallmach (2024)	Intervención educativa	JBI para estudios cuasiexperimentales	Intervención, comparación, medición de resultados y seguimiento
7	Lichtenberger et al. (2025)	Experimental aleatorizado	JBI/CASP para ensayo controlado aleatorizado	Aleatorización, comparabilidad, intervención, seguimiento y resultados
8	Mahardika et al. (2025)	Intervención educativa	JBI para estudios cuasiexperimentales	Diseño de la intervención, medición pre/post, comparabilidad y resultados
9	Wang et al. (2025)	Cuasiexperimental	JBI para estudios cuasiexperimentales	Grupos de comparación, mediciones, intervención, seguimiento y análisis
10	Tong et al. (2025)	Cuantitativo/SEM	JBI para estudios analíticos observacionales	Muestra, medición de variables, factores de



N.º	Autor y año	Tipo de estudio declarado	Instrumento de valoración metodológica propuesto	Aspectos principales evaluados
11	Justice et al. (2025)	Intervención educativa	JBÍ para estudios cuasiexperimentales	confusión y análisis estadístico Intervención, comparación, medición y análisis
12	Queiruga- Dios et al. (2025)	Intervención STEM	JBÍ para estudios cuasiexperimentales	Diseño, implementación, resultados educativos y análisis
13	Annajmi et al. (2026)	Intervención educativa	JBÍ para estudios cuasiexperimentales	Intervención, participantes, comparación y resultados
14	Funa (2026)	Estudio experimental	JBÍ para estudios experimentales/cuasi- experimentales, según asignación reportada	Diseño, grupos, intervención, seguimiento y medición de resultados
15	Xiao et al. (2026)	Revisión multidimensional	JBÍ para revisiones sistemáticas y síntesis de investigación	Pregunta de revisión, estrategia de búsqueda, criterios de



N.º	Autor y año	Tipo de estudio declarado	Instrumento de valoración metodológica propuesto	Aspectos principales evaluados
16	Baumgartner et al. (2025)	Investigación basada en diseño	Valoración crítica adaptada al diseño, complementada con criterios JBI aplicables	selección, valoración de estudios y síntesis Coherencia entre problema, ciclos de diseño, implementación, análisis y conclusiones
17	Musengimana et al. (2025a)	Estudio descriptivo	JBI para estudios descriptivos/transversales, según diseño completo	Población, muestra, medición, análisis y claridad de resultados
18	Palmgren et al. (2025)	Revisión sistemática	JBI para revisiones sistemáticas y síntesis de investigación	Pregunta, estrategia de búsqueda, selección, evaluación crítica y síntesis

Nota. La selección de los instrumentos de evaluación se realizó de acuerdo con el diseño metodológico de cada publicación, evitando aplicar una única escala numérica a estudios experimentales, observacionales, cualitativos y revisiones secundarias.



Las herramientas JBI permiten realizar valoración crítica diferenciada de diversos diseños metodológicos, mientras que CASP dispone de listas específicas para estudios cualitativos, ensayos controlados y revisiones sistemáticas

De acuerdo con la matriz de valoración, las 18 publicaciones fueron clasificadas dentro del nivel de calidad alta, con puntuaciones comprendidas entre 14 y 16 puntos. Nueve investigaciones alcanzaron 16/16 puntos, siete obtuvieron 15/16 y dos alcanzaron 14/16. En conjunto, estos resultados muestran que las publicaciones seleccionadas presentan suficiente claridad metodológica y correspondencia con los objetivos de la revisión para ser consideradas dentro de la síntesis cualitativa.

Procedimiento de análisis y síntesis

Una vez seleccionados los 18 estudios, la información fue organizada de acuerdo con las principales categorías identificadas durante la revisión. Para garantizar la coherencia entre las distintas secciones del estudio, los hallazgos fueron agrupados en cuatro categorías principales:

1. Comprensión conceptual y aprendizaje activo.
2. Resolución de problemas y razonamiento matemático.
3. Integración entre matemática, física y contextos aplicados.
4. Modelización, proyectos y representaciones del conocimiento.

Posteriormente, se realizó una comparación narrativa de los principales hallazgos, identificando coincidencias, diferencias metodológicas, estrategias empleadas y aportes de cada investigación. La síntesis se orientó especialmente a determinar de qué manera las estrategias centradas en la participación activa, la conexión con conocimientos previos, la resolución de problemas, la integración disciplinar, la contextualización, la modelización y el uso de diferentes representaciones pueden contribuir a una comprensión más profunda de los contenidos fundamentales de física y matemática aplicada.

4. RESULTADOS

El corpus final estuvo conformado por 18 investigaciones científicas publicadas entre 2020 y 2026, relacionadas con estrategias orientadas a favorecer la comprensión conceptual y el aprendizaje significativo en física y matemática aplicada. Los estudios analizados incluyeron



diseños experimentales y cuasiexperimentales, investigaciones cualitativas y cuantitativas, intervenciones educativas, propuestas de integración STEM y revisiones de literatura.

En términos generales, las investigaciones examinaron estrategias como la resolución de problemas, el aprendizaje activo, la modelización, el aprendizaje basado en proyectos, la integración entre matemática y física, las representaciones múltiples, la evaluación formativa y la contextualización de los contenidos. Los hallazgos evidencian que la comprensión de conceptos puede fortalecerse cuando los estudiantes participan activamente, relacionan los nuevos contenidos con conocimientos previos y utilizan los conceptos para interpretar o resolver situaciones concretas.

Los resultados fueron organizados en cuatro categorías principales:

- 1. Comprensión conceptual y aprendizaje activo.
- 2. Resolución de problemas y razonamiento matemático.
- 3. Integración entre matemática, física y contextos aplicados.
- 4. Modelización, proyectos y representaciones del conocimiento.

Tabla 3

Características generales de las investigaciones incluidas

N.º	Estudio	Estrategia o enfoque principal	Categoría
1	Wilcox et al. (2020)	Enseñanza interactiva y retención conceptual	Comprensión conceptual
2	DeCaro et al. (2023)	Resolución de problemas antes de la instrucción	Aprendizaje activo
3	Uden et al. (2023)	Aprendizaje basado en proyectos e integración STEM	Integración STEM
4	Sinaga et al. (2023)	Comprensión y resolución de problemas matemáticos	Resolución de problemas
5	Bowers et al. (2024)	Habilidades matemáticas utilizadas en problemas de física	Matemática-física
6	Kämpf y Stallmach (2024)	Integración curricular de matemática y física	Integración disciplinar



N.º	Estudio	Estrategia o enfoque principal	Categoría
7	Lichtenberger et al. (2025)	Evaluación formativa mediante preguntas conceptuales	Comprensión conceptual
8	Mahardika et al. (2025)	Modelización para abordar concepciones erróneas	Modelización
9	Wang et al. (2025)	Aprendizaje basado en proyectos en física	Aprendizaje por proyectos
10	Tong et al. (2025)	Habilidades matemáticas y resolución de problemas físicos	Razonamiento matemático
11	Justice et al. (2025)	Integración del razonamiento conceptual y cuantitativo	Comprensión conceptual
12	Queiruga-Dios et al. (2025)	Aplicación de física y matemática en contextos reales	Contextualización
13	Annajmi et al. (2026)	Representaciones múltiples y aprendizaje basado en problemas	Representaciones
14	Funa (2026)	STEM integrado y aprendizaje basado en problemas	Integración STEM
15	Xiao et al. (2026)	Estrategias de aprendizaje activo en física	Aprendizaje activo
16	Baumgartner et al. (2025)	Resolución de problemas antes de la instrucción en álgebra lineal	Resolución de problemas
17	Musengimana et al. (2025)	Desarrollo de habilidades para resolver problemas de física	Resolución de problemas
18	Palmgren et al. (2025)	Funciones de la matemática en la educación física	Matemática-física

Nota. El corpus final estuvo compuesto por 18 investigaciones científicas. Una misma investigación podía aportar a más de una categoría debido a que algunas estrategias combinaban simultáneamente resolución de problemas, razonamiento matemático, modelización, participación activa y contextualización.

Comprensión conceptual y aprendizaje activo



La comprensión conceptual implica ir más allá de memorizar fórmulas y procedimientos. Wilcox et al. (2020) evidenciaron que una metodología interactiva favoreció la permanencia del aprendizaje conceptual en física. DeCaro et al. (2023) encontraron que resolver problemas antes de recibir la explicación formal puede ayudar a los estudiantes a relacionar sus ideas previas con los nuevos contenidos. De manera similar, Baumgartner et al. (2025) señalaron beneficios en la comprensión y transferencia del conocimiento cuando los estudiantes analizan diferentes soluciones antes de la instrucción.

Resolución de problemas y razonamiento matemático

La resolución de problemas requiere interpretar información, relacionar variables y seleccionar procedimientos adecuados. Bowers et al. (2024) mostraron que las dificultades en física no dependen únicamente del manejo de fórmulas, sino también de la capacidad para interpretar cantidades y relaciones matemáticas. Tong et al. (2025) confirmaron la influencia de las habilidades matemáticas sobre el desempeño en problemas de física. Musengimana et al. (2025a) también destacaron la importancia de comprender la situación antes de realizar los cálculos.

Integración entre matemática y física

La matemática permite representar y analizar fenómenos físicos mediante ecuaciones, gráficos y modelos. Palmgren et al. (2025) identificaron su importancia en la resolución de problemas, razonamiento, modelización y experimentación. Kämpf y Stallmach (2024) propusieron integrar contenidos matemáticos y físicos para facilitar la aplicación de conocimientos previos. Asimismo, Queiruga-Dios et al. (2025) mostraron que el uso de situaciones reales puede favorecer la comprensión de conceptos de ambas disciplinas.

Modelización, proyectos y representaciones

La modelización y los proyectos permiten aplicar conocimientos teóricos en situaciones concretas. Mahardika et al. (2025) encontraron que la modelización puede contribuir a superar concepciones erróneas en física. Wang et al. (2025) reportaron beneficios del aprendizaje basado en proyectos en comprensión conceptual y resolución de problemas. Annajmi et al. (2026) destacaron el valor de las representaciones múltiples, mientras que Funa (2026) evidenció resultados favorables al integrar STEM con aprendizaje basado en problemas.

Síntesis general de los resultados



En conjunto, las 18 investigaciones muestran que el aprendizaje significativo en física y matemática puede fortalecerse mediante la participación activa, la resolución de problemas, la integración entre ambas disciplinas y la aplicación de los conocimientos en situaciones concretas. Sin embargo, la efectividad de estas estrategias depende del diseño de las actividades, la orientación docente y los conocimientos previos del estudiante.

5. DISCUSIÓN

os resultados de la revisión muestran una tendencia favorable hacia estrategias que promueven la comprensión conceptual, la participación activa, la resolución de problemas, la integración entre matemática y física y la aplicación contextualizada del conocimiento. Sin embargo, los estudios incluidos presentan diferencias metodológicas, educativas y contextuales que impiden considerar que todas las estrategias tengan el mismo efecto.

En relación con la comprensión conceptual y el aprendizaje activo, Wilcox et al. (2020), DeCaro et al. (2023) y Lichtenberger et al. (2025) coinciden en que una mayor participación del estudiante puede favorecer aprendizajes más profundos. No obstante, cada investigación empleó estrategias y diseños diferentes, como enseñanza interactiva, resolución de problemas antes de la instrucción y evaluación formativa. Esto indica que los resultados son convergentes, aunque no directamente equivalentes.

En la resolución de problemas y el razonamiento matemático también se observan coincidencias. Bowers et al. (2024), Tong et al. (2025) y Musengimana et al. (2025a) muestran que resolver problemas de física requiere no solo aplicar procedimientos matemáticos, sino también interpretar variables, relaciones y significados físicos. Sin embargo, sus diseños cualitativos, cuantitativos y descriptivos ofrecen distintos niveles de evidencia y permiten analizar el fenómeno desde perspectivas complementarias.

La integración entre matemática y física presenta resultados similares. Palmgren et al. (2025), Kämpf y Stallmach (2024) y Queiruga-Dios et al. (2025) coinciden en la importancia de relacionar ambas disciplinas, aunque sus estudios difieren en metodología y contexto. Mientras algunas investigaciones ofrecen una síntesis amplia de la literatura, otras analizan intervenciones educativas específicas. Por ello, sus aportes deben interpretarse de acuerdo con el tipo de diseño utilizado.



También existen diferencias relacionadas con los niveles educativos. Algunos estudios se desarrollaron en educación universitaria, mientras que otros corresponden a contextos escolares o de formación docente. Esta diversidad amplía la comprensión del fenómeno, pero limita la posibilidad de generalizar los resultados, debido a que los conocimientos previos, la edad de los estudiantes y las características de las actividades pueden influir en la efectividad de las estrategias.

La calidad metodológica también debe considerarse en la interpretación de los hallazgos. Debido a que el corpus incluye estudios experimentales, cuasiexperimentales, cualitativos, descriptivos y revisiones secundarias, la evidencia presenta diferentes alcances. Los estudios experimentales permiten analizar con mayor precisión los efectos de una intervención, mientras que los estudios cualitativos y descriptivos aportan una comprensión más profunda de los procesos de razonamiento y aprendizaje.

En este sentido, la heterogeneidad del corpus constituye tanto una fortaleza como una limitación. Permite analizar el aprendizaje significativo desde distintas perspectivas, pero dificulta realizar comparaciones directas entre investigaciones y determinar qué estrategia es superior. En conjunto, los estudios coinciden en que el aprendizaje significativo se fortalece cuando el estudiante participa activamente, relaciona nuevos conocimientos con saberes previos, resuelve problemas razonados y aplica lo aprendido en contextos concretos.

Por ello, futuras investigaciones deberían comparar estrategias en condiciones más similares, utilizar medidas comunes de comprensión conceptual y desarrollar estudios de mayor duración que permitan analizar la permanencia del aprendizaje.

6. CONCLUSIONES

La presente revisión integrativa permitió analizar 18 investigaciones científicas publicadas entre 2020 y 2026 relacionadas con el aprendizaje significativo y la comprensión de conceptos fundamentales de física y matemática aplicada.

En primer lugar, los resultados muestran que la comprensión conceptual puede fortalecerse mediante estrategias que permitan al estudiante participar activamente, relacionar conocimientos previos con nuevos contenidos y comprender el significado de los procedimientos utilizados.



En segundo lugar, la resolución de problemas constituye una estrategia importante debido a que exige interpretar información, relacionar variables, seleccionar procedimientos y analizar el significado de los resultados obtenidos.

También se identificó que la integración entre matemática y física favorece una comprensión más amplia de los fenómenos, debido a que las herramientas matemáticas permiten representar, analizar y modelizar relaciones físicas.

Asimismo, estrategias como el aprendizaje basado en proyectos, la modelización, las representaciones múltiples y la contextualización pueden facilitar la aplicación de los conocimientos en situaciones concretas.

No obstante, ninguna metodología garantiza por sí sola un aprendizaje significativo. Su efectividad depende de factores como los conocimientos previos, el diseño de las actividades, el contenido trabajado y la orientación proporcionada por el docente.

Finalmente, se concluye que el aprendizaje significativo de física y matemática aplicada requiere una enseñanza que combine comprensión conceptual, resolución de problemas, participación activa, integración disciplinar y aplicación contextualizada, superando una formación centrada exclusivamente en la memorización de fórmulas y procedimientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Annajmi, A., Kuswandi, D., Setyosari, P., & Praherdhiono, H. (2026). Integrating multiple representations and local cultural contexts into problem-based learning within a flipped classroom: A new framework for mathematics education. *Social Sciences & Humanities Open*, 13, 102797. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2026.102797>
- Baumgartner, V., Daguati, S., Trninic, D., Akveld, M., Caspar, A., Hungerbühler, N., & Kapur, M. (2025). Problem-solving before instruction for learning linear algebra in university mathematics. *Instructional Science*, 53, 1573–1602. <https://doi.org/10.1007/s11251-025-09709-8>
- Bognar, B., Mužar Horvat, S., & Jukić Matić, L. (2025). Characteristics of effective elementary mathematics instruction: A scoping review of experimental studies. *Education Sciences*, 15(1), 76. <https://doi.org/10.3390/educsci15010076>
- Bowers, J., Anderson, M., & Beckhard, K. (2024). A mathematics educator walks into a physics class: Identifying math skills in students' physics problem-solving practices.



Journal for STEM Education Research, 7, 335–361. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00105-w>

- DeCaro, M. S., Isaacs, R. A., Bego, C. R., & Chastain, R. J. (2023). Bringing exploratory learning online: Problem-solving before instruction improves remote undergraduate physics learning. *Frontiers in Education*, 8, 1215975. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1215975>
- Funa, A. A. (2026). Effectiveness of integrated STEM and problem-based learning in improving students' conceptual understanding in science. *Social Sciences & Humanities Open*, 13, 102599. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2026.102599>
- Justice, P. D., Marshman, E., & Singh, C. (2025). A framework for understanding the impact of integrating conceptual and quantitative reasoning in a quantum optics tutorial on students' conceptual understanding. *Education Sciences*, 15(10), 1314. <https://doi.org/10.3390/educsci15101314>
- Kämpf, L., & Stallmach, F. (2024). Spiral-curricular blended learning for the mathematics education in physics teacher training courses. *Frontiers in Education*, 9, 1450607. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1450607>
- Lichtenberger, A., Hofer, S. I., Stern, E., & Vaterlaus, A. (2025). Enhanced conceptual understanding through formative assessment: Results of a randomized controlled intervention study in physics classes. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 37(1), 5–33. <https://doi.org/10.1007/s11092-024-09445-6>
- Mahardika, A. I., Hakam, A. B., Arifuddin, M., & Halim, A. D. (2025). The impact of physics modeling learning e-module to overcome misconception on static fluids. *TEM Journal*, 14(2), 1808–1819. <https://doi.org/10.18421/TEM142-78>
- Muerza, V., Gargallo, P., Salvador, M., & Turón, A. (2024). Impact of problem-based learning on the perception, understanding, and application of statistical concepts in business administration and management students. *Sustainability*, 16(4), 1591. <https://doi.org/10.3390/su16041591>
- Musengimana, T., Yadav, L. L., Uwamahoro, J., & Nizeyimana, G. (2025a). Assessing physics students' problem-solving skills: A baseline investigation. *Discover Education*, 4, 196. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00640-1>



- Musengimana, T., Yadav, L. L., Uwamahoro, J., & Nizeyimana, G. (2025b). Instructional strategies for enhancing students' problem-solving skills in physics: A systematic review. *Discover Education*, 4, 380. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00733-x>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Palmgren, E., Kokkonen, T., & Bruun, J. (2025). Roles of mathematics in physics education: A systematic review. *Physical Review Physics Education Research*, 21(2), 020602. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.020602>
- Queiruga-Dios, M. Á., Vázquez Dorrió, J. B., Sáiz-Manzanares, M. C., López-Iñesta, E., & Díez-Ojeda, M. (2025). STEM approach using soccer: Improving academic performance in physics and mathematics in a real-world context. *Frontiers in Psychology*, 16, 1503397. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1503397>
- Sinaga, B., Sitorus, J., & Situmeang, T. (2023). The influence of students' problem-solving understanding and results of students' mathematics learning. *Frontiers in Education*, 8, 1088556. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1088556>
- Sofroniou, A., Patel, M. H., Premnath, B., & Wall, J. (2025). Advancing conceptual understanding: A meta-analysis on the impact of digital technologies in higher education mathematics. *Education Sciences*, 15(11), 1544. <https://doi.org/10.3390/educsci15111544>
- Tong, T., Pi, F., Zheng, S., Zhong, Y., Lin, X., & Wei, Y. (2025). Exploring the effect of mathematics skills on student performance in physics problem-solving: A structural equation modeling analysis. *Research in Science Education*, 55(3), 489–509. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10201-5>
- Uden, L., Sulaiman, F., Ching, G. S., & Rosales, J. J., Jr. (2023). Integrated science, technology, engineering, and mathematics project-based learning for physics learning from neuroscience perspectives. *Frontiers in Psychology*, 14, 1136246. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1136246>
- Wang, C., Song, L., & Jiang, J. (2025). The impact of project-based learning on university physics education: Enhancing cognitive skills and core competencies. *Frontiers in Psychology*, 16, 1495105. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1495105>



Wilcox, B. R., Pollock, S. J., & Bolton, D. R. (2020). Retention of conceptual learning after an interactive introductory physics course. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1), 010140. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010140>

Xiao, F., Wang, C., & Jiang, J. (2026). Active learning in university physics for sustainable higher education: Effective components, mechanisms, and SDG-aligned competency pathways—A multidimensional review. *Sustainability*, 18(6), 2791. <https://doi.org/10.3390/su18062791>

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

FINANCIAMIENTO

No aplica

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA (CRediT)

Conceptualización: Hugo David Villa Chafla, Cristina Elizabeth Miranda Chonata, Javier Alexander Mayorga Quiroga, Patricia Magdalena Paredes Nuñez y Javier Ismael Cevallos Culqui.

Metodología: Hugo David Villa Chafla, Cristina Elizabeth Miranda Chonata, Javier Alexander Mayorga Quiroga, Patricia Magdalena Paredes Nuñez y Javier Ismael Cevallos Culqui.

Investigación: Hugo David Villa Chafla, Cristina Elizabeth Miranda Chonata, Javier Alexander Mayorga Quiroga, Patricia Magdalena Paredes Nuñez y Javier Ismael Cevallos Culqui.

Curación de datos: Hugo David Villa Chafla, Cristina Elizabeth Miranda Chonata, Javier Alexander Mayorga Quiroga, Patricia Magdalena Paredes Nuñez y Javier Ismael Cevallos Culqui.

Análisis formal: Hugo David Villa Chafla, Cristina Elizabeth Miranda Chonata, Javier Alexander Mayorga Quiroga, Patricia Magdalena Paredes Nuñez y Javier Ismael Cevallos Culqui.

Redacción – borrador original: Hugo David Villa Chafla, Cristina Elizabeth Miranda Chonata, Javier Alexander Mayorga Quiroga, Patricia Magdalena Paredes Nuñez y Javier Ismael Cevallos Culqui.

Redacción – revisión y edición: Hugo David Villa Chafla, Cristina Elizabeth Miranda Chonata, Javier Alexander Mayorga Quiroga, Patricia Magdalena Paredes Nuñez y Javier Ismael Cevallos Culqui.

