

CONTRIBUCIONES DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD Y LAS MATEMÁTICAS EN CONTEXTOS EDUCATIVOS

CONTRIBUTIONS OF INTERDISCIPLINARITY AND MATHEMATICS IN EDUCATIONAL CONTEXTS

CONTRIBUIÇÕES DA INTERDISCIPLINARIDADE E DA MATEMÁTICA EM CONTEXTOS EDUCACIONAIS

Francisca Dolores Matlalcuatzi* , Stefany Nava** 

Carmen Patricia Rosas***, Andrés Fraguela**** 

Matlalcuatzi, F., Nava, S., Rosas, C., y Fraguela, A. (2026). Contribuciones de la interdisciplinariedad y las matemáticas en contextos educativos. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), pp. e-24329

<https://doi.org/10.14483/23464712.24329>

Resumen

El presente trabajo ofrece una reflexión documentada basada en una revisión y análisis crítico de la literatura sobre la enseñanza de las matemáticas con enfoques interdisciplinarios. La problemática radica en la persistente fragmentación entre las matemáticas y otras disciplinas, lo que limita el desarrollo de competencias integrales y la transferencia de conocimiento a contextos reales. El objetivo fue identificar fundamentos teóricos y experiencias que sustentan la enseñanza interdisciplinaria de las matemáticas, comparar la eficacia de las estrategias como el aprendizaje basado en problemas y en proyectos, y analizar los principales desafíos para su implementación. La metodología consistió en un análisis documental sistemático de revistas indexadas, informes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y documentos de la Nueva Escuela Mexicana. Los hallazgos muestran un alto nivel de efectividad (76 %) de los enfoques interdisciplinarios, especialmente en el desarrollo de competencias como la creatividad, la resolución de problemas y la colaboración. Asimismo, se identificaron desafíos relacionados con la formación docente (50 %), la falta de infraestructura tecnológica (44 %) y la resistencia institucional (29 %). En conjunto, los resultados revelan que la interdisciplinariedad convierte a la matemática en un lenguaje integrador, capaz de

* Doctora en Ciencias Matemáticas, Estancia posdoctoral en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. frandmr@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7774-549X>

** Maestra en Educación Matemática, Universidad Autónoma de Guerrero, México, stefanynavanl@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6105-1587>

*** Doctora en Ciencias, Estancia posdoctoral en la en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. cprosasc2012ny@gmail.com

**** Doctor en Ciencias de segundo nivel en Física Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), México. fraguela@cfm.buap.mx
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5273-8777>

articular saberes diversos, fomentar la investigación y apoyar la adquisición del aprendizaje. Finalmente, se proponen reflexiones orientadas a fortalecer la formación docente, la reducción de las brechas tecnológicas, y la consolidación de instrumentos que no sólo valoren el aprendizaje conceptual, sino también el impacto del pensamiento crítico, la creatividad y la colaboración.

Palabras Clave: Interdisciplinariedad; Enseñanza de matemáticas; Resolución de problemas; Pensamiento crítico; Formación docente.

Abstract

This paper presents a document-based reflection based on a critical review of the literature on mathematics education through interdisciplinary approaches. The problem addressed is the persistent fragmentation between mathematics and other disciplines, which limits the development of comprehensive competencies and the transfer of knowledge to real-world contexts. The aim of this study was to identify the theoretical foundations and educational experiences that support interdisciplinary mathematics education, compare the effectiveness of strategies such as Problem-Based Learning (PBL) and Project-Based Learning (PBL), and analyze the main challenges associated with their implementation. The methodology consisted of a systematic documentary analysis of articles published in indexed journals, reports from the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), and policy documents related to the New Mexican School. The findings reveal a high level of effectiveness (76%) of interdisciplinary approaches, particularly in fostering creativity, problem-solving, and collaboration. Likewise, challenges were identified regarding teacher education (50%), inadequate technological infrastructure (44%), and institutional resistance (29%). Overall, the results show that interdisciplinarity transforms mathematics into an integrative language capable of connecting diverse fields of knowledge, promoting inquiry, and fostering meaningful learning. Finally, the study offers reflections aimed at strengthening teacher education, reducing technological gaps, and consolidating assessment instruments that evaluate not only conceptual learning but also the development of critical thinking, creativity, and collaboration.

Keywords: Interdisciplinary Learning; Mathematics Instruction; Problem Solving; Critical Thinking; Teacher Training.

Resumo

O presente trabalho apresenta uma reflexão documental fundamentada em uma revisão e análise crítica da literatura sobre o ensino da Matemática sob enfoques interdisciplinares. A problemática abordada reside na persistente fragmentação entre a Matemática e outras disciplinas, o que limita o desenvolvimento de competências integrais e a transferência do conhecimento para contextos reais. O objetivo foi identificar os fundamentos teóricos e as experiências que sustentam o ensino interdisciplinar da Matemática, comparar a eficácia de estratégias como a Aprendizagem Baseada em Problemas e a Aprendizagem Baseada em Projetos, bem como analisar os principais desafios para sua implementação. A metodologia consistiu em uma análise documental sistemática de artigos publicados em periódicos indexados, relatórios da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e documentos da Nova Escola

Mexicana. Os resultados evidenciam um elevado nível de efetividade (76%) das abordagens interdisciplinares, especialmente no desenvolvimento da criatividade, da resolução de problemas e da colaboração. Da mesma forma, foram identificados desafios relacionados à formação de professores (50%), à insuficiência de infraestrutura tecnológica (44%) e à resistência institucional (29%). Em conjunto, as evidências demonstram que a interdisciplinaridade transforma a Matemática em uma linguagem integradora, capaz de articular diferentes campos do conhecimento, promover a investigação e favorecer a aprendizagem significativa. Por fim, apresentam-se reflexões voltadas ao fortalecimento da formação docente, à redução das desigualdades tecnológicas e à consolidação de estratégias e instrumentos de avaliação que valorizem não apenas a aprendizagem conceitual, mas também o desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade e da colaboração.

Palavras-Chave: Interdisciplinaridade; Ensino de matemática; Resolução de problemas; Pensamento crítico; Formação de professores.

1. Introducción

La investigación sobre la enseñanza de las matemáticas se ha convertido en un área de oportunidad para implementar enfoques interdisciplinarios en el currículo escolar con el fin de preparar a los estudiantes con habilidades del siglo XXI, debido a su potencial para contribuir a la mejora de los procesos y resultados de aprendizaje, así como a las habilidades de resolución de problemas, análisis y reflexión; pensamiento crítico, creatividad científica y trabajo colaborativo. La evolución de los enfoques interdisciplinarios en la educación se ha caracterizado por el paso de la enseñanza tradicional basada en materias a enfoques de aprendizaje basado en proyectos o en problemas, aprendizaje adaptativo, gamificación, integración de tecnología, proyectos comunitarios o incluso hasta modelos integrados de STEM y STEAM que enfatizan la interconexión de las disciplinas (Hebecci y Usta, 2022; Nugraha, et al., 2024). Este cambio responde a la creciente demanda social de estudiantes capaces de adquirir conocimiento y desarrollar habilidades prácticas para reforzar su desarrollo cognitivo y emocional en un contexto de rápido avance tecnológico, así como para enfrentar el entorno profesional competitivo (Dighliya, 2025).

Sin embargo, a pesar del creciente interés, persiste un problema específico para comprender cómo la interdisciplinariedad, en particular en lo que respecta a las matemáticas, impacta de manera concreta en el pensamiento crítico y la resolución de problemas en la educación básica. Las investigaciones actuales revelan un escenario diverso en el que la integración de las matemáticas con otras disciplinas varía ampliamente en cuanto a diseño y eficacia (Kreijkes y Greatorex, 2024; Nurhikmayati et al., 2024). La formación continua del profesorado es otro desafío para el desarrollo de habilidades cognitivas avanzadas en los estudiantes. Gradini et al. (2024) resalta la importancia de mejorar el conocimiento, las habilidades y el compromiso de los profesores hacia la enseñanza de matemáticas orientadas a mejorar las habilidades de orden superior.

Por otra parte, las escuelas públicas enfrentan dificultades por las limitaciones de recursos y la falta de capacitación docente adecuada por parte de los educadores para implementar estrategias interdisciplinarias provenientes del currículo (Nurgabyl, et al., 2023; Oliveira et al., 2021).

La interdisciplinariedad supone la integración activa de saberes, métodos y valores con el propósito de construir aprendizajes más holísticos y contextualizados. En este sentido, Didham et al., (2024, p. 5) afirman que “la interdisciplinariedad tiene como objetivo integrar conocimientos y métodos de diferentes disciplinas para

crear una verdadera síntesis de enfoques”, subrayando que, en el ámbito educativo, no solo se busca articular contenidos, sino también favorecer el desarrollo integral del estudiante mediante un aprendizaje aplicado y significativo.

De acuerdo con De la Tejera Chillón et al. (2019, p. 58), la noción de interdisciplinariedad, cuyo origen se atribuye al sociólogo Louis Wirtz y que fue oficializada en 1937, se entiende como la cualidad de integrar varias disciplinas en una práctica común. Asimismo, estos autores destacan que “la interdisciplinariedad se refiere a la habilidad para combinar varias disciplinas, es decir, para interconectarlas y ampliar de este modo las ventajas que cada una ofrece”. Desde esta perspectiva, la interdisciplinariedad se concibe como la capacidad de articular diferentes campos del conocimiento para favorecer procesos educativos más integrales, promoviendo un aprendizaje que supera la fragmentación del saber y facilita la vinculación de conceptos en experiencias significativas.

El debate sobre la interdisciplinariedad en el ámbito universitario tiene raíces históricas que se remontan al siglo XIX, cuando la creciente especialización del conocimiento generó la fragmentación de los saberes. Villa y Mendoza (2019, p. 170) señalan que “los esfuerzos institucionales para enfrentar la fragmentación del conocimiento datan del siglo XIX en Europa y Estados Unidos, cuando, en el contexto de la revolución industrial, se registró un proceso de especialización con los avances de la ciencia y la tecnología”. Esta fragmentación dio origen a nuevas disciplinas, pero también a propuestas educativas como la de Wilhelm von Humboldt en la Universidad de Berlín, orientadas a promover una formación integral capaz de sostener en los estudiantes una conciencia crítica.

En el caso de la educación básica, la interdisciplinariedad se plantea como un recurso para superar la fragmentación del conocimiento y favorecer aprendizajes vinculados a la vida cotidiana. Por ejemplo, Casado y Checa (2023) evidencian que la implementación de proyectos STEAM en primaria potencia la creatividad, el pensamiento crítico-reflexivo y las competencias para el trabajo en equipo.

Este trabajo propone una reflexión documentada que explora la realidad interdisciplinaria en la educación básica y media superior. Se parte reconociendo que las matemáticas no son un cuerpo aislado, sino una herramienta cognitiva y social que cobra sentido cuando se aplica a contextos auténticos. En este sentido, retomamos el planteamiento de uno de los coautores de este documento, *Fraguela, A.*, quien señala que la matemática desempeña tres roles fundamentales en la actualidad: como ciencia pura generadora de conocimiento, como disciplina formativa del pensamiento crítico y como instrumento para la modelación de sistemas complejos. La presente reflexión se enmarca en estas dos últimas funciones: la formación del pensamiento crítico y la modelación de sistemas complejos, y la manera en que ambas se articulan a través de la interdisciplina. La modelación matemática de sistemas complejos (fenómenos climáticos, epidemiológicos, económicos o sociales) constituye, en sí misma, una expresión de la interdisciplinariedad, es decir, requiere herramientas matemáticas (estadística, álgebra, cálculo, teoría de grafos) pero también el aporte interpretativo de las Ciencias Sociales y las Humanidades para comprender las dimensiones humanas, históricas y éticas que ningún modelo cuantitativo puede capturar por sí solo. Como advirtió Edgar Morin (1999), el pensamiento complejo reconoce que los fenómenos sociales son multidimensionales e irreducibles a una sola disciplina: la complejidad emerge precisamente de la interacción de factores que ninguna ciencia por sí sola puede abarcar. En esta misma línea, Rolando García (2006) precisó que un sistema complejo no es simplemente complicado, sino que posee propiedades emergentes que resultan de la interacción de sus componentes y que solo pueden abordarse desde enfoques interdisciplinarios rigurosos. Para la educación básica y media superior, esto implica que la enseñanza de las matemáticas no puede reducirse a procedimientos abstractos desvinculados de la realidad: debe abrirse a la modelación de situaciones auténticas y complejas, reconociendo los alcances y los límites del lenguaje

matemático, y promoviendo el diálogo con otras disciplinas como condición indispensable para una comprensión integral de los fenómenos.

Esta revisión sintetiza la investigación actual sobre el impacto de la interdisciplinariedad y la integración de las matemáticas en la educación básica en los resultados del pensamiento crítico y la resolución de problemas de los estudiantes, identifica los desafíos de su implementación, informa las brechas identificadas transculturales y contextuales y detecta orientaciones para la investigación y prácticas futuras.

A partir de la revisión entre fuentes teóricas, investigaciones y aportes de la didáctica de la matemática, se argumenta que la interdisciplinariedad constituye una vía poderosa para transformar la enseñanza de las matemáticas y articular con los desafíos educativos, sociales y científicos contemporáneos.

2. Metodología de selección de literatura

Este trabajo se inscribe en la tipología de reflexión documentada. Se realizó una revisión y análisis crítico de literatura científica especializada en interdisciplinariedad y didáctica de las matemáticas que incluyó búsquedas sistemáticas y análisis cualitativos del contenido de los estudios revisados por pares publicados en las últimas décadas. Las fuentes incluyen artículos de revistas indexadas y documentos de organismos internacionales. Se seleccionaron aquellos trabajos que ofrecieron tanto fundamentos teóricos como aplicaciones prácticas en entornos escolares. Esta doble condición responde a una decisión metodológica deliberada: incluir únicamente estudios con sustento conceptual sólido lo cual permitió garantizar la coherencia epistemológica del análisis y evitar la acumulación de experiencias aisladas carentes de marco interpretativo; al mismo tiempo, exigir que dichos estudios contaran con aplicaciones en contextos escolares reales, permitió articular la reflexión teórica con la evidencia empírica, otorgando al análisis un carácter situado y pertinente para los niveles de educación básica y media superior. Se privilegiaron, además, aquellos trabajos que analizaban contextos educativos comparables en términos de nivel de escolaridad, enfoques pedagógicos y desafíos estructurales, con el fin de facilitar la transferibilidad de los hallazgos. Esta estrategia de selección es consistente con los criterios utilizados en revisiones sistemáticas de alta calidad en el campo de la didáctica de las matemáticas (Kreijkes y Grooten, 2024; Nurhikmayati et al., 2024), y responde al propósito de ofrecer no solo un mapeo de la producción académica, sino una síntesis interpretativa orientada a fortalecer la práctica educativa. La información se organizó en categorías temáticas: 1) fundamentos epistémicos y cognitivos de la interdisciplinar, 2) el papel del enfoque interdisciplinario en la construcción de pensamiento crítico, resolución de problemas y creatividad, entre otros; 3) implicaciones para la formación docente 4) estrategias educativas para su implementación 5) desafíos y oportunidades.

2.1 Objetivos

Identificar los modelos de enseñanza interdisciplinaria que integran las matemáticas con otras disciplinas en la educación básica.

Comparar la eficacia de varias estrategias pedagógicas, como el aprendizaje basado en problemas, el basado en proyectos, enfoque STEM y STEAM, para mejorar los resultados cognitivos y emocionales.

Identificar y sintetizar los desafíos y factores que facilitan la implementación de planes de estudio matemáticos interdisciplinarios en la educación básica.

2.2 Cómo se realizó la consulta

A partir de la pregunta, ¿Cuáles son las contribuciones de la interdisciplinariedad y las matemáticas en la educación básica?, y para poder obtener respuesta a esta pregunta la ampliamos a varias frases de búsqueda más específicas. Al ampliar sistemáticamente una pregunta de investigación nos aseguramos de que la búsqueda

sea exhaustiva y manejable (cada búsqueda arrojó un conjunto de artículos estrechamente alineados con una faceta particular de su tema).

A continuación, se muestran las consultas transformadas que formamos a partir de la pregunta original:

La interdisciplinariedad y las matemáticas en la educación básica repercuten en el desarrollo del pensamiento crítico y las habilidades para resolver problemas.

Exploración de metodologías de enseñanza innovadoras en la educación matemática que mejoren el aprendizaje interdisciplinario y el desarrollo cognitivo y emocional.

2.3 Selección de artículos

Después de realizar las búsquedas antes mencionadas se obtuvieron 95 artículos de nuestro interés. Para cada uno de estos artículos principales, examinamos su lista de referencias para encontrar estudios anteriores en los que se basaba. Los revisamos para garantizar que no se pase por alto algún trabajo fundamental. Por otro lado, también identificamos artículos más recientes que han citado cada artículo principal e hicimos un seguimiento de cómo se han basado en estos resultados. Esto revela los estudios sobre replicación y los avances metodológicos recientes. Durante este proceso se encontró un total de 105 artículos adicionales. Tomamos el conjunto total de 200 trabajos candidatos (95 procedentes de consulta y 105 procedentes de cadenas de citas). Impusimos una clasificación por relevancia para que los estudios más pertinentes ocupen los primeros puestos. Encontramos que 34 fueron muy relevantes para la investigación.

2.4 Fundamentos epistémicos del aprendizaje interdisciplinario en la educación básica

El aprendizaje interdisciplinario en educación básica se sustenta en la concepción de que el conocimiento es una red interconectada (Morin, 1999; Vygotsky, 1978) y que los estudiantes aprenden mejor cuando los contenidos se vinculan con sus experiencias de vida o se resuelven problematizaciones de la realidad (Ausubel, 1968; SEP, 2022).

A su vez, resultados de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2023) en el marco de PISA han demostrado que la capacidad de aplicar matemáticas en situaciones de la vida cotidiana está estrechamente relacionada con el desarrollo de pensamiento crítico, creativo y reflexivo, competencias fundamentales para la ciudadanía del siglo XXI.

La OCDE (2019) subraya que el conocimiento interdisciplinario es cada vez más importante para comprender y resolver problemas complejos. En el marco del proyecto Futuro de la Educación y las Competencias 2030, la OCDE (2019) plantea que el aprendizaje interdisciplinario favorece la capacidad de los estudiantes para transferir conocimientos entre contextos y disciplinas, lo cual implica una comprensión profunda del conocimiento epistémico, entendido como la habilidad de “saber cómo pensar y actuar como un profesional” y de encontrar relevancia y propósito en el aprendizaje. Estas perspectivas reconocidas por la OCDE (2019) evidencian que la interdisciplinariedad no es solo un enfoque pedagógico, sino un fundamento epistémico del aprendizaje: permite conectar el saber con el hacer y con el ser, formando aprendices capaces de transferir, reflexionar y aplicar su conocimiento para transformar su realidad.

Por su parte, en sintonía con los planteamientos de la OCDE, el Plan de Estudio 2022 de la Secretaría de Educación Pública (SEP) de México refuerza la necesidad de avanzar hacia una integración curricular que supere la fragmentación tradicional del conocimiento. En los Programas Sintéticos se reconoce que trabajar con Campos formativos implica desplazar el modelo de enseñanza basado en asignaturas hacia uno que propicie la interacción de saberes provenientes de diversas disciplinas, con el fin de articular los aprendizajes que niñas, niños y adolescentes desarrollan a lo largo de su trayecto educativo (SEP, 2022). Esta perspectiva coloca la integración

de conocimientos como un proceso continuo en el que estudiantes y docentes aprenden, resignifican e integran los saberes en función de los contextos y desafíos que enfrentan, más que como la obtención de productos finales. De este modo, la SEP coincide con la OCDE en que la educación básica debe propiciar experiencias de aprendizaje que conecten los contenidos con situaciones reales, fomentando la construcción de significados, la reflexión y la acción transformadora mediante la interdisciplinariedad.

En este sentido, el aprendizaje interdisciplinario implica procesos de metacognición: el estudiante no solo resuelve un problema, sino que reflexiona sobre los métodos, supuestos y marcos conceptuales empleados, comparando cómo diferentes disciplinas modelizan un mismo fenómeno (Bruner, 1964).

En el plano cognitivo, la modelación implica activar habilidades de pensamiento complejo como la abstracción, la formulación y la verificación de ideas, promoviendo la reflexión sobre el propio aprendizaje y fortaleciendo la autonomía intelectual. Más que una técnica escolar, representa un enfoque educativo integral que articula lo epistemológico, lo cognitivo y lo pedagógico, convirtiendo a las matemáticas en un medio para comprender y transformar la realidad.

Ejemplos de modelación interdisciplinaria en educación básica incluyen:

- Aprendizaje Basado en Proyectos integrado con Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) (Wiratman et al., 2023).
- Matemáticas y arte: estudiar simetrías y proporciones en figuras geométricas presentes en pinturas o artesanías locales (Rogora y Tortoriello, 2021).
- Matemáticas con disciplinas de la escuela secundaria como Ciencias de la Computación, Biología, Geografía y Física (Kuznetsova et al., 2022).
- Enseñanza de las matemáticas en la integración de problemas del mundo real en el aprendizaje (Amalia et al., 2024).

Este tipo de tareas responden al enfoque del Nuevo Marco Curricular Mexicano (SEP, 2022), que impulsa el aprendizaje situado y el trabajo por proyectos comunitarios, y están alineadas con las competencias descritas por evaluaciones internacionales como PISA (OCDE, 2019) y los resultados internacionales en matemáticas y ciencias (por sus siglas en inglés TIMSS, 2023) que destacan la necesidad de que los estudiantes sean capaces de formular, aplicar e interpretar modelos en situaciones reales desde edades tempranas.

En conclusión, los fundamentos epistémicos y cognitivos del aprendizaje interdisciplinario en educación básica reconocen que la modelación matemática no persigue sofisticación formal, sino sembrar las bases del pensamiento lógico, crítico y situado, favoreciendo la conexión entre las matemáticas y los problemas reales que los estudiantes enfrentan en su vida escolar y comunitaria.

2.5 Revisión temática de la literatura

Con el objetivo de identificar tendencias, resultados y desafíos, se analizaron los 34 estudios que resultaron muy relevantes para la investigación sobre la incorporación de modelos como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), la Educación Matemática Realista (RME), los enfoques STEM/STEAM y las prácticas interdisciplinarias en diversos niveles educativos. Cada registro identifica el autor, tipo de estudio, impacto reportado, nivel de efectividad y desafíos identificados, permitiendo reconocer tendencias, resultados y vacíos en la investigación contemporánea. En conjunto, la tabla evidencia que la mayoría de los estudios se orientan al desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la formación docente, así como a la búsqueda de una enseñanza de las matemáticas más significativa, contextualizada e interdisciplinaria.

Esta síntesis constituye la base empírica del análisis posterior, donde se examinan los patrones temáticos y porcentuales derivados de los 34 estudios, con el propósito de discutir su relevancia, implicaciones didácticas y proyecciones para el fortalecimiento de la educación matemática.

Tabla 1.
Síntesis de 34 estudios internacionales sobre enfoques interdisciplinarios e innovadores en la enseñanza de las matemáticas: tipo de estudio, impacto reportado, nivel de efectividad y desafíos identificados (educación básica y superior, 2001–2024).

Autor	En qué consiste el estudio	Tipo de impacto generado	Efectividad	Desafíos
Aba-Oli et al., (2024).	Revisión sobre ABP en matemáticas en secundaria.	Pensamiento crítico matemático, la resolución de problemas y las habilidades de pensamiento creativo.	La implementación no logró obtener resultados concretos.	Requiere adaptación de estudiantes y docentes al entorno ABP.
Amalia et al., (2024)	ABP con integración STEM en primaria.	Pensamiento crítico, resolución de problemas y aprendizaje interdisciplinario.	Efectividad alta en motivación y análisis.	Requiere evaluación auténtica y relevancia cultural.
Amir et al., (2024).	Implementación de la Educación Matemática Realista (RME) en primaria.	Pensamiento crítico y resolución de problemas.	Mejora significativa, se redujo la idea de que las matemáticas son difíciles y aburridas.	Necesidad de formación docente y fidelidad metodológica.
Cahyaningsih, y Nahdi (2021)	RME en escenarios escolares con tareas contextualizadas en primaria.	Pensamiento crítico y Resolución de problemas.	Mejoran significativamente sus habilidades de pensamiento crítico.	Escasez de recursos y capacitación docente.
Dighliya (2024)	Métodos innovadores (proyectos, gamificación, entornos híbridos).	Pensamiento crítico, creatividad y colaboración.	Alta, según revisión de estudios.	Brecha tecnológica y formación desigual.
Elliott et al. (2001)	Curso “Álgebra para las Ciencias” en universidad.	Pensamiento crítico y actitudes positivas hacia matemáticas.	Efectividad moderada.	Pocas mejoras en resolución de problemas.
Everett (2015)	Estudios interdisciplinarios en matemáticas y ciencias (curso universitario).	Habilidades cognitivas y sociales y personales	Alta efectividad sostenida.	Limitada generalización por diversidad de contextos.
Fitriyah et al., (2024)	Meta análisis del “enfoque abierto” en educación matemática.	Pensamiento crítico.	Alta: impacto positivo consistente.	Dificultad para diseñar problemas significativos en distintos contextos.
Goos, et al., (2023)	Revisión global sobre matemáticas en STEM.	Razonamiento crítico, resolución de problemas y resultados afectivos.	Moderada, más en aspectos afectivos. Efectividad comprobada en tareas aplicadas.	Ver a la matemática como un componente central y no como una herramienta.
Gorev y Masalimova (2017)	Competencias meta-asignatura en enseñanza interdisciplinaria	Pensamiento crítico, creatividad y resolución de problemas.	Mejora en el rendimiento académico, incremento en el interés y creatividad.	Capacitación docente y adaptación

Autor	En qué consiste el estudio	Tipo de impacto generado	Efectividad	Desafíos
	(matemáticas y ciencias naturales).			tecnológica. Falta de integración curricular.
Gradini et al. (2024)	Programa comunitario para capacitar docentes en HOTs.	Mejora en pensamiento crítico y diseño de lecciones.	Muy efectiva (92% compromiso docente).	Resolución de problemas sigue siendo un reto.
Hasan (2024)	Aprendizaje basado en problemas (ABP) en contextos reales de matemáticas aplicadas.	Resolución de problemas por parte de los estudiantes de forma independiente.	Impacto positivo en desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, creativo y analítico.	Diseño de problemas contextualizados.
Hastuti et al. (2024)	ABP con instrucción diferenciada en universidad.	Desarrollo de pensamiento crítico según estilos de aprendizaje.	Alta: N-Gain 77% experimental vs. 42% control.	Requiere personalización constante.
Hebebcı, Usta (2022)	STEM en ciencias de octavo grado con diseño cuasi-experimental.	Mejora en resolución de problemas, creatividad y pensamiento crítico.	Alta: diferencias claras entre grupos.	Duración limitada y uso de software.
Ichsan et al. (2024)	STEAM en matemáticas para pensamiento crítico.	Mejora de colaboración, motivación y habilidades sociales.	Consistente en diversos estudios.	Infraestructura y capacitación insuficiente.
Karademir (2024)	Actividades interdisciplinarias en formación docente.	Habilidades científicas, tecnológicas, lingüísticas.	Moderada: fortalece creatividad y trabajo en equipo.	Débil integración en matemáticas y ciencias básicas.
Kreijkes y Greatorex (2024)	Umbrella review sobre currículo disciplinar vs. integrado.	Resultados variables, impacto positivo en ciencias/STEM.	Moderada: depende de contexto y calidad de implementación.	Complejidad y recursos necesarios.
Kurino et al. (2024)	Comparación Discovery Learning vs. Flipped Classroom en primaria.	Desarrollo de resiliencia y resolución de problemas.	Discovery Learning más efectivo.	Menor impacto en estudiantes con baja resiliencia.
Kuznetsova et al. (2022)	Conexiones entre matemáticas y ciencias naturales en secundaria.	Desarrollo de alfabetización funcional y metahabilidades.	Alta en problemas prácticos interdisciplinarios.	Recursos limitados.
McCashin et al., (2022)	Propuesta de “razonamiento STEM” unificado.	Pensamiento reflexivo y crítico, resalta la importancia del razonamiento.	Aporta fundamentos sólidos que recomienda combinar el pensamiento lógico de las matemáticas con la indagación científica.	Superar barreras disciplinarias.
Mudrika et al., (2024)	ABP asistido por Wordwall en secundaria.	Mejora en pensamiento crítico y resolución de problemas.	Impacto positivo, los estudiantes lograron comprender el contexto, reflexionar el problema e incluso crear modelos.	Creatividad dependiente del uso de medios. Fidelidad metodológica.
Mustafa et al., (2024)	Integración de PBL y Teaching at the Right Level (TaRL) en secundaria.	Mejora en comprensión matemática y motivación.	Alta, con +11 puntos en postest.	Diseño de problemas adecuados y personalización.

Autor	En qué consiste el estudio	Tipo de impacto generado	Efectividad	Desafíos
Nugraha et al., (2024)	Implementación de STEM interdisciplinario en secundaria.	Pensamiento interdisciplinario	Resultados positivos en el desarrollo del pensamiento.	Implementar STEAM en contextos globales.
Nurhikmayati et al., (2024)	Revisión sistemática STEM/STEAM y pensamiento crítico en matemáticas.	Promueve habilidades del siglo XXI.	Alta, con predominio del ABP.	Concentración en pocos países, falta de diversidad.
Oliveira et al., (2021)	Interdisciplinaridad en secundaria (Brasil) con ejemplos prácticos.	Motivación estudiantil y aprendizaje significativo.	Alta en participación activa.	Escasez de recursos y formación docente.
Roberts et al. (2022)	Integración de prácticas STEM en secundaria con tareas colaborativas.	Pensamiento crítico, creativo y resolución de problemas.	Alto: mejoras en razonamiento crítico y creatividad.	Riesgo de inequidad y falta de preparación docente.
Rogora (2021)	Laboratorios Globalmente Interdisciplinarios (Italia).	Colaboración entre disciplinas, pensamiento crítico.	Alta en motivación y creatividad.	Coordinación docente, resistencia institucional.
Sultan et al. (2023)	Meta-análisis sobre pensamiento crítico y logros en ciencias y matemáticas.	Correlación positiva alta ($r = 0.89$).	Muy efectiva según revisión.	Poca diversidad de contextos.
Tumangger et al., (2024)	Hojas de trabajo con enfoque RME en secundaria.	Mejora en resolución de problemas matemáticos.	Alta: 85% alcanzaron logro mínimo.	Necesidad de apoyo docente sostenido.
Ulya (2024)	Meta-análisis sobre intervenciones innovadoras en matemáticas.	Impacto positivo global en habilidades matemáticas.	Excelente (efecto 74.9).	Alta heterogeneidad de contextos.
Wang y Abdullah (2024)	Revisión sistemática sobre pensamiento crítico en matemáticas universitarias.	Mejora en CT con estrategias activas.	Alta en estudios revisados.	Medición heterogénea, falta de estudios locales.
Wawan et al., (2023)	Modelo integrador: proyectos etnomatemáticas tecnología.	Mejora en colaboración, motivación y resolución de problemas.	Alta, con validez y confiabilidad comprobadas.	Dependencia de tecnología y recursos culturales limitados.
Wiratman et al., (2023)	ABP-STEM en primaria (5º grado).	Aumento en pensamiento crítico y resolución de problemas.	Alta efectividad al analizar, argumentar y resolver problemas	Formación docente para diseñar y realizar experimentos.
Yulianto et al., (2024)	Comparación CTL, ABP e instrucción directa en matemáticas.	Mejora de pensamiento crítico y autoeficacia.	Alta: CTL más efectivo.	Diferencias en autoeficacia de estudiantes.

Nota: Se presenta una sistematización de 34 investigaciones internacionales que abordan enfoques innovadores e interdisciplinarios (ABP, RME, STEM/STEAM) en la enseñanza de las matemáticas, indicando autor, características del estudio, tipo de impacto, nivel de efectividad y desafíos reportados.

La Tabla 1 sistematiza 34 investigaciones internacionales que abarcan desde revisiones sistemáticas y meta-análisis hasta estudios cuasi-experimentales aplicados en distintos niveles educativos, con especial énfasis en la educación básica y media superior. Una primera lectura del conjunto revela que la gran mayoría de los estudios comparte un eje temático transversal: el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas como resultados esperados de la enseñanza interdisciplinaria de las matemáticas. Esta coincidencia, lejos de ser casual, refleja un consenso creciente en la didáctica de las matemáticas acerca del valor de los enfoques activos y contextualizados.

En cuanto a los niveles de efectividad reportados, la mayoría de las investigaciones señalan impactos altos o muy altos: estudios como el de Gradini et al., (2024), que reporta un 92 % de compromiso docente sostenido, o el de Tumangger et al., (2024), que indica que el 85 % de los estudiantes alcanzó el nivel mínimo esperado, sugieren que las intervenciones bien diseñadas producen mejoras significativas tanto en desempeño como en actitudes hacia las matemáticas. Sin embargo, cabe destacar que un número relevante de estudios, como los de Elliott et al., (2001) y Karademir (2024), reportan efectividades moderadas, lo que advierte que los resultados dependen críticamente del contexto, del nivel de formación docente y de la coherencia entre el diseño pedagógico y las condiciones institucionales. Los desafíos identificados a lo largo de la tabla son consistentes: la formación insuficiente del profesorado, la escasez de recursos tecnológicos y la resistencia institucional al cambio emergen como los principales obstáculos para la consolidación de los enfoques interdisciplinarios en la práctica cotidiana del aula, tanto en educación básica como en media superior.

Avanzar hacia una educación matemática transformadora implica articular el conocimiento disciplinar con la creatividad, la metacognición y la acción reflexiva. Solo así se consolidará una práctica educativa capaz de responder a los desafíos cognitivos, tecnológicos y éticos del siglo XXI, en consonancia con los referentes internacionales (OCDE, PISA, TIMSS) y los principios de la Nueva Escuela Mexicana.

2.6 *Papel del enfoque interdisciplinario*

El análisis comparativo que se presenta a continuación se orienta a responder preguntas clave en torno a la eficacia de la educación matemática interdisciplinaria, considerando no solo los desafíos que implica su implementación, sino también el papel que desempeña en la construcción de competencias esenciales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad. Asimismo, se examinan las implicaciones que este enfoque tiene para la formación y actualización docente, las estrategias educativas que favorecen su aplicación en contextos diversos y, finalmente, los desafíos y oportunidades que se abren para consolidar una enseñanza de las matemáticas más significativa, integral y transformadora.

Tabla 2.
Frecuencia y porcentaje de los 34 artículos seleccionados distribuidos en seis categorías temáticas de la educación matemática interdisciplinaria: del predominio del pensamiento crítico y el ABP hasta las competencias meta-asignatura.

Categoría temática	Número de artículos (Total 34)	Porcentaje
Pensamiento crítico y resolución de problemas	30	88 %
Aprendizaje Basado en Problemas/Proyectos (PBL/ABP)	23	68 %
Modelos STEM/STEAM	18	53 %

Categoría temática	Número de artículos (Total 34)	Porcentaje
Preparación docente y recursos didácticos	17	50 %
Estrategias innovadoras e integración didácticos	14	41 %
Competencias meta-asignatura (HOTS, metacognición, razonamiento)	10	29 %

Nota: Frecuencia y porcentaje con que cada categoría temática es abordada en los 34 estudios seleccionados, lo que permite identificar las prioridades y vacíos de la investigación sobre educación matemática interdisciplinaria.

La Tabla 2 ofrece una visión panorámica de la distribución temática de los 34 estudios analizados y permite identificar tendencias, jerarquías y equilibrios en la investigación sobre educación matemática interdisciplinaria. Desde una perspectiva interpretativa, los datos de la tabla revelan con claridad cuáles son las preocupaciones centrales del campo y cuáles permanecen aun relativamente subrepresentadas. Las categorías más presentes, el pensamiento crítico y la resolución de problemas (88 %), confirman que existe un consenso amplio en torno al valor formativo de las matemáticas más allá de la memorización procedimental: la mayoría de las investigaciones comparten la convicción de que aprender matemáticas significa, ante todo, aprender a pensar de manera rigurosa y creativa ante situaciones complejas. El hecho de que el Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos ocupe el segundo lugar (68 %) es coherente con ese propósito: el ABP es la estrategia pedagógica que materializa de manera más directa la vinculación entre contenidos matemáticos y situaciones auténticas. La presencia significativa de los modelos STEM/STEAM (53 %) refleja la consolidación de un enfoque curricular que trasciende las fronteras disciplinares, aunque su implementación plantea exigencias particulares en cuanto a formación docente y recursos. Precisamente, la categoría de preparación docente (50 %) señala un área crítica de intervención: la mitad de los estudios reconoce que la innovación pedagógica fracasa cuando no se acompaña de desarrollo profesional sólido y sostenido. Las estrategias innovadoras con integración tecnológica (41 %) evidencian un campo en expansión, aunque condicionado por la disponibilidad de infraestructura. Finalmente, la categoría de competencias meta-asignatura, HOTS (Higher Order Thinking Skills), metacognición, razonamiento (29 %), es la menos representada, lo cual no minimiza su importancia. Esto nos sugiere que el campo aún no ha dado suficiente atención sistemática a las habilidades de aprendizaje de orden superior como objeto de estudio específico, lo que constituye una oportunidad de investigación futura especialmente relevante para los niveles de educación básica y media superior. En conjunto, la tabla evidencia un campo dinámico y en expansión, orientado por el propósito de convertir las matemáticas en una disciplina formativa, contextualizada e interdisciplinaria. La revisión sistemática permitió clasificar los 34 artículos seleccionados en seis categorías temáticas, lo que evidencia la diversidad de aproximaciones con las que se ha abordado la educación matemática interdisciplinaria.

El análisis de los 34 estudios sistematizados en la Tabla 1 muestran una tendencia clara hacia la consolidación del pensamiento crítico y la resolución de problemas como núcleo del aprendizaje matemático actual. Esta categoría aparece en el 88 % de los estudios, reflejando que la mayoría de las investigaciones conciben el aprendizaje matemático como un proceso cognitivo complejo orientado a la comprensión, la reflexión y la toma de decisiones fundamentadas.

El Aprendizaje Basado en Problemas o Proyectos (ABP/PBL) se identifica en el 68 % de los artículos, lo que confirma la relevancia de esta estrategia para fomentar la resolución de problemas auténticos, el trabajo colaborativo y el pensamiento de orden superior. Su predominio sugiere que el campo ha encontrado en el ABP un eje metodológico privilegiado para articular la interdisciplinariedad. En efecto, diversas investigaciones (como las de Hasan, 2024; Mudrika et al., 2024; y Amalia et al., 2024) coinciden en que el ABP potencia la autonomía, la colaboración y la transferencia de conocimientos, promoviendo aprendizajes significativos y contextualizados. Este hallazgo se alinea con los planteamientos de la Nueva Escuela Mexicana (NEM, 2022) y con las recomendaciones de la OCDE a través de PISA y Educación 2030, donde se destaca la resolución de problemas como una competencia global esencial.

Los modelos STEM/STEAM (53 %) ocupan un espacio central en la literatura, reflejando la consolidación de un enfoque curricular que combina ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas para promover aprendizajes contextualizados, creativos e integradores. Sin embargo, autores como Ichsan et al. (2024) y Goos et al. (2023) advierten que su implementación requiere coherencia curricular, recursos tecnológicos adecuados y un replanteamiento del rol docente como mediador de experiencias.

Por su parte, la preparación docente y el uso de recursos didácticos se destacan como un tema recurrente, presente en el 50 % de los trabajos revisados. Los estudios de Gradini et al. (2024) y Gorev y Masalimova (2017) subrayan que las innovaciones pedagógicas solo son sostenibles cuando se acompañan de programas sólidos de formación docente, espacios de experimentación profesional y comunidades de práctica colaborativas. Esta evidencia muestra la necesidad de políticas educativas que fortalezcan el desarrollo profesional continuo y la alfabetización tecnológica del profesorado confirmando que la preparación del profesorado es un factor determinante para garantizar la efectividad de los enfoques interdisciplinarios.

Ante esta necesidad, dos de los coautores de este trabajo han propuesto un modelo denominado PIFMA-Matemáticas el cual establece pilares conceptuales y metodológicos sólidos que orientan de forma sistemática la formación docente en el ámbito de las matemáticas (Fraguela y Rosas, 2022 p.324). Este modelo parte de la convicción de que el fortalecimiento del pensamiento lógico-matemático en los docentes de educación básica y media superior constituye una condición esencial para el desarrollo cognitivo del estudiantado. Desde su planteamiento, la formación del profesorado debe ir más allá del dominio operativo de algoritmos o de la repetición de esquemas, promoviendo la comprensión conceptual, la argumentación y la justificación fundamentada de los procesos matemáticos.

Fraguela y Rosas (2022) sostienen que el problema central de la enseñanza de las matemáticas en México radica en una práctica centrada en la memorización y el cálculo mecánico, lo que limita la imaginación y la creatividad, capacidades imprescindibles para la sociedad del conocimiento. En consecuencia, subrayan la urgencia de una formación docente rigurosa que equilibre precisión conceptual y flexibilidad creativa, evitando tanto el formalismo extremo como la superficialidad procedimental. Desde esta perspectiva, el PIFMA-Matemáticas enfatiza el rigor como un componente indispensable del pensamiento lógico-matemático, no solo como una norma técnica, sino como un principio de unidad y justificación de los métodos de resolución, esencial para articular el dominio cognitivo del modelo y fomentar la creatividad matemática (Fraguela y Rosas, 2022 p.343-344).

El 41 % de los estudios se orienta hacia estrategias innovadoras y uso de tecnología, incluyendo aulas invertidas, módulos digitales, educación matemática realista (RME) y gamificación. Estas prácticas favorecen la autonomía intelectual y la comprensión profunda, aunque su impacto depende del contexto institucional y de la fidelidad metodológica con que se aplican. Estas estrategias abren nuevas posibilidades metodológicas, pero también plantean retos en cuanto a capacitación y validación empírica.

Por último, las competencias meta-asignatura, presentes en el 29 % de los estudios, integran el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior (HOTS), la metacognición y el razonamiento lógico. Estas competencias implican que los estudiantes no solo realizan procedimientos, sino que comprenden cómo piensan y por qué eligen determinadas estrategias para resolver problemas. Este enfoque, respaldado por la Enseñanza para la Comprensión (Perkins, 2009) y la Neuroeducación, promueve la autorregulación y el aprendizaje autónomo, componentes esenciales para la formación científica del siglo XXI. Aunque minoritaria, esta categoría resulta clave porque aporta fundamentos epistémicos y cognitivos que sostienen la pertinencia del enfoque interdisciplinario.

Estos porcentajes evidencian una orientación clara: las matemáticas no se estudian únicamente como un cuerpo abstracto de conocimientos, sino como una disciplina que fomenta habilidades transversales para la vida y la ciudadanía global.

El análisis de las dimensiones transversales de los 34 estudios (creatividad, colaboración, efectividad y limitaciones estructurales) complementa los hallazgos ya sistematizados en las categorías temáticas de la Tabla 2, y permite profundizar en los patrones que caracterizan la investigación sobre educación matemática interdisciplinar.

En resumen, el 56 % de los estudios revisados reportan un impacto positivo en el desarrollo de la creatividad, la colaboración y las habilidades sociales. Estos resultados son consistentes con la perspectiva interdisciplinaria de los modelos STEM/STEAM y ABP, que propician ambientes de aprendizaje donde los estudiantes asumen un papel activo, trabajan en equipo y generan soluciones originales a problemas auténticos.

Autores como Ichsan et al. (2024) y Wawan et al. (2023) destacan que las experiencias colaborativas favorecen la comunicación científica y la empatía cognitiva, competencias fundamentales para el pensamiento crítico y la innovación. Asimismo, la creatividad emerge no solo como resultado del aprendizaje matemático, sino como una condición necesaria para la resolución de problemas en contextos diversos.

En cuanto a efectividad, el 76 % de los estudios evidencian alta o muy alta efectividad en el logro de aprendizajes significativos, tanto en habilidades matemáticas como en actitudes hacia la disciplina. Esta consistencia confirma que las estrategias innovadoras, como el Aprendizaje Basado en Problemas, la Educación Matemática Realista y los modelos interdisciplinarios, tienen un impacto comprobable en el rendimiento académico, la motivación y la comprensión conceptual.

Por ejemplo, investigaciones como las de Gradini et al. (2024) y Hasan (2024) reportan incrementos de entre 11 y 30 puntos porcentuales en las pruebas de desempeño y mejoras evidentes en la capacidad de análisis y argumentación de los estudiantes. Estos hallazgos coinciden con los lineamientos de la OCDE (2019) y PISA (2018), que señalan la efectividad de las metodologías activas en la promoción de la competencia matemática y científica. Un 21 % (7 estudios) señala una efectividad moderada, dependiente del contexto y de la calidad de implementación, mientras que solo un 3 % (1 estudio) reporta resultados ambiguos o poco concluyentes.

No obstante, los estudios también coinciden en señalar desafíos importantes. El 50 % de los estudios identifica limitaciones estructurales o pedagógicas que dificultan la consolidación de las innovaciones. Entre los principales obstáculos se encuentran la formación docente insuficiente, la falta de acompañamiento institucional, la escasez de materiales didácticos y la limitada integración tecnológica.

Estos obstáculos se expresan con particular intensidad en los contextos de educación básica y media superior, donde el cambio metodológico exige no solo capacitación puntual sino la construcción de culturas institucionales orientadas al desarrollo profesional colaborativo y sostenido. Esta dimensión sistémica distingue la innovación pedagógica genuina de la adopción superficial de nuevas estrategias.

Mientras que la escasez de recursos materiales y tecnológicos es mencionada en el 44 % de los estudios, especialmente en aquellos que analizan la implementación de STEM/STEAM y PBL en contextos de vulnerabilidad. Esta brecha limita la equidad educativa y reduce el potencial de las experiencias experimentales y digitales.

Autores como Ichsan et al. (2024) y Oliveira et al. (2021) subrayan que la falta de acceso a infraestructura tecnológica básica impide el desarrollo de proyectos interdisciplinarios sostenidos. En consecuencia, la efectividad de las metodologías innovadoras depende en gran medida de los recursos disponibles y del apoyo institucional.

Se identificó que el 32% de las investigaciones aborda la necesidad de adaptar las estrategias a los contextos locales y de fortalecer el compromiso docente como factor determinante del éxito pedagógico. La investigación de Gradini et al. (2024) muestra que el 92 % de los docentes participantes mantuvo un compromiso sostenido con la innovación tras recibir formación específica, lo que demuestra la relación directa entre desarrollo profesional y mejora educativa.

Este dato confirma que el cambio metodológico no puede imponerse verticalmente; requiere de convicción profesional, acompañamiento reflexivo y reconocimiento institucional. La cultura de colaboración entre docentes y la construcción de comunidades de práctica se perfilan como condiciones indispensables para consolidar la interdisciplinariedad y el pensamiento crítico en la enseñanza de las matemáticas.

Por último, un 29 % hace referencia a la complejidad de implementación y a la resistencia institucional, y el 21 % advierte sobre la heterogeneidad en la medición de resultados y la escasez de estudios en contextos locales.

2.7 Fundamentos epistémicos, formación docente, estrategias y desafíos: dimensiones complementarias del enfoque interdisciplinario

El análisis de los 34 estudios revisados no se agota en la centralidad del pensamiento crítico y el ABP. Para comprender el campo en toda su amplitud es necesario considerar cuatro dimensiones que, si bien son menos dominantes en términos cuantitativos, resultan indispensables para una lectura integral de la interdisciplinariedad matemática en la educación básica y media superior.

En cuanto a los fundamentos epistémicos y cognitivos de la interdisciplinariedad (categoría 1), la literatura revisada muestra que la base conceptual de la enseñanza interdisciplinar de las matemáticas hunde sus raíces en tradiciones epistemológicas diversas que, sin embargo, convergen en un punto esencial: el reconocimiento de que el conocimiento es una red interconectada y que su fragmentación en asignaturas aisladas responde a convenciones institucionales más que a la naturaleza del saber. Esta perspectiva, anticipada por Morin (1999) y profundizada por García (2006) en su teoría de los sistemas complejos, se traduce pedagógicamente en la apuesta por aprendizajes que conecten los contenidos matemáticos con problemas reales, con otras disciplinas y con el contexto cultural y social de los estudiantes. Varios estudios de la muestra, como los de Kuznetsova et al. (2022), McCashin et al., (2022), y Nugraha et al., (2024), ofrecen marcos conceptuales que permiten pensar la interdisciplinariedad no como una simple yuxtaposición de contenidos, sino como un proceso de construcción conjunta de significados en el que las matemáticas aportan el rigor del lenguaje formal y la potencia de la modelación, mientras que las Ciencias Sociales, la Biología, la Geografía o las Humanidades aportan el espesor interpretativo necesario para comprender los fenómenos en su complejidad. Esta tensión entre formalismo matemático y apertura interdisciplinar es, desde el punto de vista epistemológico, una de las dimensiones más fecundas y más desafiantes del campo.

En lo que respecta a las implicaciones para la formación docente (categoría 3), la evidencia acumulada en los estudios es especialmente contundente: no existe innovación pedagógica sostenible sin docentes que

comprendan y crean en el enfoque que implementan. La investigación de Gradini et al. (2024) demuestra que el 92 % de los docentes que recibieron formación específica en HOTs mantuvieron su compromiso con la innovación a lo largo del tiempo, lo que sugiere que el desarrollo profesional no es un complemento opcional sino una condición estructural del cambio. En el contexto mexicano, el modelo PIFMA-Matemáticas (Fraguela y Rosas, 2022) constituye una propuesta específica orientada a fortalecer la formación docente en matemáticas para la educación básica y media superior, articulando rigor conceptual con apertura creativa e interdisciplinar. Más allá de los modelos específicos, los estudios coinciden en señalar que la formación docente para la interdisciplinariedad debe contemplar al menos tres dimensiones: el dominio profundo del contenido matemático, la competencia didáctica para diseñar situaciones de aprendizaje integradoras, y la disposición epistemológica para trabajar en colaboración con docentes de otras disciplinas. Esta tercera dimensión, la colaboración interdisciplinar entre profesores, es la más escasamente atendida por los programas de formación actuales y, sin embargo, es la que determina en mayor medida la posibilidad de implementar proyectos genuinamente integrados en la escuela básica y media superior.

En cuanto a las estrategias educativas para la implementación de la interdisciplinariedad (categoría 4), la literatura muestra un abanico amplio y diversificado de opciones metodológicas. Además del ABP y los modelos STEM/STEAM ya analizados, emergen con fuerza la Educación Matemática Realista (RME), que parte de problemas contextualizados para construir conceptos matemáticos de manera progresiva (Amir et al., 2024; Tumangger et al., 2024); la etnomatemática, que recupera los saberes y prácticas matemáticas de las comunidades locales como punto de partida para el aprendizaje (Wawan et al., 2023); y las estrategias de aula invertida y gamificación, que reorganizan los tiempos y espacios del aprendizaje para potenciar la autonomía del estudiante (Dighliya, 2025; Kurino et al., 2024). La elección entre estas estrategias no puede ser arbitraria: depende del nivel educativo (las estrategias más efectivas en primaria no son necesariamente las mismas que en secundaria o bachillerato), del contexto sociocultural del aula, de los recursos disponibles y de las competencias del docente. Una aportación relevante de la revisión es que las estrategias más efectivas no son las tecnológicamente más sofisticadas, sino las que más coherentemente vinculan los contenidos con situaciones auténticas y promueven la participación activa del estudiante, independientemente del nivel de sofisticación de los recursos utilizados.

Finalmente, los desafíos y oportunidades de la interdisciplinariedad (categoría 5) merecen una atención diferenciada. Los obstáculos más frecuentemente identificados como formación docente insuficiente, escasez de recursos tecnológicos y resistencia institucional, son ya conocidos, pero la revisión pone de relieve al menos tres desafíos adicionales que merecen mayor atención en la investigación futura. Primero, la dificultad de construir instrumentos de evaluación que capten de manera fidedigna los aprendizajes integrados, el pensamiento crítico y las competencias socioemocionales generados por los enfoques interdisciplinarios: la mayoría de los instrumentos disponibles siguen estando diseñados para medir aprendizajes disciplinares acotados. Segundo, la inequidad en el acceso a condiciones favorables para la innovación: los estudios que reportan los resultados más positivos provienen con frecuencia de contextos con mayor disponibilidad de recursos, lo que genera una brecha preocupante con las escuelas públicas de contextos vulnerables donde la interdisciplinariedad sería, paradójicamente, más necesaria. Tercero, la resistencia epistemológica: romper con la lógica disciplinar implica no solo cambiar estrategias didácticas, sino transformar la cultura institucional y la identidad profesional de los docentes, lo que requiere procesos de cambio lentos, participativos y sostenidos en el tiempo. Frente a estos desafíos, las oportunidades son igualmente significativas: el creciente interés de las políticas educativas por las competencias del siglo XXI, el auge de los marcos curriculares por campos formativos (como el Plan de Estudio 2022 de la SEP en México) y la disponibilidad de recursos digitales abiertos abren condiciones favorables para consolidar la interdisciplinariedad como principio organizador de la educación matemática en la escuela básica y media superior.

Un desafío adicional, quizá el más profundo y el menos debatido en la literatura especializada, es el que plantea la relación entre la formación disciplinar rigurosa y el objetivo interdisciplinar. La pregunta no es menor: ¿puede hablarse de aprendizaje interdisciplinario genuino cuando el estudiante aún no domina las herramientas conceptuales propias de cada disciplina? ¿Tiene sentido promover la integración de saberes en la educación básica antes de que esos saberes estén mínimamente consolidados? La experiencia de ciertos modelos curriculares que han intentado implementar la interdisciplinariedad de manera apresurada ofrece una advertencia elocuente: cuando la integración se reduce a yuxtaponer contenidos de diversas áreas en torno a temas generales, sin profundidad conceptual en ninguna de ellas, el resultado no es interdisciplinariedad sino superficialidad generalizada. El estudiante termina sabiendo poco de mucho, sin comprender con rigor nada. Este riesgo no invalida la apuesta interdisciplinar, pero obliga a precisar sus condiciones de posibilidad.

En este sentido, la posición que emerge de la evidencia revisada y que los autores de este trabajo sostienen es que la formación conceptual rigurosa no es el obstáculo de la interdisciplinariedad, sino su condición. No puede haber integración auténtica de saberes sin saberes que integrar. En el caso específico de las matemáticas, esto significa que la enseñanza en la educación básica debe garantizar, ante todo, el desarrollo del razonamiento lógico, la comprensión profunda de los conceptos fundamentales: número, función, espacio, medida, probabilidad, y la capacidad de argumentar y resolver problemas con rigor. Renunciar a esta formación en nombre de la interdisciplinariedad es un error de fondo: equivale a pedir al estudiante que integre herramientas que aún no tiene. Lo que sí resulta posible y deseable desde la educación básica es algo de alcance más preciso y epistemológicamente más honesto: mostrar, con situaciones auténticas y progresivamente complejas, cómo las herramientas y la forma de pensar que ofrece la matemática permiten modelar fenómenos reales: demográficos, climáticos, económicos, de salud pública, y generar respuestas que pueden orientar decisiones. Este ejercicio no requiere que el estudiante domine la teoría de sistemas complejos ni el análisis multivariado; requiere que comprenda que las matemáticas son un lenguaje poderoso para describir, predecir e interpretar el mundo, y que ese lenguaje tiene alcances y también límites.

Precisamente aquí emerge la dimensión humanista como componente indispensable de una educación matemática que aspire a ser genuinamente interdisciplinar. Si bien los modelos matemáticos pueden describir tendencias y proyectar escenarios, no pueden por sí solos determinar qué decisiones son justas, éticamente deseables o socialmente pertinentes. Un modelo epidemiológico puede calcular tasas de mortalidad bajo distintos escenarios de intervención, pero no puede decidir a quién vacunar primero ni cómo distribuir recursos escasos en condiciones de inequidad. Un modelo económico puede proyectar el crecimiento del PIB bajo distintas políticas fiscales, pero no puede ponderar el costo humano de la desigualdad ni el valor de los bienes que el mercado no cotiza. Es en este punto donde las Ciencias Sociales, las Humanidades, la ética y la filosofía resultan imprescindibles, como lo advirtió Morin (1999), no como complemento decorativo de las matemáticas, sino como condición para que el conocimiento cuantitativo se traduzca en comprensión integral y en acción responsable. Introducir esta perspectiva desde la educación básica no exige sacrificar el rigor matemático: exige, más bien, que el docente diseñe situaciones en las que los estudiantes calculen, interpreten y también deliberen. Que aprendan a preguntar no solo “¿qué dice el modelo?” sino también “¿qué no dice?”, “¿qué valores están detrás de esta decisión?” y “¿quiénes se ven afectados?”. Esta capacidad de articular el razonamiento formal con el juicio ético es, en última instancia, la forma más ambiciosa y más necesaria de interdisciplinariedad en la escuela básica y media superior.

2.8 Análisis comparativo de artículos que hacen revisiones de literatura en educación matemática e interdisciplinar

Las revisiones de literatura recopiladas en esta investigación analizan distintos enfoques pedagógicos que buscan integrar la matemática con otras disciplinas o potenciar habilidades cognitivas de orden superior en educación

básica y superior. En total, se identificaron 12 revisiones o meta-análisis (Ichsan et al., 2024; Nurhikmayati, et al., 2024; Kreijkes y Greateorex, 2024; Aba-Oli et al., 2024; Hasan, 2024; Ulya, 2024; Fitriyah et al., 2024; Wang y Abdullah, 2024; Goos et al., 2023; Sultan et al., 2023; McCashin, et al., 2022; Dighliya, 2025), cuyos resultados ofrecen un panorama amplio de las tendencias actuales en investigación interdisciplinaria y didáctica de la matemática.

Un hallazgo común es la coincidencia en la importancia del pensamiento crítico y la resolución de problemas como ejes transversales de la enseñanza. Tanto en STEM/STEAM (Ichsan et al., 2024; Nurhikmayati, et al., 2024; Goos, et al., 2023) como en enfoques contextualizados o basados en problemas (Aba-Oli et al., 2024; Hasan, 2024; Fitriyah et al., 2024), la literatura muestra que las intervenciones que conectan los contenidos matemáticos con problemas reales favorecen no solo el aprendizaje conceptual, sino también la motivación y el compromiso estudiantil.

Otra similitud relevante es la preocupación por la formación docente. Revisiones como las de Goos et al., (2023); Kreijkes y Greateorex (2024) destacan que la falta de preparación pedagógica y disciplinar específica dificulta la implementación de enfoques integrados. De manera paralela, Dighliya (2024); Wang y Abdullah (2024) coinciden en que las innovaciones metodológicas, como el aprendizaje híbrido o las estrategias activas, requieren capacitación sólida y continua para asegurar su efectividad.

Asimismo, varias revisiones convergen en señalar que los enfoques interdisciplinarios o innovadores tienden a generar efectos positivos moderados en el rendimiento matemático, pero efectos más consistentes en variables afectivas, como el interés y la actitud hacia la disciplina (Goos et al., 2023; Ulya, 2024).

Aunque los enfoques convergen en propósitos, existen diferencias notables:

Mientras algunas revisiones se centran en educación básica (McCashin, et al., 2022; Fitriyah et al., 2024), otras se focalizan en la educación superior (Wang y Abdullah, 2024). Esto influye en la naturaleza de las habilidades analizadas: en primaria predominan razonamiento y motivación, mientras que en universidad se prioriza pensamiento crítico y metacognición.

Los enfoques identificados difieren en las estrategias estudiadas. El ABP aparece con fuerza en Hasan (2024) y Aba-Oli et al., (2024), mientras que el enfoque abierto se examina en Fitriyah et al. (2024) y la Educación Matemática Realista en revisiones como Ulya (2024). Por otro lado, Goos et al., (2023) analiza directamente el papel de las matemáticas en STEM, y Sultan et al. (2023) ofrece un meta-análisis centrado en la relación entre pensamiento crítico y resultados en ciencias y matemáticas.

Algunos trabajos adoptan un carácter sistemático y cuantitativo, como Ulya (2024) o Sultan et al. (2023) que ofrecen tamaños de efecto y correlaciones precisas. En contraste, otros tienen un carácter más narrativo o conceptual, como Dighliya (2024) o McCashin et al., (2022), que priorizan la reflexión sobre tendencias.

En lo que se refiere a tendencias observadas, las revisiones sugieren que:

El pensamiento crítico es un eje central, ya sea en STEM, en ABP o en enfoques abiertos, y se asocia directamente con la mejora en la resolución de problemas matemáticos.

La interdisciplinariedad refuerza la motivación y la relevancia del aprendizaje, aunque sus efectos en el rendimiento cognitivo son más heterogéneos y requieren evaluaciones más finas.

La implementación efectiva depende en gran medida de la preparación docente y del acceso a recursos, lo cual se repite como una constante en casi todas las revisiones.

El impacto reportado es mayor en dimensiones actitudinales y socioemocionales (interés, motivación, colaboración) que en resultados estrictamente académicos.

Finalmente, las revisiones de literatura analizadas ofrecen un panorama de consensos y divergencias en torno a la educación matemática interdisciplinaria. Todas coinciden en que las metodologías innovadoras favorecen el pensamiento crítico y la motivación, pero difieren en los enfoques revisados (ABP, STEM, RME, aprendizaje abierto) y en los niveles educativos de aplicación. La evidencia empírica más robusta proviene de meta-análisis cuantitativos (Ulya, 2024; Sultan et al., 2023), mientras que las revisiones narrativas aportan marcos conceptuales útiles (McCashin et al., 2022; Dighliya, 2025).

En suma, los hallazgos refuerzan la necesidad de un equilibrio entre innovación pedagógica y preparación docente, así como de más estudios longitudinales que permitan medir los efectos de la interdisciplinariedad en el aprendizaje matemático a lo largo del tiempo.

3. Conclusiones

El análisis de las 34 investigaciones internacionales en el que se incluyen las 12 revisiones de literatura permiten trazar un panorama convergente sobre los enfoques innovadores en la enseñanza de las matemáticas. En particular, en este apartado vamos a confrontar los hallazgos obtenidos tanto en el apartado 2.6 Papel del enfoque interdisciplinario y los obtenidos en el 2.8 Análisis comparativo de artículos que hacen revisiones de literatura en educación matemática e interdisciplinar. Ambos cuerpos de evidencia confirman que el pensamiento crítico y la resolución de problemas constituyen el eje prioritario en la investigación actual (87 % de los estudios empíricos y la totalidad de las revisiones), alineándose con las demandas de evaluaciones internacionales como PISA y TIMSS. Esta coincidencia subraya que las matemáticas han dejado de concebirse como un saber exclusivamente abstracto para asumirse como una disciplina capaz de promover habilidades transversales y de preparar a los estudiantes para contextos diversos y complejos.

Una segunda convergencia significativa se observa en la dimensión afectiva y social del aprendizaje matemático. Mientras que el 56 % de los estudios empíricos reporta mejoras en creatividad y motivación, varias revisiones (Ichsan et al., 2024; Goos, Carreira, Namukasa, 2023; Ulya, 2024) destacan que los enfoques interdisciplinarios, particularmente en STEM/STEAM y ABP, producen efectos más consistentes en el ámbito socioemocional que en los resultados estrictamente cognitivos. En esta línea, tanto los estudios empíricos (35 %) como las revisiones coinciden en resaltar la importancia de la colaboración y las habilidades sociales, aunque reconocen que su medición sigue siendo un desafío metodológico pendiente.

En términos de efectividad, los resultados son contundentes: el 76 % de los estudios empíricos reporta efectos altamente positivos, mientras que los meta-análisis cuantitativos (Sultan et al., 2023; Ulya, 2024; Fitriyah et al., 2024) confirman tamaños de efecto elevados, lo que refuerza la validez de las metodologías innovadoras cuando se aplican con fidelidad metodológica. No obstante, tanto en la evidencia empírica como en las revisiones se advierte que la efectividad depende de las condiciones de implementación, lo que introduce un matiz de variabilidad contextual.

En cuanto a los desafíos, los hallazgos son consistentes: la falta de formación docente aparece como el obstáculo más recurrente. A ello se suma la carencia de recursos tecnológicos (44 %) y la resistencia institucional (29 %), lo que evidencia que el éxito de las metodologías innovadoras depende tanto de las condiciones sistémicas como del compromiso pedagógico.

En consecuencia, se pueden formular cuatro recomendaciones principales:

- Formación docente, que combine didáctica de las matemáticas, metodologías activas e integración tecnológica, orientada a la preparación necesaria para implementar enfoques interdisciplinarios con rigor.
- Políticas de infraestructura y equidad, orientadas a proveer tecnologías, software y materiales que respalden experiencias de RME, ABP y STEM, con especial atención a contextos vulnerables.
- Evaluación contextualizada y sostenida: desarrollar instrumentos de medición adaptados a los contextos locales, que permitan valorar no solo el aprendizaje conceptual, sino también el impacto en pensamiento crítico, creatividad y colaboración.
- Rigor disciplinar como condición de la interdisciplinariedad: garantizar que los enfoques interdisciplinarios en la educación básica y media superior no se implementen a expensas de la formación conceptual profunda en cada disciplina, sino a partir de ella. La evidencia revisada, junto con la experiencia de modelos curriculares que han intentado integrar contenidos sin asegurar su dominio previo, advierte que la yuxtaposición superficial de temas de distintas áreas no produce interdisciplinariedad sino fragmentación del conocimiento. En el caso de las matemáticas, esto implica priorizar el desarrollo del razonamiento lógico y la comprensión sólida de los conceptos fundamentales: número, función, espacio, medida, probabilidad, etc., como base irrenunciable, desde la cual es posible y deseable mostrar, con situaciones progresivamente complejas, cómo el pensamiento matemático permite modelar fenómenos reales y generar respuestas que orientan decisiones. Esta aproximación debe acompañarse del cultivo del criterio humanista: los modelos matemáticos describen y proyectan, pero no determinan por sí solos qué es justo o éticamente pertinente. Enseñar a los estudiantes a preguntar no solo “¿qué dice el modelo?” sino también “¿qué no dice?” y “¿quiénes se ven afectados?” es la forma más rigurosa y más necesaria de interdisciplinariedad en la escuela: aquella que articula el razonamiento formal con el juicio ético y la responsabilidad social, sin sacrificar ninguno de los dos.

Finalmente, se identifican varias áreas de futuras investigaciones: la necesidad de estudios longitudinales que analicen los efectos de la interdisciplinariedad en trayectorias académicas amplias; investigaciones en contextos locales y diversos que enriquezcan la comprensión global; el desarrollo de marcos metodológicos más consistentes para medir las dimensiones socioemocionales del aprendizaje matemático. Agenda de investigación sobre rigor disciplinar e interdisciplinariedad: identificar las condiciones pedagógicas y curriculares que permiten articular, sin sacrificar ninguno, el dominio conceptual disciplinar y la apertura interdisciplinar en la educación básica y media superior, indagando en qué condiciones de competencia previa, diseño didáctico y contexto institucional, la integración produce aprendizaje genuino y no mera yuxtaposición de contenidos; y examinando de qué manera la incorporación explícita del juicio ético y humanista en situaciones de modelación matemática afecta tanto la comprensión conceptual como la capacidad deliberativa de los estudiantes. Se trata de un campo escasamente explorado que resulta especialmente urgente en contextos donde las reformas curriculares han adoptado la interdisciplinariedad como principio organizador sin contar todavía con evidencia suficiente sobre sus condiciones de éxito.

En suma, los resultados confirman que la innovación en la enseñanza de las matemáticas no es solo viable, sino necesaria. Sin embargo, su éxito depende menos de la novedad metodológica y más de las condiciones estructurales, de la capacidad docente y de la voluntad institucional de transformar la enseñanza hacia una matemática interdisciplinaria, crítica, creativa y socialmente relevante.

4. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la *Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti)* por el apoyo otorgado a Francisca Dolores Matlalcuatzi Rugerio y Carmen Patricia Rosas Colín mediante los Programas de Estancias Posdoctorales, cuyo respaldo favoreció el desarrollo de las actividades de investigación que dieron origen al presente estudio. Asimismo, agradecen a la *Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FCFM-BUAP)* por el acompañamiento institucional, el respaldo brindado al grupo de investigación y las facilidades otorgadas para el desarrollo de este trabajo.

5. Contribución de autores

De acuerdo con la taxonomía CRediT, las contribuciones de los autores fueron las siguientes:

- Francisca Dolores Matlalcuatzi Rugerio: Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción del borrador original, Análisis e interpretación de la información y Revisión del manuscrito.
- Stefany Nava Lobato: Investigación, Metodología, Curación de datos y Análisis formal.
- Carmen Patricia Rosas Colín: Conceptualización, Validación y Redacción – revisión y edición.
- Andrés Fraguela Collar: Supervisión, Metodología, Validación y Redacción – revisión y edición.

6. Declaración de fuentes de financiación

Los autores declaran que el presente estudio contó con el apoyo de la *Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti)* mediante el financiamiento otorgado a Francisca Dolores Matlalcuatzi Rugerio y Carmen Patricia Rosas Colín. Francisca Dolores Matlalcuatzi Rugerio desarrolló sus actividades de investigación en el marco de la Convocatoria de Estancias Posdoctorales por México EPM(1)-2024, asociada al proyecto “*Diseño y desarrollo de metodologías activas para favorecer el aprendizaje autónomo de las matemáticas en estudiantes de Educación Básica, desde un enfoque integral e interdisciplinario con base en nuevas herramientas tecnológicas educativas*”. Por su parte, Carmen Patricia Rosas Colín recibió financiamiento mediante la Convocatoria Estancias Posdoctorales por México 2023(1) vinculada al proyecto “*Aplicación y validación de un modelo académico integral para la formación continua del profesorado de matemáticas de educación básica y media superior*” (2024-2027).

La entidad financiadora no participó en el diseño del estudio, la recopilación y el análisis de la información, la interpretación de los resultados, la preparación del manuscrito ni en la decisión de someterlo para su publicación.

7. Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que, durante la preparación del presente manuscrito, utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa como apoyo en la búsqueda de bibliografía especializada, así como en la revisión de la redacción y mejora de la claridad expositiva de algunas secciones del texto. Todo el contenido generado con dicho apoyo fue posteriormente revisado, verificado y editado por los autores, quienes asumen la responsabilidad plena sobre el contenido final del manuscrito.

8. Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses, financiero, institucional o personal, que pueda haber influido en el desarrollo, los resultados o la publicación del presente estudio.

9. Referencias

- Aba-Oli, Z., Koyas, K., y Husen, A. (2024). Higher-order thinking skills-oriented problem-based learning interventions in mathematics: A systematic literature review. *School Science and Mathematics*. <https://doi.org/10.1111/ssm.12676>
- Amalia, L., Makmuri, M., y Hakim, L. (2024). Learning design: To improve mathematical problem-solving skills using a contextual approach. *JlIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)*, 7(3), 2353-2366. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i3.3455>
- Amir, F., Firdaus, M., y Pada, A. (2024). How does realistic mathematics learning shape learners' problem solving and critical thinking skills? *Al-Ishlah*, 16(3). <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i3.5101>
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Bruner, J. S. (1964). The course of cognitive growth. *American Psychologist*, 19(5), 1–15. Harvard University Press.
- Cahyaningsih, U., y Nahdi, D. S. (2021). The effect of realistic mathematics education on elementary students' critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1), 012127. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012127>
- Casado, F. R., & Checa, R. M. (2023). Creatividad, pensamiento crítico y trabajo en equipo en educación primaria: Un enfoque interdisciplinar a través de proyectos STEAM. *Revista Complutense de Educación*, 34(3), 629–640. <https://doi.org/10.5209/rced.79861>
- De la Tejera, N., Cortés, C., Viñet, L. M., Pavón, I., y De la Tejera Chillón, A. (2019). La interdisciplinariedad en el contexto universitario. *Panorama. Cuba y Salud*, 14(1, Especial), 58–61.
- Didham, R. J., Fujii, H., Torkar, G. (2024). Exploring interdisciplinary approaches to education for sustainable development. *Nordic Journal of Comparative and International Education (NJCIE)*, 8(2). <https://doi.org/10.7577/njcie.5877>
- Dighliya, B. (2025). Innovative Teaching Methods for Skill Development. In M. Kayyali & B. Christiansen (Eds.), *Insights Into International Higher Education Leadership and the Skills Gap* (pp. 229-250). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3443-0.ch009>
- Elliott, B., Oty, K., McArthur, J., & Clark, B. (2001). The effect of an interdisciplinary algebra/science course on students' problem solving skills, critical thinking skills and attitudes towards mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(6), 811–816. <https://doi.org/10.1080/00207390110053784>
- Everett, M. C. (2015). Interdisciplinary studies: A site for bridging the skills divide. *The Journal of Effective Teaching*, 16(2), 20-31.
- Fitriyah, Y., Wahyudin, W., Suhendra, S., Nurhayati, H., y Febrianti, T. S. (2024). Open-ended approach for critical thinking skills in mathematics education: A meta-analysis. *EduMatSains: Journal Pendidikan, Matematika Dan Sains*, 9(1), 156–174. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v9i1.5975>
- Fraguela, C. A., Rosas, C. P. (2022). *Formación docente y calidad educativa: Un modelo alternativo con especificaciones operativas para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*. Gedisa.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos: conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa.
- Goos, M., Carreira, S., y Namukasa, I. K. (2023). Mathematics and interdisciplinary STEM education: Recent developments and future directions. *ZDM Mathematics Education* 55, 1199–1217. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01533-z>
- Gorev, P. M., y Masalimova, A. R. (2017). Development of meta-subject competencies of the 7-9 grades basic school students through the implementation of interdisciplinary mathematical courses. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3919-3933. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00764a>

- Gradini, E., Umar, A., Firmansyah, F., Effendi, Y., y Winardi, W. (2024). Fostering higher order thinking skills in mathematics learning: A scoping review of teacher development initiatives. *Unram Journal of Community Service*, 5(1), 9–14. <https://doi.org/10.29303/uics.v5i1.570>
- Hasan, A. (2024). Problem-based math learning strategies to improve students' problem-solving skills. *The Journal of Academic Science*, 1(1), 22–26. <https://doi.org/10.59613/rm65x686>
- Hastuti, K. P., Arisanty, D., Basuki, S., Dharmono, D., y Rachman, A. (2024). Developing Students' Critical Thinking Skills Through Differentiated Problem-Based Learning. *Pedagogika*, 155(3), 174–194. <https://doi.org/10.15823/p.2024.155.9>
- Hebebcı, M. T., y Usta, E. (2022). The effects of integrated STEM education practices on problem solving skills, scientific creativity, and critical thinking dispositions. *Participatory Educational Research*, 9(6), 358-379. <https://doi.org/10.17275/per.22.143.9.6>
- Ichsan, I., Mulyati, M., Duma, S. Y., y Nirfayanti, N. (2024). The effectiveness of mathematics learning with the STEAM approach in improving students' critical thinking skills. *Aksioma Education Journal*, 1(3), 1–16. <https://doi.org/10.62872/kdepgn33>
- Krademir, E. (2024). Examining the skill development of pre-service primary school teachers through interdisciplinary approach. *International Journal of Instruction*, 9(1), 169–182. <https://doi.org/10.29333/aje.2024.9112a>
- Kreijkes, P., y Grooten, J. (2024). Differential effects of subject-based and integrated curriculum approaches on students' learning outcomes: A review of reviews. *Review of Education*, 12(e3465). <https://doi.org/10.1002/rev3.3465>
- Kurino, Y. D., Herman, T., Turmudi, T., Yonanda, D. A., y Haryanti, Y. D. (2024). Enhancing mathematical problem-solving skills through flipped classrooms and discovery learning: A resilience-based approach for elementary students. *Al-Ishlah*, 16(4), 5621–5630. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i4.6243>
- Kuznetsova, I. V., Burakova, G. Y., Troshina, T. L., y Gollai, A. V. (2022). Interdisciplinary integration in teaching mathematics as a means of forming pupils' mathematical literacy. *Vestnik of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics*, 28(3), 45–50. <https://doi.org/10.34216/2073-1426-2022-28-3-45-50>
- McCashin, L. Q., McFeeters, P. J., y Kim, M. (2022). Reasoning at the intersection of science and mathematics in elementary school: A systematic literature review. *Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 26(3), 57–85. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1366255>
- Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000117740_spa
- Mudrika, P. A., Syaifuddin, M., y Azmi, R. D. (2024). HOTS critical thinking and math problem-solving skills on Wordwall-assisted problem-based learning model. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5(3), 44-50. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2024.5.3.835>
- Mustafa, S., Ilmi, N., y Suliaty, S. (2024). Innovative strategies in math education: The impact of PBL and TARI on concept mastery and classroom dynamics. *Jurnal Varidika*, 36(1), 50-63. <https://doi.org/10.23917/varidika.v36i1.5150>
- Nugraha, M. G., Kidman, G., y Tan, H. (2024). Interdisciplinary STEM education foundational concepts: Implementation for knowledge creation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(10), em2523. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15471>
- Nurgabyl, D., Satkulov, B., y Kagazbayeva, A. (2023). Formation and development of mathematical literacy in the context of evaluative study tasks of PISA. *Journal on Mathematics Education*, 14(4), 701–722. <https://doi.org/10.22342/jme.v14i4.pp701-722>
- Nurhikmayati, I., Kusumah, Y. S., y Darhim, D. (2024). Mathematical critical thinking skills through STEM/STEAM approaches: A systematic literature review. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences*, 35, 145-160. <https://doi.org/10.55549/epess.810>

- OECD. (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030 – A series of concept notes*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/1-1-learning-compass/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Oliveira, O. M., Souza, K. C. O., y Paixão, L. L. da. (2021). A interdisciplinaridade no ensino de Matemática nas séries finais do Ensino Fundamental: uma perspectiva sob a visão do licenciando. *REMAT: Revista Eletrônica Da Matemática*, 7(2), e2005. <https://doi.org/10.35819/remat2021v7i2id4774>
- Perkins, D. N. (2009). *Making learning whole: How seven principles of teaching can transform education*. Jossey-Bass.
- Roberts, T., Maiorca, C., Jackson, C., y Mohr-Schroeder, M. J. (2022). Integrated STEM as problem-solving practices. *Investigations in Mathematics Learning*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/19477503.2021.2024721>
- Rogora, E., y Tortoriello, F. S. (2021). Interdisciplinarity for learning and teaching mathematics. *Bolema*, 35(70), 1086-1106. <https://doi.org/10.1590/1980-4415V35N70A25>
- Secretaría de Educación Pública (2022). *Anexo del Acuerdo número 14/08/22 por el que se establece el Plan de Estudio para la educación preescolar, primaria y secundaria*. *Diario Oficial de la Federación*. http://www.dof.gob.mx/2022/SEP/ANEXO_DEL_ACUERDO_14_08_22.pdf
- Sultan, J., Suyanto, S., y Ibrahim, Z. S. (2023). Relationship between critical thinking and learning outcomes in science and mathematics subjects reviewed from meta-analysis. *JPPIPA (Jurnal Penelitian Pendidikan IPA)*, 9(8):493-498. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.3862>
- Tumangger, W. R., Khalil, I. A., y Prahmana, R. C. I. (2024). The impact of realistic mathematics education-based student worksheet for improving students' mathematical problem-solving skills. *IndoMath*, 7(2). <https://doi.org/10.30738/indomath.v7i2.122>
- Ulya, H. (2024). The meta-analysis of innovative mathematics learning toward the mathematics ability in various countries. *Al-Ishlah*, 16(4), 4899-4914. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i4.5854>
- Villa, J. C., Mendoza, R. M. (2020). Criterios para definir el carácter interdisciplinario de diseños curriculares universitarios. *INTER DISCIPLINA*, 8(20), 169–189. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2020.20.71977>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner y E. Soubberman, Eds.). Harvard University Press.
- Wang, Q., y Abdullah, A. H. (2024). Enhancing students' critical thinking through mathematics in higher education: A systemic review. *SAGE Open*, 14(3). <https://doi.org/10.1177/21582440241275651>
- Wawan, W., Retnawati, H., y Setyaningrum, W. (2023). An Integrative Learning Model to Improve Problem-Solving and Creative Thinking Abilities, Collaboration, and Motivation. *Islamic Guidance and Counseling Journal*, 6(2). <https://doi.org/10.25217/0020236402400>
- Wiratman, A., Bungawati, B., y Rahmadani, E. (2023). Project-based learning integrated with science, technology, engineering, and mathematics (STEM) to the critical thinking skills of students in elementary school. *SITTAH: Journal of Primary Education*, 4(2), 167–180. <https://doi.org/10.30762/sittah.v4i2.1828>
- Yulianto, D., Umami, M. R., y Mony, R. S. (2024). Fostering critical thinking and self-efficacy in mathematics students. Exploring the impact of contextual learning and problem-based learning as well as direct instruction. *Union: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 12(1), 116–133. <https://doi.org/10.30738/union.v12i1.16900>