



El modelo TPACK en Educación Matemática: un panorama basado en una revisión sistemática de la literatura de 2006 a 2024

TPACK in Mathematics Education: a panorama from a Systematic Literature Review, 2006–2024

Ana Paula Nahirne¹

<https://orcid.org/0000-0003-0632-6688> 

Clodis Boscaroli²

<https://orcid.org/0000-0002-7110-2026> 

1. Secretaria de Estado de Educação de Paraná, Laranjeiras do Sul, Brasil Correo electrónico: anapaulanahirne@yahoo.com.br

2. Universidad Estatal del Oeste de Paraná, Cascavel, Brasil. Correo electrónico: boscarioli@gmail.com

Resumen: La integración de las Tecnologías Digitales en la enseñanza de las Matemáticas ha impulsado investigaciones sobre los conocimientos necesarios para la docencia, destacando el modelo Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido (TPACK). Asumiendo esta premisa, este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura que analiza 94 estudios publicados entre 2006 y 2024, con el objetivo de mapear el panorama de las producciones académicas del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido en el contexto de la Educación Matemática. La investigación se basó en cinco preguntas que abordaron las características descriptivas, los fundamentos teóricos, los procedimientos metodológicos, la formación docente y las Tecnologías Digitales. El estudio indicó al GeoGebra como la tecnología predominante y evidencia la necesidad de expandir el foco hacia otras tecnologías. Del corpus se destacó la carencia de investigaciones en formación inicial y continua sobre y con Tecnologías Digitales en la enseñanza, además de vacíos en relación con el conocimiento articulado por los profesores, lo que dificulta la comprensión de los procesos formativos y la replicabilidad de las prácticas. Estos hallazgos indican la demanda de una formación docente en Matemáticas apoyada en el *Mathematics TPACK*.

Palabras clave: enseñanza de las matemáticas, conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido, tecnologías digitales, formación de profesores. *mação com professores.*

Abstract: The integration of Digital Technologies in Mathematics Education has prompted investigations into the knowledge required for teaching, with particular attention to the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework. Based on this premise, this article presents a systematic literature review analyzing 94 studies published between 2006 and 2024, aiming to map academic production on Technological Pedagogical Content Knowledge in the context of Mathematics Education. The investigation was guided by five

questions addressing descriptive characteristics, theoretical foundations, methodological approaches, teacher education, and Digital Technologies. The study identified GeoGebra as the predominant technology and highlights the need to expand the focus to other technologies. The review revealed a lack of research on initial and continuing education about and with digital technologies in teaching, as well as gaps in the knowledge articulated by teachers, which hinders understanding of educational processes and the replicability of practices. These findings indicate a need for mathematics teacher education supported by Mathematics TPACK.

Keywords: mathematics teaching, technological pedagogical content knowledge, digital technologies, teacher education.

Introducción

El incentivo y la expansión de las Tecnologías Digitales (TD) en la Educación aún presentan limitaciones en la integración pedagógica debido, entre otros aspectos, a la baja inversión en la formación inicial y continua del profesorado sobre esta temática. Estudios como los de Vieira (2013), Cibotto (2015), Oliveira (2017), Colling (2017), Silva (2018), Bianchini (2020) y Gutiérrez-Fallas y Henriques (2020, 2021) señalan dificultades en la experiencia de las tecnologías en la formación docente, especialmente en la enseñanza de las Matemáticas, y subrayan la necesidad de investigaciones —como las de Niess (2005, 2012), Palis (2010), Araújo (2015), Richit (2015), Porto (2016), Lima (2019) y Purificação (2022)— orientadas a la reformulación curricular y a dinámicas pedagógicas que incorporen las TD.

En este escenario, el modelo teórico-metodológico propuesto por Punya Mishra y Matthew J. Koehler (2006) se destaca al proponer la integración de tecnologías con énfasis en el “cómo” y el “por qué” utilizarlas, sugiriendo modificaciones en los currículos de formación inicial y en las metodologías de enseñanza. Adoptamos esta perspectiva teórica en la que el conocimiento necesario para enseñar con y sobre tecnología, especialmente en Matemáticas, se fundamenta en el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK – Pedagogical Content Knowledge), según lo propuesto por Lee Shulman (1986, 1987), conocimiento ampliado por el Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido (Technological Pedagogical Content Knowledge – TPACK)¹, desarrollado por Mishra y Koehler (2006). En el contexto de la Educación Matemática, el Mathematics TPACK (Palis, 2010) proporciona una base para evaluar el conocimiento que los

¹ Esto se refiere al Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido en Matemáticas, y se mantendrá en este texto debido a su reconocimiento y uso internacional.

profesores que enseñan Matemáticas² necesitan desarrollar al integrar y experimentar las TD en sus prácticas pedagógicas.

Utilizaremos la expresión “experimentar Tecnologías Digitales en la Educación Matemática”, que se refiere al proceso de interactuar de manera intencional, permitiendo la construcción de conocimiento teórico y práctico con y sobre las TD en el contexto educativo. El concepto se fundamenta en la noción de experiencia de Bondía (2002), para quien experimentar no es simplemente presenciar o ejecutar algo, sino ser tocado y transformado por lo que sucede, promoviendo un cambio en el propio sujeto.

Desde esta perspectiva, experimentar las TD va más allá del contacto técnico: implica la constitución del profesor como sujeto que integra tecnología, pedagogía y contenido de manera articulada, pues, como afirma Paulo Freire (1996, p. 34), “no basta saber qué hacer; es necesario saber hacerlo y saber experimentar el hacer”. Esto implica una intencionalidad pedagógica que desplaza el foco de cuáles y cuántas TD están disponibles hacia cómo y por qué son utilizadas (Palis, 2010), orientación ya defendida por la International Society for Technology in Education (ISTE)³ desde comienzos de los años 2000 y reafirmada por el National Council of Teachers of Mathematics (NCTM⁴, 2014). Cuando se integran con esta intencionalidad, las TD trascienden la condición de herramientas complementarias y pasan a actuar como mediadoras en la construcción del conocimiento matemático con y sobre tecnología (Cunha, 2018; Paiva et al., 2023).

Para enseñar Matemáticas, según Niess (2005), los profesores necesitan comprender el contenido matemático (Conocimiento del Contenido: CK – Content Knowledge), los procesos pedagógicos (Conocimiento Pedagógico: PK – Pedagogical Knowledge) y las tecnologías disponibles (Conocimiento Tecnológico: TK – Technological Knowledge), comprensiones que pueden construirse progresivamente en procesos formativos intencionales. El TPACK puede integrarse en la enseñanza de cualquier área del conocimiento y evidencia la importancia de

² Esto incluye a quienes se encuentran en formación inicial, continua y en servicio, así como a quienes imparten clases en diversos contextos, modalidades y niveles educativos, independientemente de su formación.

³ Organización sin ánimo de lucro, fundada por docentes de primaria y universitarios, interesada en la integración de las tecnologías en la educación. Publica las Normas ISTE, directrices para orientar a educadores, líderes y formadores en el uso pedagógico de las tecnologías digitales (ISTE, 2023).

⁴ Una organización global dedicada a la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en la educación básica. Publica revistas científicas, estándares curriculares y documentos de orientación (NCTM, 2014).

experimentar estos conocimientos de manera aislada, en pares⁵ y de forma integrada. Esto permite a los profesores considerar cómo enseñar conceptos matemáticos con el apoyo de la tecnología, haciendo el contenido accesible para los estudiantes (Mishra y Koehler, 2006).

Resulta pertinente, por tanto, mapear el panorama de las producciones académicas sobre TPACK en la Educación Matemática para identificar vacíos, tendencias y posibilidades para la formación docente con TD. Para ello, la Revisión Sistemática de Literatura (RSL) aquí presentada analiza 94 estudios publicados entre 2006 y abril de 2024, en contextos nacionales e internacionales, seleccionados mediante criterios específicos de inclusión y exclusión. La investigación fue guiada por cuestiones relacionadas con las características, fundamentos teóricos, enfoques metodológicos, contribuciones e impactos de las intervenciones pedagógicas basadas en TPACK en la formación docente, además del uso de las TD en el Mathematics TPACK. A partir de estas cuestiones, se definieron cinco categorías de análisis: Datos Descriptivos, Fundamentos Teóricos, Procedimientos Metodológicos, Formación Docente y Aplicación Práctica.

Metodología

Se consideraron las ocho etapas del proceso de una RSL sugeridas por Ramos et al. (2014): (i) Objetivos; (ii) Ecuaciones de Investigación; (iii) Ámbitos de la Investigación; (iv) Criterios de Inclusión; (v) Criterios de Exclusión; (vi) Criterios de Validez Metodológica; (vii) Resultados; y (viii) Tratamiento de los Datos.

La etapa de Objetivos se refiere a la definición de metas que orienten la revisión e incluye preguntas abiertas que puedan responderse con información cualitativa obtenida del análisis de las fuentes (Morandi y Camargo, 2015). Se elaboraron cinco preguntas para orientar la RSL: (i) ¿Cuáles son las características descriptivas de los estudios sobre TPACK en la Educación Matemática? (ii) ¿Qué fundamentos teóricos sustentan estos estudios? (iii) ¿Qué enfoques metodológicos son utilizados? (iv) ¿Cuáles son las contribuciones y los impactos de las intervenciones pedagógicas basadas en TPACK en la formación docente? (v) ¿Qué TD están siendo experimentadas en los estudios de Mathematics TPACK y cómo están siendo experimentadas?

⁵ Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK – *Pedagogical Content Knowledge*), Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK – *Technological Pedagogical Knowledge*) y Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK – *Technological Content Knowledge*).

La etapa de Ecuaciones de Investigación define el alcance de la investigación y emplea palabras clave y operadores como AND y OR para orientar la búsqueda de estudios teóricos o empíricos relacionados con la temática. Los términos centrales seleccionados fueron: ((TPCK OR TPACK) AND (Educación Matemática OR Enseñanza de Matemáticas OR Matemáticas OR Mathematics OR Math Teacher* OR Profesor* de Matemáticas)) OR ((Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido OR Technological Pedagogical Content Knowledge) AND (Educación Matemática OR Enseñanza de Matemáticas OR Matemáticas OR Mathematics OR Math Teacher* OR Profesor* de Matemáticas)).

El Ámbito de Investigación consideró documentos disponibles en repositorios y bases de datos como el Portal de Periódicos CAPES, la Biblioteca Digital Brasileña de Tesis y Disertaciones (BDTD), la Scientific Electronic Library Online (SciELO), el Education Resources Information Center (ERIC) y Google Académico.

Las etapas de Criterios de Inclusión y Exclusión funcionan como filtros para seleccionar estudios teóricos o empíricos que serán analizados (Costa y Zoltowski, 2014). La aplicación de estos criterios implica la lectura de títulos, palabras clave y resúmenes, buscando identificar similitudes relevantes (Morandi y Camargo, 2015).

Los Criterios de Inclusión adoptados fueron: (i) estudios teóricos o empíricos gratuitos y completos; (ii) publicaciones entre 2006 y abril de 2024, recorte justificado porque 2006 corresponde al año de publicación del modelo TPACK por Mishra y Koehler, marco inicial del campo, y abril de 2024 corresponde al mes de realización de las búsquedas; (iii) presencia de los términos seleccionados en títulos, palabras clave o resúmenes; (iv) elementos en el texto que respondieran a las preguntas de investigación, identificados inicialmente mediante lectura exploratoria del título, resumen e introducción; y (v) publicaciones en portugués, inglés o español. Los criterios de exclusión fueron: (i) ausencia de los términos centrales en el título, resumen o palabras clave; (ii) publicaciones fuera del intervalo temporal definido; (iii) estudios duplicados; (iv) materiales no disponibles gratuitamente y de forma íntegra; y (v) estudios que mencionan el TPACK y/o la Educación Matemática sin constituirlos como objeto central de investigación, es decir, sin articulación teórica o análisis de datos vinculados a estos constructos.

La etapa de Criterios de Validez Metodológica buscó garantizar la calidad de los estudios seleccionados. Para la evaluación de la validez, se consideraron: claridad de los objetivos; coherencia entre objetivos, métodos y resultados; y contribución a la Educación Matemática con base en el marco teórico del TPACK. Como indicativo de validez, se consideró que los artículos científicos habían pasado

por revisión por pares y que las tesis y disertaciones fueron sometidas a evaluación por un Tribunal Examinador. La aplicación secuencial de los filtros de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión y los criterios de validez resultó en la estructura presentada en la Tabla 1.

Tabla 1

Número de documentos obtenidos en bases de datos

Base de Datos	Filtros de las estrategias de búsqueda	Tras criterios de inclusión	Tras criterios de exclusión
Google Académico	5090	175	31
Capes	139	35	10
BDTD	109	38	27
ERIC	43	25	19
SciELO	13	9	7
Total	5394	282	94

Nota. Elaborada por los autores (2025).

Na etapa de *Resultados*. En la etapa de Resultados, se seleccionaron 94 publicaciones que constituyeron el *corpus* corpus de esta investigación y que serán analizadas a continuación.

Análisis y Discussão dos Resultados

La Tabla 2 organiza las 94 publicaciones por código, autores, año y lugar, siendo 58 artículos de revistas científicas, 18 tesis doctorales, 10 disertaciones de maestría, 7 artículos en eventos y 1 capítulo de libro. Las publicaciones fueron codificadas para facilitar su identificación: AE para artículos en eventos, A para artículos de revistas, CL para capítulos de libros, D para disertaciones y T para tesis. Por ejemplo, D1 indica la primera disertación y A23 el vigésimo tercer artículo de revista, conforme al orden cronológico.

Tabla 2
Referencias de las publicaciones por año y orden creciente

Cód.	Autor(es)	Ano	Lugar	Cód.	Autor(es)	Ano	Lugar
A1	Niess <i>et al.</i>	2009	EE. UU.	A23	Young <i>et al.</i>	2019	EE. UU.
A2	Erdogan, Sahin	2010	Turquía	A24	Morales-López	2019	Costa Rica
A3	Palis	2010	Brasil	A25	Hernawati	2019	Indonesia
A4	Bowers, Stephens	2011	EE. UU.	A26	Colling & Richit	2019	Brasil
A5	Agvei&Voogt	2012	Australia	A27	Bakar	2019	Malasia
D1	Mazon	2012	Brasil	AE7	Davis	2020	EE. UU.
D2	Lima	2013	Brasil	A28	Mastroianni & Oliveira	2020	Brasil
T1	Vieira	2013	Brasil	A29	Gutiérrez-Fallas& Henriques	2020	Portugal
AE1	Belfiori	2014	Argentina	A30	Colling&Richit	2020	Brasil
A6	Sampaio & Coutinho	2014	Portugal	A31	Abdul Halim <i>et al.</i>	2020	Malasia
T2	Baldini	2014	Brasil	D8	Bianchini	2020	Brasil
A7	Powell	2014	Brasil	A32	Farias <i>et al.</i>	2020	Brasil
A8	Bittar	2015	Brasil	A33	Nonato & Lobo da Costa	2020	Brasil
AE2	Costa Neto <i>et al.</i>	2015	Brasil	A34	Nantschevet <i>al.</i>	2020	9 países europeos
A9	Sampaio & Coutinho	2015	Portugal	A35	Bakaret <i>al.</i>	2020	Malasia
T3	Alcântara	2015	Brasil	A36	Gutiérrez-Fallas& Henriques	2021	Portugal
T4	Esquincalha	2015	Brasil	A37	Maldonado & Solís	2021	Israel
T5	Rocha	2015	Brasil	A38	Costa	2021	Brasil
T6	Padilha	2015	Brasil	T13	Gutiérrez-Fallas	2021	Portugal
T7	Araújo	2015	Brasil	D9	Silva	2021	Brasil
T8	Cibotto	2015	Brasil	T14	Sampaio	2021	Portugal
T9	Richit	2015	Brasil	T15	Teixeira	2021	Brasil
A10	Martínez-Hernández & Aké	2016	México	A39	Marbán&Sintema	2021	España
A11	Sampaio	2016	Portugal	A40	Gonzales & Gonzales	2021	Filipinas
D3	Porto	2016	Brasil	A41	Ribeiro & Piedade	2021	Brasil
A12	Oller-Marcén& Arnal-Bailera	2017	España	A42	Morales-López <i>et al.</i>	2021	Costa Rica
A13	Cyrino & Baldini	2017	Brasil	A43	Rakeset <i>al.</i>	2022	EE. UU.
D4	Alexandrino	2017	Brasil	A44	Bueno <i>et al.</i>	2022	Brasil
D5	Oliveira	2017	Brasil	A45	Purificação & Amado	2022	Portugal
D6	Colling	2017	Brasil	A46	Meza <i>et al.</i>	2022	Perú
A14	Oliveira <i>et al.</i>	2018	Portugal	A47	Santo <i>et al.</i>	2022	Brasil
A15	Rocha & Prado	2018	Brasil	A48	Bretscher	2022	Reino Unido
A16	Salas-Rueda	2018	México	A49	Pelizzaroet <i>al.</i>	2022	Brasil
AE3	Gutiérrez-Fallas& Henriques	2018	Portugal	T16	Abreu	2022	Brasil
A17	Alizadeh-Jamal <i>et al.</i>	2018	Irán	T17	Purificação	2022	Brasil
A18	Basniak& Estevam	2018	Brasil	CL1	Priolóet <i>al.</i>	2023	Colombia
A19	Trujillo <i>et al.</i>	2018	Cuba	A50	Carneiro & Souza Junior	2023	Brasil
A20	Durusoy&Karamete	2018	Turquía	A51	Carneiro & Souza Júnior	2023	Brasil
A21	Karakus	2018	Turquía	A52	Purificação & Amado	2023	Brasil
A22	Kim	2018	EE. UU.	A53	Silva <i>et al.</i>	2023	Brasil
AE4	Niess & Roschelle	2018	EE. UU.	A54	Juandiet <i>al.</i>	2023	Indonesia
AE5	Morelatti& Fujita	2018	Brasil	A55	Slaviero <i>et al.</i>	2023	Brasil
T10	Nunes	2018	Brasil	A56	Hamidy&Wibowo	2023	Indonesia

T11	Silva	2018	Brasil	A57	Kittivarakulet <i>et al.</i>	2023	Tailandia
D7	Lima	2019	Brasil	D10	Souza	2023	Brasil
T12	Araújo Filho	2019	Brasil	A58	Ruas <i>et al.</i>	2024	Brasil
AE6	Richit&Miskulin	2019	Brasil	T18	Kleemann	2024	Brasil

Nota. Elaborada por los autores (2025).

Las categorías de análisis fueron definidas a priori a partir de las preguntas orientadoras, organizadas en cinco grupos: Datos Descriptivos, Fundamentos Teóricos, Procedimientos Metodológicos, Formación Docente y Aplicaciones Prácticas. El análisis se llevó a cabo mediante la lectura sistemática de los estudios en su totalidad, con extracción y organización de la información en tablas de síntesis, seguida de una interpretación cualitativa de los patrones identificados en cada categoría.

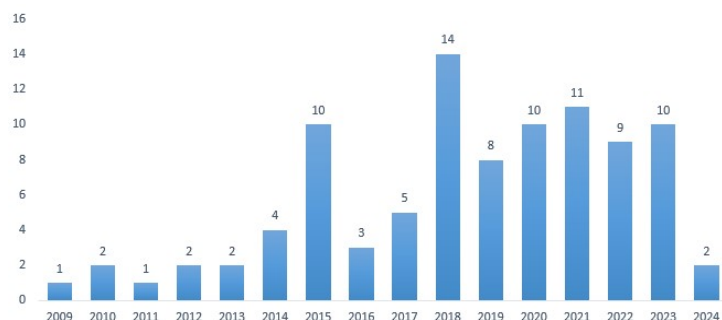
Características Descriptivas del TPACK en la Educación Matemática

Esta sección responde a la pregunta: ¿Cuáles son las características descriptivas de los estudios sobre TPACK en la Educación Matemática? Para ello, se presentan datos relativos al tipo de publicación, distribución temporal y geográfica, recurrencia de autores y niveles educativos contemplados en el corpus analizado.

Desde 2006, cuando Punya Mishra y Matthew J. Koehler publicaron el artículo seminal sobre TPACK, se observa un crecimiento global progresivo de las referencias al tema en la Educación Matemática, como se evidencia en la Figura 1. La distribución anual de las publicaciones muestra un crecimiento gradual a lo largo de los años, destacándose un aumento relevante a partir de 2014. El año 2018 concentró el mayor número de publicaciones, con 14 trabajos. Desde 2020, el número de publicaciones aumentó considerablemente debido a la popularización de dispositivos móviles y plataformas digitales en el aula, posiblemente reforzada por las demandas emergentes de la enseñanza remota. Este movimiento sugiere un creciente interés investigativo en la ampliación del acceso a las TD.

Figura 1

Tabla de publicaciones por año



Nota. La figura muestra la variación anual de las publicaciones, evidenciando períodos de crecimiento y mayor concentración de estudios en determinados años.

La Figura 2 presenta una amplia distribución geográfica, que abarca diversos continentes. En América del Sur, Brasil lidera con 53 estudios; la variedad de países en el escenario internacional indica la relevancia del tema en distintos contextos, incluyendo naciones desarrolladas y en desarrollo, lo que evidencia su alcance global.

Figura 2

Distribución de las publicaciones por continente



Nota. La figura evidencia la presencia de publicaciones en diferentes continentes, demostrando el alcance internacional de las investigaciones sobre el tema.

El corpus indica la siguiente distribución por niveles educativos: 2 estudios en los Años Iniciales, 5 en la Educación Primaria, 6 en la Educación Secundaria y 4 que abarcan la Educación Básica en general. La Educación Superior concentra 25 publicaciones dirigidas a estudiantes de licenciatura, reflejando el enfoque en este nivel educativo. Los otros 52 trabajos no abarcan un nivel específico. Solo 17 investigaciones se centran en la Educación Básica, modalidad en la que los profesores que enseñan Matemáticas ejercen su práctica. Estos docentes se

enfrentan al desafío de integrar diversas plataformas digitales, muchas veces sin preparación ni apoyo formativo adecuados. Este escenario evidencia una desarticulación entre la producción académica sobre TPACK y las demandas concretas del aula.

Fundamentos Teóricos del TPACK en la Educación Matemática

Esta sección responde a la pregunta de investigación: ¿Qué fundamentos teóricos sustentan estos estudios? Para ello, se analizan los términos, marcos teóricos y enfoques identificados en el corpus, comenzando por la diversidad terminológica en torno al concepto de tecnología.

Diversos sinónimos y variaciones se utilizan para el término “tecnología”, tales como recursos digitales y tecnológicos, tecnologías digitales, herramientas tecnológicas, aplicaciones tecnológicas, saberes tecnológicos, equipos, TIC, TDIC, entre otros. Términos como inserción, integración, incorporación, uso, apropiación, utilización y articulación se asocian frecuentemente a la palabra tecnología y destacan diferentes enfoques y contextos.

En el corpus, “integración” y “uso” presentan mayor frecuencia. Para Bittar (2010), integrar tecnología consiste en movilizarla para contribuir al aprendizaje del estudiante. Costa y Prado (2015) enfatizan que integrar tecnología va más allá de simplemente insertarla en el aula; requiere explorar su potencial en la enseñanza de las Matemáticas, algo que muchos profesores no tuvieron oportunidad de practicar durante su formación (A1). Los autores de A41 sugieren que el desarrollo del TPACK puede llevar a los profesores a experimentar las TD en sus prácticas pedagógicas.

A pesar de las variaciones terminológicas y del uso, en ocasiones, de ciertos términos, todos los enfoques del corpus se refieren al TK, uno de los pilares del TPACK, aunque las tecnologías, en algunos casos, puedan estar siendo empleadas únicamente en el trabajo burocrático de los profesores, uso que Bueno et al. (2023) denominan periférico, distante de una integración pedagógica intencional.

La fundamentación teórica de estos estudios revela que solamente los trabajos A16, A37, A38, A56 y AR7 dejan de citar el artículo seminal de Mishra y Koehler (2006). El modelo teórico-metodológico derivado de Lee Shulman (1986) está representado en todas las disertaciones y tesis mediante el Diagrama de Venn que ilustra las interrelaciones entre los conocimientos pedagógicos, tecnológicos y de contenido. Treinta y nueve publicaciones incluyen esta representación visual, con variaciones en algunos diseños, mientras que las demás mantienen el diseño

original. En total, 67 incorporaron la figura, lo que enfatiza su relevancia teórica y práctica y su aceptación generalizada entre los investigadores.

Este dato, sin embargo, requiere una interpretación crítica. Mishra y Koehler (2006) conciben el TPACK no como una representación estática de los conocimientos docentes, sino como un modelo dinámico cuya constitución ocurre en la articulación situada entre contenido, pedagogía y tecnología en contextos específicos de enseñanza y aprendizaje. En este sentido, la recurrencia del Diagrama de Venn sin la correspondiente explicitación de los conocimientos movilizados en los procesos formativos puede indicar una apropiación predominantemente ilustrativa del marco teórico, lo que converge con la laguna identificada en el corpus: la insuficiente descripción de cómo estos conocimientos se integran en la práctica docente.

Los primeros trabajos sobre TPACK en la Educación Matemática surgieron en 2009, con destaque para el A1. Este artículo pionero presentó un modelo de desarrollo del TPACK para profesores que enseñan Matemáticas, estructurado en cinco niveles de integración de las TD en las prácticas pedagógicas: Reconocimiento (conocimiento)⁶, Aceptación (persuasión), Adaptación (decisión), Exploración (implementación) y Avance (confirmación). Destacó cuatro aspectos esenciales de la práctica docente —Currículo y Evaluación, Aprendizaje, Enseñanza y Acceso—, elementos centrales en el desarrollo del TPACK durante la formación docente. Estos niveles son abordados en A3, A6, A14, A17, A43, A55, D9, T1, T4, T10, T14 y T18.

El A3 aborda el TPACK en un escenario en el que las concepciones de Shulman (1986, 1987) ya habían sido reconocidas en la investigación brasileña. El estudio destaca que, a pesar del progreso en conocimientos relacionados con las TD, los profesores aún no están preparados para integrarlas en las prácticas pedagógicas. La autora enfatiza la necesidad de una formación docente que contemple el TPACK, señalando que la falta de integración de las TD en las actividades formativas constituye un obstáculo para la conexión entre el CK y el TK. En este contexto, propone un modelo de desarrollo basado en Niess et al. (2009), denominado Mathematics TPACK.

El Mathematics TPACK es presentado por Palis (2010) como una referencia para profesores en todas las etapas educativas. Aunque la Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE, 2009) establece objetivos para la integración de tecnologías en la formación docente, su documento de apenas tres páginas no detalla cómo los profesores pueden apropiarse de este conocimiento.

⁶ Entre paréntesis está la nomenclatura original utilizada por Rogers (1995).

Para llenar este vacío, los autores de los artículos A1 y A3 proponen un modelo que describe la progresión del Mathematics TPACK a través de los cinco niveles mencionados, resaltando que este recorrido no es lineal ni uniforme entre los profesores. Bueno et al. (2023), en una investigación con profesores brasileños, identificaron empíricamente participantes aún situados en el nivel de aceptación, haciendo referencia a las TD de forma periférica, lo que evidencia la pertinencia de este modelo para comprender las etapas reales del desarrollo docente.

La tesis T1, publicada en 2013, fue la primera en abordar el TPACK en la Educación Matemática con base en A1 y A3. T10 refuerza que, hasta la publicación de estos trabajos, el TPACK carecía de una base sólida para la integración de TD en el currículo, evidenciando que el avance tecnológico en la enseñanza no acompañó su evolución.

Métodos y Técnicas de Recolección y Análisis de Datos

Esta sección responde a la pregunta de investigación: ¿Qué enfoques metodológicos son utilizados en los estudios sobre TPACK en la Educación Matemática? Desde el punto de vista metodológico, predomina la opción por diseños cuantitativos (66%), mientras que las investigaciones cualitativas representan el 34%. Los cuestionarios se destacaron en 36 investigaciones, combinados con entrevistas o interacciones formativas. Otros métodos incluyeron entrevistas aisladas (22 estudios), observaciones (11 estudios), análisis de documentos, pruebas, prácticas formativas, actividades experimentales y grabaciones. El enfoque metodológico varió entre métodos estructurados, exploratorios y formativos, reflejando la diversidad de técnicas empleadas.

Predominan los estudios empíricos (62) en relación con los teóricos (32), siendo 13 orientados a la formación inicial, 18 a la formación continua y 2 a ambas. A41 enfatiza que, en Brasil, las iniciativas formativas comenzaron con especializaciones y programas de posgrado antes de ser incorporadas a los currículos de formación inicial, lo que refleja la creciente valorización de la tecnología en la enseñanza. La formación inicial y continua constituye, por lo tanto, el foco de análisis de esta revisión y será profundizada en la siguiente sección.

Formación Docente: Contribuciones e Impactos de las Intervenciones Pedagógicas Basadas en TPACK

Esta sección responde a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las contribuciones y los impactos de las intervenciones pedagógicas basadas en TPACK

en la formación docente? De las 94 publicaciones, 33 abordan la formación inicial y continua —un número considerablemente bajo frente a la relevancia de las acciones formativas para la integración de TD en la enseñanza de las Matemáticas. El primer trabajo de carácter formativo fue publicado en 2011, conforme se presenta en la Tabla 3, y, aunque el volumen de publicaciones ha crecido a lo largo de los años, sigue siendo insuficiente para atender el papel central de los procesos de formación docente. La formación inicial, por sí sola, no satisface las demandas educativas; la escasez de investigaciones sobre formación continua evidencia una laguna que exige profundización e intensificación de los esfuerzos investigativos.

Tabla 3

Cantidad de publicaciones en formación inicial y continua

Ano	2011	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2023
Cant. de Pub.	1	1	1	7	1	4	3	5	6	2	2

Nota. Elaborada por los autores (2025).

La investigación descrita en A14 involucró a 10 profesores en 10 encuentros semanales, totalizando 30 horas, con uso de Moodle para materiales de apoyo y con enfoque en la creación de programas con Scratch integrados al TPACK. Durante los encuentros, los profesores reflexionaron sobre el TPACK y desarrollaron un software para generalizar patrones de secuencias numéricas, integrando TCK y PCK. Aunque el enfoque práctico y colaborativo fue positivo, todavía son necesarias la reflexión continua y la adaptación de métodos pedagógicos y tecnológicos.

A13 y T2 involucraron tanto la formación inicial como la continua, habiendo sido desarrollados en el contexto de la Comunidad de Práctica para la Formación de Profesores de Matemáticas (CoP-FoPMat)⁷. En A13, 12 profesores en ejercicio y 9 futuros profesores participaron en 25 encuentros semanales de 1h40, enfocados en integrar GeoGebra y en la articulación de los conocimientos del TPACK. Los aspectos positivos incluyeron colaboración, aprendizaje mutuo y crecimiento profesional. A13 presentó conocimientos movilizados: clasificación de cuadriláteros, propiedades de los triángulos, cálculo de área y perímetro y estudio de funciones como CK; valorización de la producción de los estudiantes y tareas articuladas como PK; y uso de GeoGebra para la construcción de figuras como TK.

⁷Una comunidad de práctica centrada en la formación de profesores de matemáticas, coordinada por la profesora Dra. Márcia Cristina Costa Trindade Cyrino en la Universidad Estatal de Londrina (UEL).

La investigación relatada en T2 ocurrió con 12 profesores y 9 futuros profesores en 25 encuentros, utilizando GeoGebra. Movilizó CK (Teorema de Pitágoras), PK (gestión del aula y desafíos para los estudiantes), PCK (enseñanza del teorema al integrar contenidos matemáticos), TK (construcción de figuras en GeoGebra), TCK (exploración de propiedades y recursos del software), TPK (estrategias de enseñanza con el software) y TPACK (estrategias eficientes al evidenciar las potencialidades de GeoGebra). El software fue elogiado por facilitar la visualización geométrica y la comprensión de conceptos. Sin embargo, surgieron dificultades como falta de equipos, problemas de horarios, resistencias y ausencia de soporte técnico en el laboratorio.

La Tabla 4 sintetiza la información extraída de D3, D5, D7, D8, T1, T3, T5, T6 y T11, presentando una visión general de las formaciones continuas en contextos de posgrado, descritas en cuanto a organización, participantes, duración, conocimientos del TPACK articulados y principales desafíos.

Tabla 4

Resumen de la formación continua en disertaciones y tesis

Pub.	Foco de la Formación	Participantes/ Duración	Conocimientos Movilizados	TPACK	Principales Desafíos
D3	GeoGebra en dispositivos móviles — funciones	18 profesores / 6 encuentros (4h)	TCK (GeoGebra para explicar contenido)		Resistencia al cambio; falta de infraestructura
D5	GeoGebra en la Educación Media — funciones cuadráticas	6 profesores / 6 encuentros (5h) + actividades a distancia (30h)	CK (forma canónica ⁸); PCK (pertinencia de enseñar el contenido); TCK (conceptos en el <i>software</i>)		Tiempo adicional; construcciones desafiantes en GeoGebra
D7	Planes de aula colaborativos con OA para fracciones — plataforma OBAMA ⁹	3 profesores / encuentros semanales (2 meses)	CK, PK y TK (OA para fracciones, objetivos y estrategias pedagógicas)		Falta de internet; alta carga de trabajo; inseguridad en el CK
D8	Prácticas formativas ancladas en el TPACK — Ciencias y Matemáticas	12 profesores / 5 encuentros presenciales + actividades a distancia (20h)	CK (perímetro, área, fracciones); TPK (<i>software</i> para Ciências e Matemática)		Indisponibilidad de <i>software</i> ; inseguridades en el CK
T1	Figuras geométricas con <i>SketchUp</i> , Regla, Compás y Construfig3D	4 profesores / 18 encuentros presenciales	CK (Geometría); TK y TPK (enseñanza de Geometría con TD); TCK (<i>software</i> para Geometría)		Progreso no lineal; necesidad de formación continua
T3	<i>Tablets</i> nos Anos Iniciais — <i>mentoring</i> como estrategia	9 profesores / 11 encuentros (40h)	CK (Geometría, fracciones, operaciones); TK (<i>tablet</i> e computador)		Adaptación a las necesidades de los estudiantes; gestión del aula
T5	Programación con	10 profesores /	CK (Matemáticas y		Apropiación parcial

⁸ Forma simplificada de representar una ecuación o función.

⁹ Objetos de aprendizaje para matemáticas.

	<i>Scratch</i>	—	2 cursos de	currículo); TK (<i>Scratch</i>); PK	del CK; resistencia a
	construccionismo ¹⁰	de	30h	(estrategias e mediação);	nuevas
	Papert			PCK (material didático)	representaciones
T6	<i>Tablets</i> y GeoGebra	6 profesores /		CK (funciones); TK (<i>tablet</i>	Tiempo insuficiente;
	— funciones	5 encuentros		e <i>software</i>)	falta de apoyo de la
	polinómicas de 1.º	presenciales			gestión; dispersión
	grado				
T11	GeoGebra 3D	—	30 profesores	TK (GeoGebra 3D); CK	Inserción solitaria en
	Poliedros en la	/ 6 encuentros		(Poliedros); PK (nueva	el mercado;
	Educación Media (a	+ actividades a		forma de enseñar	desconfianza de los
	distancia)	distancia (30h)		Geometría)	colegas

Nota. Elaborada por los autores (2025).

Los resultados revelan cómo el TPACK fue desarrollado en las formaciones a partir de la articulación de conocimientos. El CK aparece en D5 (definición de la forma canónica), D8 (perímetro, área, fracciones, números y operaciones) y T1 (geometría). La experiencia con TD se evidencia en D3 (elección de GeoGebra), T1 (reflexiones sobre integración de TD en la enseñanza de geometría) y T5 (Scratch). El PK surge en D7 (qué Objetos de Aprendizaje utilizar) y en T5 (estrategias de aprendizaje y mediación mediante software). La combinación de conocimientos ocurre en D5 (PCK al discutir la pertinencia de enseñar la forma canónica y TCK al aplicar conceptos en el software), en D8 (TPK al utilizar software para Ciencias y Matemáticas) y en T1 (TCK al emplear software para la enseñanza de geometría).

Se observa que, muchas veces, los profesores no explicitaron los conocimientos específicos durante la formación para el desarrollo del TPACK. AE4, AE6, A7, A31 y A32 detallaron estructura y objetivos, pero no describieron cómo ocurrieron los encuentros ni cuáles conocimientos fueron movilizados. Este silencio contrasta con lo que Niess (2005) y Palis (2010) postularon: el desarrollo del Mathematics TPACK es progresivo y no espontáneo, dependiendo de procesos formativos que hagan explícita la articulación entre CK, PK y TK. La ausencia de una base de conocimiento compartida dificulta la continuidad de los avances alcanzados (Hiebert y Morris, 2003) e indica la necesidad de que futuras investigaciones proporcionen evidencias detalladas acerca de estos conocimientos.

Entre los puntos positivos, se destacan el interés y compromiso de los profesores (D3, D5, T3), el desarrollo de conocimientos y habilidades (D7, D8, T1, T4), la colaboración (D7, T4, T11), la autonomía y motivación (D8, T3, T6) y la experiencia con TD (T4, T5, T6). Como puntos negativos, sobresalen los problemas técnicos y la falta de infraestructura (AE05, D3, D7, D8, T4), así como la escasez de tiempo aliada a la elevada carga de trabajo (D3, D7, T6, T8, T9). También se

¹⁰ El constructivismo es una teoría propuesta por Seymour Papert, basada en el constructivismo piagetiano, según la cual el aprendizaje se produce cuando el estudiante construye algo concreto y compartible, aprendiendo a través de la acción y la creación (Papert, 1994).

registraron dificultades en la integración de las TD (D5, D8, T5, T6), resistencia al cambio (A51, D3, T5) y ausencia de formación longitudinal o apoyo continuo (T1, T11).

En A36, los profesores no tuvieron oportunidades de implementar clases con TD en contextos reales, y en T12 hubo dificultad en la planificación de clases con tecnología, lo que demanda una planificación más detallada. En A12, los profesores demuestran conocimiento de CK y TK, pero enfrentan dificultades al integrar el PK, principalmente en tareas que combinan todos los conocimientos. Los resultados refuerzan la importancia de la formación continua para suplir estas lagunas.

La integración de TD en las clases de Matemáticas frecuentemente encuentra resistencia por parte de los profesores, la cual no puede atribuirse a un único factor. Entre las barreras externas se destacan las limitaciones de tiempo, la falta de apoyo institucional y la precariedad de la infraestructura escolar —factores que, al acumularse, tienden a reforzar posturas resistentes. Como barreras internas figuran las creencias consolidadas sobre la enseñanza con TD y el temor a fallas técnicas, las cuales, según Bueno et al. (2023), mantienen a muchos profesores en una fase inicial de aceptación, sin avanzar hacia una integración pedagógica intencional y contextualizada.

Tecnologías Digitales Experimentadas en el Mathematics TPACK

Esta sección responde a la pregunta de investigación: ¿Qué TD están siendo experimentadas en los estudios de Mathematics TPACK y cómo están siendo experimentadas? Entre las publicaciones del corpus, que abarcan trabajos de Educación Matemática y áreas afines, se identificaron diversas TD distribuidas en tres categorías. Entre los softwares, se destacan GeoGebra, The Geometer's Sketchpad, Winplot, Scratch, Graphmatica, Desmos, Derivative Calculator, PhotoMath, Mathway, Cabri-Géomètre, entre otros. Como plataformas digitales, figuran Moodle, Google Classroom, Google Drive, Kahoot!, WebLEM, Plataforma Obama y Open Roberta. Entre las aplicaciones y recursos digitales se citan tabletas, la pizarra interactiva IWB, calculadoras gráficas, Microsoft PowerPoint, Canvas, Poli, Python, MATLAB, Scratch, Raptor y TinkerPlots.

Esta variedad de TD fue citada por los autores de los estudios analizados en contextos de enseñanza y de formación inicial y continua de profesores que enseñan Matemáticas. Su mención indica familiaridad con estas tecnologías, pero no necesariamente implica haberlas experimentado en el aula de manera intencional y articulada con el contenido matemático. GeoGebra se destaca como el software

predominante, citado en 62 publicaciones. Algunas investigaciones solo lo mencionan como recurso complementario para la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas, mientras que otras exploran aplicaciones específicas y evidencian su utilización.

De las 31 publicaciones sobre formación inicial y continua que integraron TD, GeoGebra fue la tecnología predominante, empleada en contenidos como Geometría (A31, A32), figuras geométricas (A13, A24), Álgebra Lineal (AE6), funciones cuadráticas (D5), fracciones (D7), funciones polinomiales (T6) y poliedros (T11). Otras TD también fueron exploradas: tabletas (T3, T6), Open Roberta (A50, A51), PhET Colorado (D8), OBAMA (D7), Moodle (T9), SketchUp, regla, compás y Construfig3D (T1), Poli (A32), Winplot y Excel (T4, T9), y Grapher (T6). T5 y A15 desarrollaron actividades prácticas de programación con Scratch.

Los contenidos del corpus fueron organizados conforme a las cinco unidades temáticas de la Base Nacional Comum Curricular (BNCC, Brasil, 2018), presentadas en la Tabla 5. Geometría y Álgebra se destacan por su aplicabilidad, principalmente debido al uso recurrente de GeoGebra; los demás contenidos aparecen en conversaciones entre profesores, planes de clase o discusiones teóricas, sin indicar necesariamente su aplicación en el aula.

Tabla 5

Contenidos matemáticos según las unidades temáticas de la BNCC

Unidad Temática	Contenido Matemático
Números	- Fracciones (D7)
Álgebra	- Media, moda y mediana (T13)
	- Construcción y análisis de funciones matemáticas (D3)
	- Identificación de raíces, puntos máximos y mínimos en gráficos (D3)
	- Funciones cuadráticas (D5, T8, T10, T12)
	- Funciones de 1.º grado (D9, T10, T12)
	- Funciones polinómicas de 1.º grado (T6)
	- Funciones trigonométricas (D9)
	- Matrices y determinantes (T7)
Geometría	- Construcción y manipulación de figuras geométricas (T1, T2)
	- Teorema de Pitágoras (T2)
	- Construcción de sólidos geométricos (T3)
	- Geometría plana (T7)
	- Perímetro y área (D8, T17)
	- Diagonales de polígonos (D9)
	- Ángulos y sus medidas, construcción geométrica, estudio de los arcos (T16)
	- Propiedades geométricas de círculos y triángulos (T2)
	- Representaciones matemáticas algebraica, numérica y geométrica (T9)
Magnitudes y Medidas	- Relación entre grados y radianes (T9)
Probabilidad y Estadística	- Medida de longitudes y áreas en un polígono (T12)
	- Probabilidad (D4, T7)

Nota. Elaborada por los autores (2025).

Además de los contenidos matemáticos, las publicaciones A15, A47, A50, A51, D4 y T5 abordan temas como Robótica, programación con Scratch y Educación Financiera y Fiscal. Por ejemplo, en D4, el foco está en el desarrollo de un producto educativo sobre Robótica, con actividades también relacionadas con la probabilidad.

AE5 realizó 36 proyectos utilizando Applet, GeoGebra, Superlogo, Logo, Draw Function y Microsoft Excel para abordar contenidos matemáticos en la Educación Primaria y Secundaria. A32 utilizó Poli, GeoGebra y juegos didácticos, siguiendo el modelo f@r¹¹. La formación enfatizó la colaboración y el ambiente de discusión.

A50 y A51 utilizaron la plataforma Open Roberta para desarrollar conocimientos en Robótica y Matemáticas, basados en el Conocimiento de Robótica y Pedagógico de Matemáticas (RPAMK)¹², enseñando programación en bloques y construyendo figuras geométricas. Las contribuciones incluyeron conocimientos en robótica, estrategias pedagógicas, colaboración en equipo y accesibilidad de la plataforma. En A51, los participantes realizaron tareas específicas como la construcción de triángulos equiláteros y pentágonos mediante programación, aplicando conceptos de ángulos internos y externos.

A15 se centró en Scratch para desarrollar contenidos matemáticos al abordar Geometría y Trigonometría (movimiento en el plano cartesiano y construcción de figuras), Álgebra (patrones y secuencias numéricas), Aritmética (operaciones matemáticas) y Lógica (operadores lógicos y comparaciones en la resolución de situaciones-problema).

La tesis T5 exploró la integración de la programación en la enseñanza de las Matemáticas al utilizar Scratch para desarrollar conceptos matemáticos. Aborda Geometría (construcción de figuras geométricas, visualización de ángulos y áreas), Aritmética (operaciones básicas y fracciones) y Álgebra (manipulación de expresiones algebraicas y patrones numéricos).

Se mencionaron diversas tecnologías y contenidos matemáticos, lo que evidencia la diversidad de TD abordadas en el corpus. Sin embargo, la variedad de menciones no implica necesariamente una integración pedagógica intencional. Harris, Mishra y Koehler (2009) advierten que muchos enfoques formativos todavía se restringen a la exposición técnica a las TD, siendo insuficientes, porque aprender

¹¹ Se trata de un programa de formación estructurado en cinco etapas: visión, planificación, práctica, interacción y reflexión.

¹² RPAMK (*Robotics and Pedagogical Awareness of Mathematics Knowledge*) es un enfoque que articula el conocimiento pedagógico, el conocimiento matemático y el conocimiento sobre robótica educativa para la formación de docentes de matemáticas.

sobre tecnología no equivale a experimentarla de manera contextual, pedagógica y crítica.

En esta dirección, Palis (2010) argumenta que integrar TD en la enseñanza de las Matemáticas no corresponde a la simple yuxtaposición de recursos digitales a una práctica ya establecida, sino que implica su participación en el desarrollo conceptual y procedimental, en la resolución de problemas y en la evaluación —lo que el Mathematics TPACK traduce en cinco niveles progresivos de pensamiento y comprensión docente.

Para superar estas limitaciones, especialmente la dependencia de GeoGebra y la escasez de formaciones que articulen el contenido matemático y las TD de manera contextualizada, la Modelación Matemática (MM) integrada a las TD emerge como una posibilidad fundamentada. Esta articulación no es arbitraria: la MM moviliza el CK al interpretar situaciones reales, el TK al seleccionar las TD más adecuadas para cada contexto y el PK al organizar las estrategias de enseñanza —lo que constituye, en esencia, el movimiento de construcción del TPACK propuesto por Punya Mishra y Matthew J. Koehler (2006) y especificado para la Educación Matemática por Palis (2010). Así, la MM no solo diversifica el repertorio de enfoques más allá de GeoGebra, sino que ofrece un camino metodológico para que los profesores experimenten la integración intencional entre contenido matemático, pedagogía y TD.

CL1 aborda la MM desde diferentes perspectivas (realista, contextual, educativa, crítica, epistemológica y cognitiva), lo que resalta el valor de integrar TD en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la MM y explorar conceptos matemáticos a partir de situaciones-problema reales. Se enfatiza la necesidad de una formación docente que no solo incorpore estas tecnologías, sino que también articule la MM y favorezca la práctica en contextos reales. Estos autores proponen un sistema teórico-metodológico que combina el Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemática (EOS)¹³ y el TPACK para apoyar la práctica pedagógica.

La investigación descrita en A47 explora la integración de la MM con el TPACK en la Educación Financiera y Fiscal, abordando la construcción de competencias previstas en la Base Nacional Común Curricular (BNCC). Los autores proponen un enfoque teórico-metodológico que combina la Teoría Antropológica de

¹³ El EOS se ha estructurado desde principios de la década de 1990, con Juan D. Godino como mentor. Este modelo busca enfoques teóricos que consideren supuestos del pragmatismo, la antropología y la semiótica para comprender ciertos aspectos de los objetos matemáticos, su enseñanza y su aprendizaje (Almeida; Silva, 2018).

lo Didáctico (TAD)¹⁴ con el TPACK, aplicando modelos praxeológicos para analizar situaciones reales de recaudación y gasto público. La aplicación involucra la resolución de situaciones-problema relacionadas con el cálculo del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF), abarcando contenidos de Aritmética (cálculos de ingresos y deducciones) y Álgebra (fórmulas para el cálculo de impuestos), y enfatiza la relevancia de la formación docente en el contexto de las reformas curriculares.

En T18, la MM es mencionada como una tendencia emergente, sin enfoque en la práctica. En D6, se aborda de manera implícita en la articulación de conocimientos. Ya en T9, se explora cómo las tecnologías pueden auxiliar a los profesores en la creación de representaciones de situaciones dentro de la práctica pedagógica.

Los enfoques destacan la formación continua de profesores de Matemáticas con énfasis en vivenciar la MM integrada a las TD, contemplando tanto las tecnologías ya disponibles como aquellas que los profesores todavía necesitan conocer. La MM es comprendida como parte del PK, favoreciendo la comprensión y la articulación de conceptos matemáticos en situaciones reales. Su integración con las TD busca construir el Mathematics TPACK de forma práctica y contextualizada, alineada con las orientaciones curriculares internacionales y respaldada por investigaciones de casi dos décadas.

Consideraciones Finales

El estudio utilizó la Revisión Sistemática de Literatura (RSL) para analizar 94 investigaciones publicadas en contextos nacionales e internacionales, basadas en cinco preguntas principales. Los resultados mostraron un crecimiento gradual de las menciones al TPACK, especialmente en Educación, a partir de 2009. La distribución geográfica destacó a Brasil, con 53 publicaciones, seguido de otros países, evidenciando una preocupación global por la integración del TPACK en la Educación Matemática en diversos enfoques y contextos.

La mayor parte de los textos analizados recurrió al Diagrama de Venn para discutir la articulación de los conocimientos, ya sea de forma aislada, en pares o de manera integrada en la práctica educativa. Este movimiento indica una apropiación

¹⁴ La Teoría de la Didáctica (TDI), desarrollada por Yves Chevallard (1998), busca analizar cómo organizar un objeto de estudio matemático y lograr su efectividad en el aula (Santos; Menezes, 2015, p. 649). Los modelos praxeológicos son estructuras analíticas de esta teoría que se utilizan para comprender y describir las prácticas matemáticas en contextos educativos (Souza; Silva; Nunes, 2024).

predominantemente ilustrativa del modelo, ya que, aunque el diagrama fue ampliamente citado, rara vez estuvo acompañado de una explicación de cómo los conocimientos se articulaban en los procesos formativos. Se observa, así, que pocos estudios realmente avanzan en la operacionalización empírica del TPACK, permaneciendo, en gran medida, en la descripción de los componentes del modelo, sin profundizar el análisis de cómo estos conocimientos se constituyen en la práctica pedagógica.

Los estudios utilizaron una variedad de términos para referirse a la integración de las TD en las prácticas pedagógicas. El término “experimentar” enfatizaba no solo la adquisición de conocimiento sobre las tecnologías, sino también la importancia de vivenciarlas en la enseñanza de las Matemáticas. La variación terminológica reflejó diferentes enfoques sobre el uso de las tecnologías, aunque algunos términos se encuentren actualmente desactualizados.

Los hallazgos revelan un campo en expansión, con un crecimiento expresivo de las publicaciones a partir de 2014 y presencia global, especialmente en Brasil. Las formaciones analizadas, en su mayoría empíricas y cualitativas, evidenciaron avances en el desarrollo del TPACK, como el perfeccionamiento del conocimiento matemático, la colaboración entre pares y una mayor seguridad en el uso de TD. Sin embargo, persistieron desafíos estructurales como infraestructura precaria, elevada carga de trabajo y resistencia al cambio, además de vacíos formativos, ya que solo 18 publicaciones se centraron en la formación continua y pocos estudios detallaron los conocimientos efectivamente movilizados, lo que limitó la replicabilidad de las prácticas.

La revisión evidenció una diversidad de TD mencionadas en los estudios, destacándose GeoGebra, presente en 62 de las 94 publicaciones analizadas. Esta concentración en torno a una única TD permite identificar un movimiento recurrente en el campo: las investigaciones sobre TPACK en la Educación Matemática indican una centralidad en GeoGebra, lo que puede interpretarse tanto como un reconocimiento de sus potencialidades para la enseñanza de las Matemáticas como una limitación en la exploración de otras tecnologías digitales para este fin. En este contexto, se señala la pertinencia de estudios que amplíen el repertorio tecnológico, considerando la variedad de TD actualmente disponibles para la enseñanza de las Matemáticas.

A pesar de casi dos décadas de investigaciones sobre el TPACK, aún son necesarios estudios progresivos y longitudinales para fundamentar y reestructurar futuras formaciones, tanto iniciales como continuas. Aunque muchas tecnologías son

conocidas por los profesores, su integración en las prácticas pedagógicas sigue limitada por factores como falta de conocimiento específico, desmotivación, resistencia al cambio, falta de tiempo, restricciones de acceso, precariedad de infraestructura y ausencia de apoyo institucional. Aunque el corpus presenta propuestas relevantes, incluyendo proyectos, comunidades de práctica, MM, el modelo f@r, Robótica y Educación Financiera, pocas fueron implementadas en formaciones continuas. Se recomienda que futuras investigaciones describan detalladamente los conocimientos movilizados en cada etapa formativa y evalúen qué enfoques producen resultados distintos según el contexto, facilitando la adaptación y replicación de las prácticas.

Referencias

- Almeida, L. M. W., & Silva, K. A. P. (2018). Enfoques semióticos en educación matemática. *Bolema*, 32(61), 696–726. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n61a02>
- AMTE – Association of Mathematics Teacher Educators. (2009). *Mathematics TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) Framework*. <https://citejournal.org/wp-content/uploads/2016/04/v9i1mathematics1.pdf>
- Bondía, J. L. (2002). Notas sobre la experiencia y el saber de experiencia. *Revista Brasileira de Educação*, (19), 20–28. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782002000100003>
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Común Curricular*. MEC. http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf
- Bittar, M. (2010). La elección del software educativo y la propuesta didáctica del profesor: estudio de algunos ejemplos en matemáticas. En W. Beline & N. M. L. Costa (Eds.), *Educación matemática, tecnología y formación de profesores: algunas reflexiones* (pp. 215–243). Editora da Fecilcam.
- Bueno, R. W. da S., Viali, L., Bartho, J., & Bueno, S. W. (2023). Tecnologías digitales en la docencia contemporánea a la luz del TPACK. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 13(1), 1–17. <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/6443>
- Costa, A. B., & Zoltowski, A. P. C. (2014). Cómo escribir un artículo de revisión sistemática. En S. H. Koller, M. C. P. de P. Couto & J. V. Hohendorff (Eds.), *Manual de producción científica* (pp. 55–70). Penso.
- Costa, N. M. L., & Prado, M. E. B. B. (2015). La integración de las tecnologías digitales en la enseñanza de las matemáticas: un desafío constante en el cotidiano escolar del profesor. *Perspectivas da Educação Matemática*, 8(16), 99–120. <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1392>

- Cunha, M. F. (2018). *Tecnologías digitales en carreras de licenciatura en Matemáticas de una universidad pública paulista* [Tesis doctoral, Universidade Estadual Paulista].
- Freire, P. (1996). *Pedagogía de la autonomía: saberes necesarios para la práctica educativa*. Paz e Terra.
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. J. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393–416. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ844273.pdf>
- Hiebert, J., & Morris, A. K. (2003). Learning to learn to teach: An "experiment" model for teaching and teacher preparation in mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 6, 201–222.
- ISTE – International Society for Technology in Education. (2023). *About ISTE*. <https://iste.org/about>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Morandi, M. I. W. M., & Camargo, L. F. R. (2015). Revisión sistemática de la literatura. En A. Dresch, D. P. de Lacerda & J. A. V. Antunes Junior (Eds.), *Design science research: método y pesquisa para el avance de la ciencia y de la tecnología* (pp. 141–175). Bookman.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2014). *Principles to actions: ensuring mathematical success for all*. NCTM.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509–523.
- Niess, M. L. (2012). Teacher knowledge for teaching with technology: A TPACK lens. En R. N. Ronau, C. R. Rakes & M. L. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches* (pp. 1–15). IGI Global.
- Paiva, S. M. de, Teixeira, F. S., Javaroni, S. L., Gracias, T. A. S., & Carmo, J. V. G. dos. (2023). Exploración matemática con calculadoras gráficas: una mirada a las investigaciones desarrolladas por el GPIMEM. En M. C. Borba, J. F. Xavier & T. A. Schünemann (Eds.), *Educación Matemática: múltiples visiones sobre tecnologías digitales* (pp. 189–200). Livraria da Física.
- Palis, G. L. R. (2010). El conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido del profesor de Matemáticas. *Educação Matemática Pesquisa*, 12(3), 432–451. <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/4288>
- Papert, S. (1994). *La máquina de los niños: repensar la escuela en la era de la informática*. Artes Médicas.

- Ramos, A., Faria, P. M., & Faria, Á. (2014). Revisión sistemática de literatura: contribución para la innovación en la investigación en ciencias de la educación. *Revista Diálogo Educacional*, 14(41), 17–36. <https://periodicos.pucpr.br/dialogoeducacional/article/view/2269>
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations* (4.^a ed.). Free Press.
- Rother, E. T. (2007). Revisión sistemática x revisión narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, 20(2), v–vi. <https://www.scielo.br/j/ape/a/z7zZ4Z4GwYV6FR7S9FHTByr/>
- Santos, M. C., & Menezes, M. B. (2015). La Teoría Antropológica de lo Didáctico: una relectura sobre la teoría. *Perspectivas da Educação Matemática*, 8(18), 513–529. <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1456>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://www.wcu.edu/webfiles/pdfs/shulman.pdf>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22. <https://people.ucsc.edu/~ktellez/shulman.pdf>
- Souza, G. M. B. de, Silva, J. de R., & Nunes, J. M. V. (2024). Modelo praxeológico alternativo para la identificación de números primos. *Educação Matemática Pesquisa*, 26(1), 8–58. <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/61931>

Referencias utilizadas en el corpus de la RSL

- [A31] Abdul Halim, A., Za'ba, N., & Ismail, Z. (2020). Preparing pre-service teachers to teach mathematics with GeoGebra. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5A), 29–33. <https://www.hrpub.org/download/20200430/UJERA4-19591226.pdf>
- [T16] Abreu, S. M. C. (2022). *La integración de las tecnologías digitales en la práctica pedagógica del profesor de Matemáticas* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Campinas].
- [A5] Agyei, D. D., & Voogt, J. (2012). Developing technological pedagogical content knowledge in pre-service mathematics teachers through collaborative design. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(4), 547–564. <https://ajet.org.au/index.php/AJET/article/view/827/124>
- [T3] Alcântara, L. A. G. (2015). *La trayectoria de desarrollo del profesor en la utilización de tecnologías en las clases de Matemáticas en un contexto de formación continua* [Tesis doctoral, Centro Universitário UNIVATES].
- [D4] Alexandrino, T. M. (2017). *Una discusión sobre robótica educativa en el contexto del modelo TPACK para profesores que enseñan matemáticas* [Trabajo de maestría, Universidade do Estado de Santa Catarina].

- [A17] Alizadeh-Jamal, M., Shahvarani, A., Iranmanesh, A., & Tehranian, A. (2018). A study on the changes in teachers' knowledge and beliefs after a mathematics education software-based workshop, based on fuzzy analysis. *PNA*, 13(1), 19–40.
<https://revistaseug.ugr.es/index.php/pna/article/view/pna.v13i1.6593/6971>
- [T7] Araújo, C. (2015). *Identificando el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido de profesores de matemáticas en formación al utilizar recursos multimedia* [Tesis doctoral, Universidade Estadual da Paraíba].
- [T12] Araújo Filho, R. M. (2019). *Formación inicial del profesor de matemáticas: una mirada hacia la integración de recursos digitales en situaciones de colaboración a la luz del TPACK* [Tesis doctoral, Universidade Federal de Pernambuco].
- [A27] Bakar, N. S. A., Maat, S. M., & Rosli, R. (2019). Assessment of mathematics teachers' TPACK scale using Rasch model analysis. *Religação*, 4(18), 30–36. <https://revista.religacion.com/index.php/religacion/article/view/350>
- [A35] Bakar, N. S. A., Maat, S. M., & Rosli, R. (2020). Mathematics teachers' self-efficacy in technology integration and TPACK. *Revista de Educação Matemática*, 11(2), 259–276.
- [T2] Baldini, L. A. F. (2014). *Elementos de una comunidad de práctica que permiten el desarrollo profesional de profesores y futuros profesores de matemáticas en la utilización del software GeoGebra* [Tesis doctoral, Universidade Estadual de Londrina].
- [A18] Basniak, M. I., & Estevam, E. J. G. (2018). Conocimiento tecnológico y pedagógico de matemáticas revelado por profesores al relatar sus prácticas. *Amazônia*, 14(31), 3–21.
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/5793>
- [AE1] Belfiori, L. V. (2014, noviembre). *Utilización del marco TPACK por alumnos de una facultad de enseñanza matemática*. XIV Conferencia Interamericana de Educación Matemática, Chiapas, México.
- [D8] Bianchini, R. (2020). *Formación continua para el uso de tecnologías digitales en la enseñanza de ciencias y matemáticas de los años iniciales: posibilidad(es) de desarrollo profesional* [Trabajo de maestría, Centro Universitário UNIVATES].
- [A8] Bittar, M. (2015). Una propuesta para el estudio de la integración de la tecnología en la práctica pedagógica de profesores de matemáticas. *EM TEIA*, 6(3), 1–20. [suspicious link removed]
- [A4] Bowers, J. S., & Stephens, B. (2011). Using technology to explore mathematical relationships: A framework for guiding mathematics courses for pre-service teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 14(4), 285–304.
- [A48] Bretscher, N. (2023). Conceptualizando el TPACK en la educación matemática: estrategias de los profesores para capitalizar las transiciones dentro y más allá del software de geometría dinámica. *Experiências Digitais em Educação Matemática*, 9(1), 232–254.

- [D1] Bueno, N. L. (1999). *El desafío de la formación del educador para la Enseñanza Fundamental en el contexto de la Educación Tecnológica* [Trabajo de maestría, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná].
- [A44] Bueno, R. W. S., Ballejo, C. C., & Borges, T. D. B. (2022). El TPACK en la formación de profesores de Matemáticas: un estado del conocimiento. *Educação Matemática em Revista – RS*, 1(23), 59–70. <https://www.sbembrasil.org.br/periodicos/index.php/EMR-RS/article/view/3077/2111>
- [A50] Carneiro, H. G. S., & Souza Junior, A. J. (2023a). Conocimiento de robótica y matemáticas en la formación inicial de profesores de matemáticas. *SciELO Preprints*. <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/6701/12707>
- [A51] Carneiro, H. G. S., & Souza Júnior, A. J. (2023b). El conocimiento de robótica y de matemáticas en la formación inicial de profesores en la práctica supervisada. *Educação Matemática Debate*, 7(13), 1–23. <http://educa.fcc.org.br/pdf/emd/v7n13/2526-6136-emd-7-13-1t.pdf>
- [T8] Cibotto, R. A. G. (2015). *El uso pedagógico de las tecnologías de la información y la comunicación en la formación de profesores: una experiencia en la licenciatura en matemáticas* [Tesis doctoral, Universidade Federal de São Carlos].
- [D6] Colling, J. (2017). *Perspectivas de articulación de los conocimientos pedagógicos, tecnológicos y del contenido en la formación inicial de profesores de matemáticas* [Trabajo de maestría, Universidade Federal da Fronteira Sul].
- [A26] Colling, J., & Richit, A. (2019). Conocimientos pedagógico, tecnológico y del contenido en la formación inicial del profesor de matemáticas. *Educação Matemática Pesquisa*, 21(2), 394–421. <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/42562/pdf>
- [A30] Colling, J., & Richit, A. (2020). Aspectos transversales de la articulación de los conocimientos profesionales en la formación inicial de profesores de matemáticas. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, 13(1), 17–25. <https://jjeem.pgsscogna.com.br/jjeem/article/view/6900/5465>
- [A38] Costa, N. M. L. (2021). Formación de profesores de Matemáticas y los conocimientos necesarios para la docencia con tecnologías digitales. *Revista Internacional de Educação em Matemática*, 1(2), 1–20.
- [AE2] Costa Neto, C. D., Giraldo, V. A., & Rangel, L. (2015, julio). *La formación inicial de profesores de matemáticas en la UFRJ y la incorporación de las tecnologías digitales en el sentido del TPACK*. XIV Conferencia Interamericana de Educación Matemática, Tuxtla Gutiérrez, México.
- [A13] Cyrino, M. C. C T., & Baldini, L. A. F. (2017). Acciones de la formadora y la dinámica de una comunidad de práctica en la constitución/movilización del TPACK. *Educação Matemática Pesquisa*, 19(1), 25–48. <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/28183/pdf>

- [AE7] Davis, J. D. (2020). The effects of a technology course with collaborative design on the knowledge and beliefs of pre-service teachers. En A. I. Sacristán, J. C. Cortés-Zavala & P. M. Ruiz-Arias (Eds.), *Mathematics Education among Cultures: Proceedings of the 42nd Annual Meeting of the PMENA* (pp. 2165–2169). Cinvestav.
- [A20] Durusoy, O., & Karamete, A. (2018). The effect of the instructional material design process on the TPACK of mathematics teacher candidates. *European Journal of Education Studies*, 4(5), 1–19.
<https://www.oapub.org/edu/index.php/ejes/article/view/1577>
- [A2] Erdogan, A., & Sahin, I. (2010). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) and performance levels of mathematics teacher candidates. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2707–2711.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.400>
- [T4] Esquincalha, A. C. (2015). *Conocimientos revelados por tutores en un curso de formación continua para profesores de Matemáticas en la modalidad a distancia* [Tesis doctoral, Pontificia Universidade Católica de São Paulo].
- [A32] Farias, F. D., Tinti, D. S., & Manrique, A. L. (2020). Modelo f@r: reflexión conjunta realizada por profesores que enseñan matemáticas tras un proceso de formación con tecnologías. *Revista Paradigma*, 41, 465–483.
<https://revistaparadigma.com.br/index.php/paradigma/article/view/805/798>
- [A40] Gonzales, G., & Gonzales, R. (2021). Presentando el IWB para profesores de matemáticas en formación inicial: una evaluación usando la estructura TPACK. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16(2), 436–450. <https://un-pub.eu/ojs/index.php/cjes/article/view/5619>
- [T13] Gutiérrez-Fallas, L. F. (2019). *El conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (TPACK) en la formación inicial de profesores de matemáticas del 3.º ciclo de la enseñanza básica y de la enseñanza secundaria* [Tesis doctoral, Universidade de Lisboa].
- [AE3] Gutiérrez-Fallas, L. F., & Henriques, A. (2018, noviembre). *El TPACK de futuros profesores en la adaptación de tareas matemáticas*. V Congreso Internacional TIC y Educación, Lisboa, Portugal.
- [A29] Gutiérrez-Fallas, L. F., & Henriques, A. (2020). El TPACK de futuros profesores de matemáticas en una experiencia de formación. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 23(2), 175–202.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v23n2/2007-6819-relime-23-02-175.pdf>
- [A36] Gutiérrez-Fallas, L. F., & Henriques, A. (2021). Principios de diseño de una experiencia basada en el TPACK en la formación inicial de profesores de Matemáticas. *Zetetiké*, 29, 1–21.
<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/zetetike/article/view/8661780/26797>
- [A56] Hamidy, A., & Wibowo, A. (2023). The relationship between mathematics teachers' TPACK and students' mathematical resilience. *Didaktik Matematika*, 10(2), 205–218.
<https://jurnal.usk.ac.id/DM/article/view/33346/19352>

- [A25] Hernawati, J. K. (2019). Mobile learning in mathematics with TPACK framework. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(2), 1–8.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1321/2/022126/pdf>
- [A54] Juandi, D., Adnan, M., Muhaimin, L. H., Kuncoro, K. S., Sahara, S., Hendriyanto, A., Sujadi, I., & Kholid, M. N. (2023). Pedagogical content knowledge (TPACK) in mathematics education: Future challenges for educational practice and research. *Cogent Education*, 10(2), 1–21.
- [A21] Karakus, F. (2018). An examination of technological-pedagogical content knowledge of pre-service teachers. *IUMPST: The Journal*, 3, 1–13.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1199683.pdf>
- [A22] Kim, S. (2018). Technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) and beliefs of preservice secondary mathematics teachers: Examining the relationships. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(10), 1–24.
- [A57] Kittivarakul, V., Phiasai, K., Hajilah, S., Chandrarajoon, A., & Chaladkarn, T. (2023). The effect of teaching technology knowledge on the TPACK of pre-service mathematics teachers. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 14(1), 94–109.
- [T18] Kleemann, R. (2024). *Confecionando el sombrero: las tecnologías digitales y el desarrollo profesional docente en el contexto de las formaciones inicial y continua de profesores de matemáticas* [Tesis doctoral, Universidade Federal do Rio Grande].
- [D2] Lima, M. A. S. (2013). *Tecnologías en la enseñanza de las matemáticas y en la formación de los profesores del municipio de Guarulhos (SP)* [Trabajo de maestría, Universidade Bandeirante Anhanguera].
- [D7] Lima, R. R. M. (2019). *La colaboración entre profesores de sala de clase y de laboratorio de informática para la producción de planes de clases con integración de tecnologías digitales en la enseñanza de las matemáticas* [Trabajo de maestría, Universidade Federal do Rio Grande do Norte].
- [A37] Maldonado, S. A. A., & Solís, M. F. R. (2021). Modelo TPACK y metodología activa, aplicaciones en el área de la matemática: un enfoque teórico. *Revista Científica de UISRAEL*, 8(1), 49–64.
<https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/rcui/article/view/394/338>
- [A39] Marbán, J. M., & Sintema, E. J. (2021). TPACK and pre-service teachers' attitudes towards ICT integration in mathematics. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 28(1), 37–46.
<https://eric.ed.gov/?id=EJ1301715>
- [A10] Martínez-Hernández, C., & Aké, L. P. (2016). El uso de la tecnología en la formación de profesores de matemáticas: un análisis a partir del TPCK y del MKT. *Revista Eletrônica AMIUTEM*, 4(2), 1–11.
<https://www.researchgate.net/publication/320335910>
- [A28] Mastroianni, M. T. M. R., & Oliveira, G. P. (2020). La inserción de la tecnología en las clases de matemáticas y su proceso evaluativo: un estudio preliminar

sobre las percepciones de profesores polivalentes. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, 15(1), 1–22.
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2020.e59118/42694>

- [A46] Meza, D. L. M., Duarte, S. V., & Conde-Carmona, R. J. (2022). Conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (TPACK) y creencias sobre TIC de profesores de matemáticas en formación inicial. *Hamut'ay*, 9(1), 12–22.
<https://www.researchgate.net/publication/360961812>
- [A24] Morales-López, Y. (2019). Geometría, enseñanza y uso de la tecnología: conocimiento evidenciado por profesores de matemáticas al realizar una tarea involucrando esos elementos. *Acta Scientiae*, 21(2), 75–92.
<https://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/5081/pdf>
- [A42] Morales-López, Y., Chacón-Camacho, Y., & Vargas-Delgado, W. (2021). TPACK de futuros profesores de matemáticas en etapa inicial de entrenamiento. *Mathematics*, 9(1741), 1–18. <https://www.mdpi.com/2227-7390/9/15/1741>
- [AE5] Morelatti, M. R. M., & Fujita, O. M. (2018, noviembre). *El desarrollo del TPACK por el futuro profesor de matemáticas: análisis de una experiencia de formación*. XII Congreso Nacional de Educación, São Paulo, Brasil.
- [A34] Nantschev, R., Feuerstein, E., Petridis, K., Trujillo González, R., García Alonso, I., Hackl, W. O., & Ammenwerth, E. (2020). Teaching approaches and educational technologies in higher education mathematics instruction. *Education Sciences*, 10(354), 1–12. <https://www.mdpi.com/2227-7102/10/12/354>
- [A1] Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper, S. R., Johnston, C., Browning, C., Özgün-Koca, A., & Kersaint, G. (2009). Standards and model for developing mathematics teachers' TPACK. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 4–24.
<https://citejournal.org/wp-content/uploads/2016/04/v9i1mathematics1.pdf>
- [AE4] Niess, M. L., & Roschelle, J. (2018, octubre). Transforming teachers' knowledge for teaching mathematics with technologies through online knowledge building communities. *40th Annual Meeting of the PMENA* (pp. 44–51), Greenville, SC, Estados Unidos.
- [A33] Nonato, K. J., & Lobo da Costa, N. M. (2020). Licenciatura actual en matemáticas: la urgencia de la enseñanza con tecnologías digitales de información y comunicación. *Revista Paradigma*, 41(2), 633–667.
<https://revistaparadigma.com.br/index.php/paradigma/article/view/930/866>
- [T10] Nunes, H. F. (2018). *El modelo TPACK para la inserción de tecnologías en clases de matemáticas e investigaciones sobre el tema en Brasil* [Tesis doctoral, Instituto Federal do Rio de Janeiro].
- [A14] Oliveira, H., Henriques, A., & Gutiérrez-Fallas, L. F. (2018). La integración de la tecnología en la planificación de clases en la perspectiva de la enseñanza exploratoria: un estudio con futuros profesores de matemáticas. *Perspectiva*, 36(2), 421–446.

- [D5] Oliveira, W. A. (2017). *Tecnologías digitales en la formación continua: situaciones de enseñanza articulando geometría y funciones* [Trabajo de maestría, Universidade Anhanguera de São Paulo].
- [A12] Oller-Marcén, A. M., & Arnal-Bailera, A. (2017). Estudio exploratorio e implicaciones: formación de profesores y prueba matemática. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 31(57), 135–157. <https://www.scielo.br/j/bolema/a/gFxPCPCpG9dxYHffV8TyQZk/?format=pdf&lang=es>
- [T6] Padilha, W. R. (2015). *Apropiación de las tecnologías digitales móviles para explorar funciones polinómicas de 1.º grado* [Tesis doctoral, Universidade Anhanguera de São Paulo].
- [A3] Palis, G. L. R. (2010). El conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido del profesor de Matemáticas. *Educação Matemática Pesquisa*, 12(3), 432–451. <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/4288/3695>
- [A49] Pelizzaro, T. E. M., Silva, J. R. P. L., & Richit, A. (2022). La enseñanza de Matemáticas en la red municipal de Concórdia/SC en el contexto de la pandemia: perspectivas para la formación de profesores a partir del TPACK. *CONTRAPONTO: Revista de Educação, Ensino e Aprendizagem*, 3(4), 88–113. <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/contraponto/article/view/2756/2323>
- [D3] Porto, F. R. (2016). *Formación continua del profesor de matemáticas para el uso de GeoGebra en dispositivos móviles* [Trabajo de maestría, Universidade Anhanguera de São Paulo].
- [A7] Powell, A. B. (2014). Construcción colaborativa del conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido de profesores de matemáticas. *Boletim GEPEM*, (64), 88–103. <https://periodicos.ufrrj.br/index.php/gepem/article/view/15/8>
- [CL1] Prioló, V. J. H., Meza, L. Y. B., & Sastoque, E. H. (2020). Estado de la cuestión en relación al conocimiento didáctico-matemático en modelación matemática con uso de las TIC. En A. I. Sacristán, J. C. Cortés-Zavala & P. M. Ruiz-Arias (Eds.), *Educación Matemática entre culturas* (1.ª ed., pp. 311–333). Cinvestav.
- [T17] Purificação, M. M. (2022). *El estudiante de pedagogía en prácticas y el desarrollo del conocimiento pedagógico y tecnológico del contenido en la enseñanza de matemáticas en los años iniciales: experiencia formativa en una IES del suroeste de Goiás/Brasil* [Tesis doctoral, Universidade do Vale do Taquari – Univates].
- [A45] Purificação, M. M., & Amado, N. M. P. (2022). El desarrollo del conocimiento pedagógico y tecnológico del contenido en la enseñanza de matemáticas: experiencia formativa con los futuros profesores de los años iniciales. *Conjecturas*, 22(3), 715–732. <https://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/899/>

- [A52] Purificação, M. M., & Amado, N. M. P. (2023). El TPACK y el desarrollo pedagógico de los profesores de matemáticas de los años iniciales: prospectos de una formación continua en Goiás – Brasil. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 21(8), 10079–10103. <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1264/795>
- [A43] Rakes, C. R., Stites, M. L., Ronau, R. N., Bush, S. B., Fisher, M. H., Amick, L., Andreasen, J. B., Safi, F., Desai, S., Schmidt, A., Saderholm, J., & Mohr-Schroeder, M. J. (2022). Teaching mathematics with technology: TPACK and effective teaching practices. *Education Sciences*, 12(133), 1–16. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1339691.pdf>
- [A41] Ribeiro, P. R. L., & Piedade, J. M. N. (2021). Revisión sistemática de estudios sobre TPACK en la formación de profesores en Brasil y en Portugal. *Revista Educação em Questão*, 59(59), 1–26. <https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/view/24458/14465>
- [T9] Richit, A. (2015). *Formación de profesores de matemáticas de la educación superior y las tecnologías digitales: aspectos del conocimiento revelados en el contexto de una comunidad de práctica en línea* [Tesis doctoral, Universidade Estadual Paulista].
- [AE6] Richit, A., & Miskulin, R. G. S. (2019, julio). *La formación de profesores de matemáticas de la educación superior en comunidades de práctica en línea y la construcción del TPACK: algunas reflexiones*. XV Conferencia Interamericana de Educación Matemática, Medellín, Colombia.
- [T5] Rocha, A. K. O. (2015). *La programación de computadoras como medio para integrar diferentes conocimientos: una experiencia con profesores de Matemáticas* [Tesis doctoral, Universidade Anhanguera de São Paulo].
- [A15] Rocha, A. K. O., & Prado, M. E. B. B. (2018). La programación computacional desarrollada en la perspectiva del TPACK no contexto de la formación continua del profesor de matemáticas. *JIEEM*, 11(3), 202–209. <https://jjeem.pgsscogna.com.br/jjeem/article/view/7054/4515>
- [A58] Ruas, V. L. O. F., Macêdo, J. A., & Crisostomo, E. (2024). Decodificando por medio de narrativas el desarrollo del TPACK de los docentes de matemática. *REXE: Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 23(51), 153–175. <https://www.scielo.cl/pdf/rexe/v23n51/0718-5162-rexe-23-51-153.pdf>
- [A16] Salas-Rueda, R. A. (2018). Uso del modelo TPACK como herramienta de innovación para el proceso de enseñanza-aprendizaje de matemática. *Perspectiva Educacional*, 57(2), 3–22. <https://www.perspectivaeducacional.cl/index.php/peducacional/article/view/689>
- [T14] Sampaio, P. A. S. R. (2021). *Formación de profesores en pizarras interactivas y desarrollo del TPACK Matemático* [Tesis doctoral, Universidade do Minho].
- [A11] Sampaio, P. A. S. R. (2016). Conocimiento tecnológico de los profesores de Matemáticas sobre pizarras interactivas según las políticas públicas de formación continua. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*,

- [A9] Sampaio, P. A. S. R., & Coutinho, C. M. G. F. P. (2015). El profesor como constructor del currículo: integración de la tecnología en actividades de aprendizaje de matemáticas. *Revista Brasileira de Educação*, 20(62), 635–651.
<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/QHwbcwFkQ4R7gYYtq694STv/abstract/?lang=pt>
- [A6] Sampaio, P. A. S. R., & Coutinho, C. M. G. F. P. (2014). Integración del TPACK en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la matemática. *Revista Paidéi@*, 6(10).
<https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/paideia/article/view/358/370>
- [A47] Santo, C. F. A. E., Giordano, C. C., Almouloud, S. A., & Nunes, J. M. V. (2022). El conocimiento tecnológico y pedagógico de contenido y los desafíos para la Educación Financiera y Educación Fiscal. *EM TEIA*, 13(3), 150–177.
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/emteia/article/view/254681/42567>
- [D9] Silva, A. G. P. (2021). *Análisis metodológico de la movilización del TPACK por profesores de matemática a partir de las coreografías didácticas* [Trabajo de maestría, Universidade Federal de Pernambuco].
- [A53] Silva, P. J. F., Costa, D. E., Moraes, M. S. F., & Sabbatini, M. (2023). El papel de webLEM en la promoción del TPACK del profesor que enseña matemáticas. *Revista Prática Docente*, 8(1), 1–21.
<https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/853/759>
- [T11] Silva, W. O. (2018). *Formación continua: un estudio sobre integración de tecnología digital para enseñar poliedros* [Tesis doctoral, Universidade Anhanguera de São Paulo].
- [A55] Slaviero, T. B., Díaz-Urdaneta, S. C., & Elias, A. P. A. J. (2023). La integración de las tecnologías digitales a la enseñanza de matemáticas: el desarrollo del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Conteúdo (TPACK). *Caderno Intersaberes*, 12(44), 70–83.
<https://www.cadernosuninter.com/index.php/intersaberes/article/view/2884>
- [D10] Souza, J. T. O. (2023). *Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido: perspectivas docentes sobre la práctica en el contexto de la pandemia de Covid-19* [Trabajo de maestría, Universidade Federal do Rio Grande do Sul].
- [T15] Teixeira, L. C. M. (2021). *Percepciones sobre la práctica docente y sentimientos de los profesores de ciencias y matemáticas durante la pandemia: un análisis a la luz del TPACK* [Trabajo de maestría, Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul].

- [A19]** Trujillo, C. F. G., Recio, N. M. O., & Lambert, S. G. (2018). El análisis didáctico-tecnológico del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática. *Transformación*, 14(2), 202–213.
<https://www.researchgate.net/publication/328791804>
- [T1]** Vieira, E. R. (2013). *Grupo de estudios de profesores y la apropiación de tecnología digital en la enseñanza de Geometría: caminos para el conocimiento profesional* [Tesis doctoral, Universidade Anhanguera de São Paulo].
- [A23]** Young, J. R., Young, J. R., Hamilton, C., & Pratt, S. S. (2019). Assessing the effects of professional development on urban mathematics teachers' TPACK using confidence intervals. *REDIMAT*, 8(3), 312–338.
<https://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/redimat/article/view/3065/pdf>

Recibido: 28/04/2025

Aprobado: 20/05/2026

Publicado: 26/08/2026