

Conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (TPACK) de profesores de matemáticas en formación inicial de Barranquilla, Colombia

Technological pedagogical content knowledge (TPACK) of mathematics teachers in initial training in Barranquilla, Colombia

Artículo de investigación

Recibido: febrero 17 de 2025

Aceptado: mayo 02 de 2025

Publicado: julio 15 de 2025

Cómo citar este artículo: Padilla-Escorcía, I. A., Conde-Carmona, R. J., Valbuena-Duarte, S., & Berrio-Valbuena, J. D. (2025). Conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (TPACK) de profesores de matemáticas en formación inicial de Barranquilla, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 15 (2), 233-250.

doi: <https://doi.org/10.19053/uptc.20278306.v15.n2.2025.19626>

Iván Andrés Padilla-Escorcía

Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

E-mail: iapadilla@mail.uniatlantico.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1210-3712>

Robinson Junior Conde-Carmona*

Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

E-mail: rjconde@mail.uniatlantico.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7421-1754>

Sonia Valbuena-Duarte

Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

E-mail: sbalbuena@mail.uniatlantico.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3667-1087>

Jesús David Berrio-Valbuena

Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

E-mail: jberrioalbuena@mail.uniatlantico.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4014-5322>

Resumen

Este estudio analizó el conocimiento sobre Tecnologías Digitales (TDs) y su uso en la enseñanza de las matemáticas por parte de Profesores en Formación Inicial (PFI) en Barranquilla, Colombia. Se empleó un enfoque cuantitativo mediante el instrumento TPACK-M, que evaluó el conocimiento tecnológico (TCK), pedagógico-tecnológico (TPK) y de contenido pedagógico-tecnológico (TPACK) en una muestra de 288 PFI. Los resultados revelaron que los participantes presentan dificultades para aplicar TDs específicas en áreas como álgebra, estadística y geometría, limitando su capacidad para utilizarlas eficazmente en el aula. Se concluye que es necesario integrar de manera interdisciplinaria asignaturas de tecnología, pedagogía y disciplinas matemáticas en los programas de formación docente para mejorar el desarrollo del TPACK en los futuros profesores. Asimismo, explorar el impacto de intervenciones específicas, como talleres y simulaciones, en el desarrollo del TPACK podría proporcionar evidencia sobre estrategias efectivas de formación docente en contextos emergentes.

Palabras clave: TPACK, profesores en formación inicial, tecnologías digitales, instrumento TPACK-M.

Abstract

This study analyzed the knowledge of pre-service mathematics teachers (PFI) in Barranquilla, Colombia, regarding Digital Technologies (DTs) and their use in mathematics teaching. A quantitative approach was used with the TPACK-M instrument, which assessed technological knowledge (TCK), technological-pedagogical knowledge (TPK), and technological-pedagogical-content knowledge (TPACK) in a sample of 288 participants. Results showed that PFIs face challenges in applying specific DTs in areas such as algebra, statistics, and geometry, limiting their effective use in teaching strategies. It is concluded that teacher training programs must integrate technology, pedagogy, and mathematical disciplines to enhance TPACK development in future educators. Furthermore, exploring the impact of specific interventions, such as workshops and simulations, on the development of TPACK could provide evidence of effective teacher training strategies in emerging contexts.

Keywords: TPACK, pre-service teachers, digital technologies, instrument TPACK-M.

1. Introducción

La integración de Tecnologías Digitales (TDs) en la enseñanza se ha vuelto una expectativa esencial para los docentes, quienes deben desarrollar conocimientos tecnológicos aplicados a contenidos específicos y al aula (Aldemir-Engin et al., 2022; Hanifah et al., 2024). En el contexto pospandémico, el uso de computadoras, Internet, dispositivos móviles e Inteligencia Artificial (IA) ha transformado las prácticas pedagógicas, consolidando estas herramientas como aliadas clave para enriquecer la enseñanza, fomentar la participación estudiantil y vincular los contenidos escolares con situaciones reales (Li & Li, 2024; Peng et al., 2023; Tan & Yuan, 2024).

En la educación matemática, una implementación eficaz de las TDs en la enseñanza y el aprendizaje requiere que los docentes vayan más allá de una actitud positiva en el aula (Abu et al., 2020). Es clave que comprendan el funcionamiento de las TDs y cómo estos recursos pueden potenciar estrategias pedagógicas o didácticas, facilitando la enseñanza de contenidos específicos de la disciplina (Jaramillo et al., 2025; López et al., 2025; Padilla-Escorcía & Conde-Carmona, 2020; Padilla-Escorcía et al., 2022; Vane-gas et al., 2024).

Por ello, resulta esencial indagar cómo los docentes incorporan la tecnología durante su formación profesional, ya que el dominio técnico, por sí solo, no garantiza una implementación efectiva de las TDs en los entornos de aprendiza-

je (Morales-López et al., 2021). Aunque la transformación digital ha ampliado el acceso a recursos tecnológicos para los docentes de matemáticas y las políticas educativas promueven su integración, el uso pedagógico eficaz de estas herramientas continúa siendo un reto en la enseñanza matemática (Dilling et al., 2024).

En este sentido, el desarrollo del conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (TPACK) en Profesores en Formación Inicial (PFI) es clave en la formación docente actual (Mishra & Koehler, 2006). Diversos estudios han evaluado el TPACK en docentes en formación y en ejercicio (Mailizar & Fan, 2020; Smith & Zelkowski, 2023), principalmente mediante cuestionarios de autoinforme (Scott, 2021; Paidican & Arredondo, 2022; Handal et al., 2013), basados en el modelo de Koehler y Mishra (2006). Según Luden et al. (2023), estos instrumentos son accesibles, económicos y versátiles, lo que facilita su aplicación a gran escala.

Desde la perspectiva de Yildiz y Arpaci (2024), Yuan et al. (2023) y Merlano-Meza et al. (2024), los futuros docentes de matemáticas deben ser capaces de seleccionar TDs adecuadas que potencien la comprensión conceptual en distintos contextos educativos. Además, requieren una comprensión sólida de los conceptos, habilidades y actitudes necesarias para integrar eficazmente estas herramientas en la enseñanza, lo que implica que durante su formación inicial adquieran experiencia directa en el uso de TDs (Niess et al., 2011).

Rakes et al. (2022) destacan que el uso de tecnologías como aplicaciones en línea, calculadoras y simuladores forma parte de los estándares actuales para preparar a los futuros docentes, dada su capacidad para enriquecer la enseñanza y el aprendizaje. Sin embargo, diversos estudios evidencian que los PFI no siempre reciben orientación clara sobre cómo emplear estas herramientas pedagógicamente (Noor-Kholid et al., 2023; Merlano et al., 2022), lo cual refuerza la necesidad de identificar tecnologías eficaces y definir pautas de implementación. En esta línea, Seifert y Lindmeir (2024) y Smith y Zelkowski (2023) subrayan la importancia de que los futuros docentes dominen herramientas como los sistemas de álgebra computacional (CAS), software de geometría dinámica (DGS) y hojas de cálculo (SPS), ya que estas favorecen la visualización, el razonamiento matemático y la resolución de problemas complejos. A pesar de su potencial, los PFI enfrentan barreras como la formación inadecuada en el uso práctico de las TDs o el acceso limitado a recursos especializados en sus instituciones (Komarudin & Suherman, 2024; Abedi et al., 2024; Bolyard et al., 2024).

En la Universidad del Atlántico (Barranquilla, Colombia), el programa de Licenciatura en Matemáticas solo incluye una

asignatura relacionada con TIC en educación matemática. Esta limitada presencia de TDs en el currículo revela una débil articulación entre tecnología, pedagogía y contenido disciplinar, lo que hace necesario evaluar el nivel de conocimiento del modelo TPACK en los PFI.

Este estudio tiene como objetivo analizar el conocimiento que tienen los futuros profesores de matemáticas de Barranquilla sobre las TDs y su aplicación en el aula. Específicamente, se busca responder: ¿Qué conocimientos tienen los PFI sobre las tecnologías digitales y su uso en la enseñanza de las matemáticas?

2. Metodología

2.1 Modelo TPACK

El marco teórico se fundamenta en el modelo TPACK de Koehler y Mishra (2006), que plantea que la integración efectiva de la tecnología en la enseñanza requiere la interacción entre tres dominios de conocimiento (Figura 1): tecnológico (TK), pedagógico (PK) y disciplinar (CK). De sus intersecciones surgen tres componentes adicionales: TCK, TPK y PCK, y en la intersección de los tres, el conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (TPACK), que representa la integración holística de estos saberes en contextos educativos.

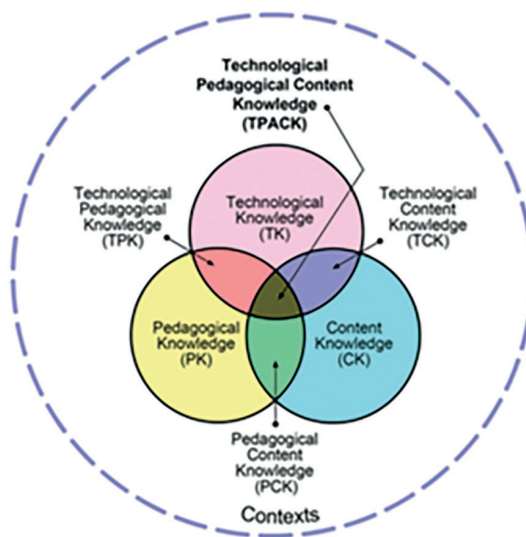


Figura 1. Modelo TPACK propuesto por Koehler y Mishra (2006).

- Conocimiento del contenido (CK): es el conocimiento real que tiene el profesor sobre lo que debe aprenderse o enseñarse de los contenidos, conceptos, hechos, procedimientos y teorías determinadas que conforman una disciplina.
- Conocimiento pedagógico (PK): es el conocimiento profundo de los procesos y prácticas necesarias que requiere un profesor para adecuar la enseñanza y aprendizaje con los estudiantes. Incluye el manejo del salón de clases, la planificación de las clases y la evaluación del aprendizaje.
- Conocimiento tecnológico (TK): es el conocimiento del profesor sobre tecnologías estándar como: libros y pizarra, y tecnologías más avanzadas como internet y el vídeo digital. Incluye el conocimiento de hardware informático, sistemas operativos y conjuntos estándar de herramientas de software como procesadores de texto, hojas de cálculo, navegadores y correo electrónico.
- Conocimiento pedagógico del contenido (PCK): se ocupa de la representación y formulación de conceptos, técnicas pedagógicas, conocimiento de lo que hace que los conceptos sean difícil o fácil de aprender, el conocimiento de los saberes previos de los estudiantes y teorías de la epistemología alrededor de la enseñanza y aprendizaje de una materia.
- Conocimiento tecnológico pedagógico (TPK): es el conocimiento del profesor sobre las posibilidades y limitaciones pedagógicas que ofrecen las tecnologías digitales mientras se relacionan con diseños y estrategias pedagógicas que sean disciplinar y cognitivamente apropiadas de acuerdo al contexto en el cual se lleva a cabo la enseñanza.

- Conocimiento tecnológico del contenido (TCK): es el conocimiento del profesor para representar contenidos de determinada materia haciendo uso de tecnologías digitales.
- Conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK): es una forma de conocimiento que surge de todas las relaciones anteriores y que, como unidad, posee un mayor alcance que cualquiera de las tres formas básicas individuales de conocimiento. Incluye el conocimiento de técnicas pedagógicas que utilizan tecnologías en formas constructivas de enseñar contenidos; conocimiento de lo que hace que los conceptos sean difíciles o fáciles de aprender y cómo la tecnología puede ayudar a solucionar algunos de los problemas que los estudiantes tienen en el aprendizaje.

2.2 Método

Diseño, participantes y contexto

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo por su capacidad para ofrecer resultados fiables, válidos, objetivos y generalizables, especialmente cuando se aplican cuestionarios a grandes muestras. Si los datos se recogen de una muestra representativa, es posible generalizar los hallazgos al tema investigado (Fraenkel & Wallen, 2009). La muestra estuvo compuesta por 288 estudiantes de VII a X semestre de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad del Atlántico, quienes ya habían cursado TIC en Educación Matemática y alguna asignatura vinculada a sus prácticas profesionales. Se distribuyeron así: 85 en

práctica observación (VII), 75 en ayudantía (VIII), 78 en práctica profesional I (IX) y 50 en práctica profesional II (X). Se eligió esta población por su experiencia previa con TIC y enseñanza, lo que asegura un conocimiento suficiente para evaluar el TPACK. El tamaño de muestra se calculó para garantizar representatividad con un 95 % de confianza y 5 % de margen de error.

Instrumento de investigación

El cuestionario constó de dos secciones. La primera recopiló información básica sobre los participantes, además de incluir una pregunta abierta sobre sus experiencias con tecnologías digitales (TDs) en educación matemática. La segunda parte evaluó el conocimiento TPACK mediante una escala Likert de 24 ítems de autoinforme (Willermark, 2018). El instrumento, denominado TPACK-M, replica el cuestionario de Mailizar y Fan (2020), adaptado del original de Handal et al. (2013), y fue diseñado específicamente para docentes de matemáticas, evaluando tres componentes clave del modelo: TCK, TPK y TPACK.

La elección del TPACK-M responde a su pertinencia disciplinar, ya que articula las TDs con la didáctica de las matemáticas, objetivo central del estudio. Este instrumento fue aplicado a Profesores en Formación Inicial (PFI) de una universidad del Caribe colombiano, representando una contribución novedosa al ampliar su uso más allá de docentes en ejercicio y validarlo en un contexto latinoamericano.

El cuestionario se dividió en siete categorías: conocimiento de hardware, software general, software matemático,

herramientas en línea y contenidos digitales (TCK); conocimientos pedagógicos TIC (TPK); y conocimientos pedagógico-tecnológicos del contenido (TPACK). El instrumento fue sometido a una adaptación transcultural, que incluyó traducción al español y ajuste al contexto colombiano. Se realizó una prueba piloto con 15 PFI fuera de la muestra principal para validar su contenido, identificando y reformulando ítems con ambigüedades semánticas o conceptuales.

Fiabilidad y validez

La fiabilidad del instrumento se evaluó mediante el índice de consistencia interna, utilizando el alfa de Cronbach, que fue superior a 0.70, considerado aceptable (Taber, 2018). El coeficiente global fue de 0.87, indicando alta fiabilidad. Por dimensiones, se obtuvieron valores satisfactorios: conocimiento tecnológico ($\alpha = 0.83$), conocimiento pedagógico tecnológico ($\alpha = 0.81$) y conocimiento tecnológico del contenido matemático ($\alpha = 0.85$), lo que confirma la solidez psicométrica del instrumento en este contexto.

Para la validez, se aplicó la validez de contenido con la participación de un panel de cinco expertos en educación matemática y tecnología educativa, todos con formación doctoral. Evaluaron suficiencia, claridad, coherencia y relevancia de los ítems respecto al TPACK de los PFI. Según el índice de validez de contenido (IVC) de Lawshe, todos los ítems obtuvieron puntuaciones superiores a 0.58 (Lawshe, 1975), por lo cual se consideraron válidos. Se realizaron ajustes menores en la redacción, sin alterar su estructura sintáctica.

Procedimiento de análisis de datos

Las respuestas de los PFI se codificaron en una escala Likert de 5 puntos. Se aplicó análisis descriptivo, calculando frecuencias, medias y desviaciones estándar por ítem y componente (TCK, TPK, TPACK), siguiendo el rango de puntuación de Handal et al. (2013).

Tabla 1. Rango de puntuación del instrumento TPACK-M.

Rango de puntuación	Rango de puntuación
$1,0 \leq x < 1,5$	Muy bajo
$1,5 \leq x < 2,0$	Bajo
$2,0 \leq x < 2,5$	Moderadamente bajo
$2,5 \leq x < 3,0$	Un poco por debajo del promedio
3,0	Promedio
$3,0 < x \leq 3,5$	Un poco por encima del promedio
$3,5 < x \leq 4,0$	Moderadamente alto
$4,0 < x \leq 4,5$	Alto
$4,0 < x \leq 5$	Muy alto

3. Resultados y discusión

3.1 Conocimiento del contenido tecnológico

El estudio analizó el conocimiento de los profesores en formación inicial sobre el uso de TDs en la enseñanza de las mate-

máticas. Los resultados (Tabla 2) muestran medias y desviaciones estándar del componente TCK, incluyendo hardware, software general y matemático, que según Mailizar y Fan (2020), facilitan la representación matemática.

Tabla 2. Análisis del conocimiento del contenido pedagógico (TCK) de los PFI.

TCK	Media	Desviación estándar
Conocimiento de hardware		
Calculadora gráfica	3,37	0,76
Tableta/dispositivo móvil	3,89	0,94
Media	3,63	
Conocimiento de software general		
Software de procesamiento de textos (ej. Microsoft Word)	3,94	0,71
Software de presentación (ej. Microsoft Power Point)	4,05	0,42
Software de presentación en línea (ej. Prezi)	3,63	0,68
Software de hoja de cálculo (ej. Microsoft Excel)	3,47	0,70
Software de mapas mentales (ej. Inspiration)	3,21	0,71
Software de animación (ej. Macromedia flash)	2,0	0,82
Software de animación tridimensional (ej. Sketch up)	2,31	0,95
Media	3,23	
Conocimiento de software matemático		
Sistema de álgebra computacional (ej. Maple y Maxima)	2,21	1,13
Software geométrico dinámico (ej. Geometer's Sketchpad y Cabri Geometry)	2,11	0,81
Software matemático dinámico (ej. Geogebra y Autograph)	3,42	0,77
Software estadístico (ej. Tinkerplots, SPSS y Fathom)	1,95	0,91
Media	2,42	
Conocimiento de herramientas en línea		
Recursos de aprendizaje en línea (ej. Khan Academy)	3,16	0,69
Sistema de gestión del aprendizaje (ej. Moodle)	3,21	1,13
Media	3,19	
Conocimiento de contenidos de TDs		
Utilizar las TDs para representar ideas matemáticas	3,90	0,66
Utilizar las TDs para comunicar procesos matemáticos	3,74	0,65
Utilizar las TDs para resolver problemas matemáticos	3,68	0,82
Utilizar las TDs para explorar ideas matemáticas	3,79	0,63
Media	3,78	

3.2 Conocimiento de hardware y software general

Se encontró que el conocimiento de los PFI acerca de los hardware es moderadamente alto (3,63) a diferencia de su

conocimiento acerca de software general que apenas y está por encima del promedio (3,23), lo cual es índice de que los PFI tienen una mejor relación con TD que son tangibles para llevar a cabo la enseñanza de las matemáticas. Sin em-

bargo, el conocimiento de los PFI acerca de software generales como Microsoft Word (3,94) y Power Point (4,05) tienen un rango de puntuación moderadamente alto y alto respectivamente con respecto al promedio, a diferencia de TDs como Macromedia flash y Sketch up en las cuales los PFI consideran ubicarse en un rango moderadamente bajo, lo cual es interesante si se tiene en cuenta las bondades de estos recursos en la enseñanza de contenidos de las matemáticas de forma animada (mapas mentales y conceptuales).

3.3 Conocimiento de software matemático

Es llamativo que el conocimiento de los PFI acerca de software que son especializados del área en que se están formando, se encuentra un poco por debajo del promedio (2,42). De hecho, se resalta que tres de sus ítems correspondientes a sistema de álgebra computacional, software de geometría dinámica y software estadístico, se ubican en los rangos de puntuación moderadamente bajo y bajo en cuanto al conocimiento que tienen acerca de estas TDs los PFI, lo cual es interesante si se tiene en cuenta que en este punto de su trayectoria, los participantes han cursado asignaturas como álgebra lineal, geometría analítica, ecuaciones diferenciales, estadística descriptiva y estadística inferencial y contraste de hipótesis, en las cuales, sin embargo, carecen incluso de conocimiento de que existen TDs como Sketchpad, GeoGebra, SPSS y maple, útiles en la

enseñanza de la geometría, estadística y álgebra. Esto se evidencia en que, la desviación estándar (DE) en el ítem de software estadístico es alta (0,91), debido a que existió mucha variabilidad en las respuestas de los participantes, por ejemplo, algunos participantes en el rango de puntuación eligieron la valoración de cuatro puntos, a diferencia de otros que se ubicaban en uno o dos puntos en el autoinforme. Situación similar ocurrió con el ítem sistema de álgebra computacional, cuya DE fue de 1,13, dada la diversidad y heterogeneidad en las respuestas por parte de los participantes.

3.4 Conocimiento de herramientas en línea

Del conocimiento de los PFI acerca de herramientas en línea, se resalta que si bien en el autoinforme, los recursos de aprendizaje en línea como Khan Academy y el sistema de gestión de aprendizaje como Moodle, se ubicaron en un rango de puntuación por encima del promedio, la DE en este último ítem fue alto (1,13), lo que es índice de que muchos participantes consideran tener un conocimiento de este tipo de TDs en un rango de alto o muy alto, así como otros participantes afirma ubicarse en escalas de bajo o muy bajo, lo que es índice de diversidad en los datos recolectados, a diferencia de la DE en los recursos de aprendizaje en línea (0,69) lo cual indica que la mayoría de participantes considera ubicarse en una misma escala de puntuación en cuanto a su conocimiento acerca de este tipo de

TDs y que es muy cercana al promedio de los datos.

3.5 Conocimiento de contenidos de TDs

Los hallazgos en los ítems relacionados con el conocimiento de contenidos de TDs fueron las puntuaciones más altas de todo el instrumento, con una media de 3.78 (moderadamente alto), lo cual es un indicador de que a nivel general los PFI utilizan las TDs para representar ideas matemáticas, comunicar procesos matemáticos, resolver problemas matemáticos y explorar ideas matemáticas.

No obstante, para el caso del ítem: utilizar las TDs para resolver problemas matemáticos, cuya media fue de 3.68 y una desviación estándar de 0.82, es un ejemplo de que hubo dispersión en las respuestas de los participantes, con relación a las escalas de valoración. Una parte de los PFI se ubicó en un rango de cuatro y cinco puntos, así mismo, otros PFI se situaron en un rango de uno y

dos puntos. A diferencia de lo anterior, el ítem: utilizar las TDs para representar ideas matemáticas, obtuvo una desviación estándar de 0.66 y una media de 3.90, siendo este el segundo ítem con mayor valoración de todo el instrumento y evidencia de homogeneidad en las autopercepciones de los participantes con respecto a su habilidad para mediante tecnologías digitales, darles representación a contenidos de las matemáticas.

3.6 Conocimiento pedagógico tecnológico

En la Tabla 3 se presentan los resultados del conocimiento pedagógico tecnológico (TPK) de los PFI, en los que se incluye su conocimiento para implementar TDs en estrategias de aula como el aprendizaje basado en proyectos (ABP), aprendizaje basado en la investigación (ABI), aprendizaje basado en el descubrimiento (AD), aprendizaje colaborativo (AC) y aprendizaje basado en la instrucción directa (AID), que facilitan la enseñanza de las matemáticas.

Tabla 3. Análisis del conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (TPK) de los PFI.

TPK Conocimientos TIC pedagógicos	Media	Desviación estándar
Utilizar las TDs para la instrucción directa	3,31	0,67
Utilizar las TDs para la enseñanza y el aprendizaje basados en la investigación	3,11	0,74
Utilizar las TDs para la enseñanza y el aprendizaje basados en proyectos	3,26	0,65
Utilizar las TDs para la enseñanza y el aprendizaje basados en el descubrimiento.	3,11	0,66
Utilizar las TDs para la enseñanza y el aprendizaje colaborativos	3,37	0,90
Media	3,23	

3.7 Conocimientos TIC pedagógicos

Se encontró que el conocimiento del profesor para utilizar las TDs en las estrategias de aula que se proponen en el instrumento TPACK-M se ubican en un rango de puntuación que está por encima del promedio. Es interesante que a pesar que el ítem relacionado con el uso de TDs para la enseñanza y el aprendizaje colaborativo fue el que obtuvo una mayor media, es decir en la cual los PFI consideran tener una mayor habilidad para mediante el uso de TDs promover esta estrategia del aula en la enseñanza de las matemáticas. Es importante resaltar que este ítem fue el que presentó una mayor DE (0,90), lo que implica que si bien hay participantes que eligieron las mayores puntuaciones en el autoinforme, también hubo participantes que consideran no ser capaces de implementar TDs como estrategia para fomentar el AC en la enseñanza de las matemáticas.

Lo anterior contrasta con los hallazgos del conocimiento de los PFI acerca de las TDs como estrategia para fomentar el ABP en la enseñanza de las matemáticas, cuya puntuación media fue de 3,26, y una Desviación estándar de 0,65, la cual es muy inferior a la DE encontrada en el ítem del AC, lo que evidencia que el rango de puntuación elegida por los participantes en el autoinforme fue muy similar, es decir de cuatro o tres puntos, por lo cual están un poco por encima del promedio.

Además, se encontró que los ítems de AI y AC presentaron la misma media en cuanto al conocimiento que exponen los PFI. No obstante, en el ítem de AI se presentó una mayor desviación estándar que en el AC, lo cual está asociado a percepciones que enunciaron algunos de los participantes cuando respondieron el cuestionario, con respecto a que en el plan de estudios de su programa de formación, las asignaturas de investigación pedagógica e investigación e innovación educativa en matemáticas, son una buena oportunidad para que estas cátedras sean orientadas por los formadores de formadores haciendo uso de TDs. Esto permitirá explorar cómo este tipo de herramientas contribuye a la investigación e indagación en el aula a través de una problemática encontrada; sin embargo, afirmaron que esto ha sido nulo en estas asignaturas y en toda su trayectoria académica.

3.8 Conocimiento del contenido pedagógico tecnológico

En la Tabla 4 se presentan los resultados del conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (TPACK) de los PFI, en los que se incluye la integración de forma simultánea de su conocimiento disciplinar, tecnológico y pedagógico para facilitar la comprensión en el aprendizaje de las matemáticas por parte de los estudiantes.

Tabla 4. Análisis del conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (TPACK) de los PFI.

TPACK	Media	Desviación estándar
Conocimiento de contenido -TIC- Pedagógicos		
Utilizar las TDs para enseñar temas de matemáticas que se aprenden mejor cuando se emplean enfoques de enseñanza específicos.	3,79	0,71
Utilizar estrategias que combinen contenidos matemáticos, TDs y enfoques didácticos para apoyar la comprensión de los estudiantes mientras aprenden matemáticas.	3,74	0,73
Utilizar las TDs en la enseñanza que potencie los contenidos matemáticos y su forma de enseñar.	3,84	0,60
Utilizar las TDs para incorporar tareas auténticas en la enseñanza de las matemáticas a través del aprendizaje basado en proyectos	3,31	0,58
Utilizar las TDs para enseñar a los estudiantes a desarrollar su capacidad para resolver problemas matemáticos a través del aprendizaje basado en la investigación.	3,11	0,88
Media	3,56	

3.9 Conocimiento de contenido TIC Pedagógicos

Se encontró que los cinco ítems asociados al TPACK de los PFI se ubicaron en un rango de puntuación por encima del promedio. De hecho, tres de los ítems se situaron con una valoración moderadamente alta, siendo, el conocimiento de los PFI para utilizar las TDs en la enseñanza que potencia los contenidos matemáticos y su forma de enseñar, el ítem cuya valoración fue la más alta, con una media de 3,84 y con menor desviación estándar (0,60) lo cual es evidencia de que los PFI coincidieron en que las TDs les permiten potenciar las estrategias de aula que facilitan la enseñanza de un contenido en particular.

Esto se confirmó en las respuestas dadas por los participantes a la pregunta

abierta que se les hizo posterior a la devolución del instrumento, asociada a ¿cuál ha sido su experiencia utilizando TDs en la enseñanza de contenidos de las matemáticas escolares durante la realización de sus prácticas pedagógicas? Los PFI afirmaron que con ayuda de las TDs que han utilizado en su experiencia docente, han logrado motivar a los estudiantes en el aprendizaje de las matemáticas. Esto debido a las bondades que ofrecen este tipo de herramientas en la animación, simulación, modelación y facilidad para representar contenidos de las matemáticas; aparte, coinciden en que las TDs también les permiten el planteamiento de tareas retadoras o auténticas, cuya resolución sería compleja de efectuar si no se hiciera uso de TDs como GeoGebra para el caso de la geometría o Statgraphics para la estadística.

Lo anterior se alinea con los datos del autoinforme, ya que en el ítem: utilizar las TDs para incorporar tareas auténticas en la enseñanza de las matemáticas a través del aprendizaje basado en proyectos, el rango de puntuación en cuanto al conocimiento de los PFI se ubicó un poco por encima del promedio (3,31), con una desviación estándar de 0,58; lo cual es índice de que las respuestas de los PFI fueron homogéneas con respecto a su autopercepción del conocimiento con el que cuentan para plantear tareas o problemas retadores apoyadas con las TDs y relacionadas con la enseñanza de las matemáticas, debido a que la mayoría de los PFI se ubicó en las escalas de tres y cuatro puntos, con una mayor tendencia a los tres puntos.

El ítem: utilizar las TDs para enseñar a los estudiantes a desarrollar su capacidad para resolver problemas matemáticos a través del aprendizaje basado en la investigación, obtuvo el rango de puntuación más bajo en los ítems que evaluaban el TPACK de los PFI con una media de 3,11; es decir, solo un poco por encima del promedio. Las respuestas de los participantes fueron heterogéneas, algunos PFI se ubicaron en escalas de uno o dos puntos, así como otros se situaron en escalas de cuatro o cinco puntos, lo que determinó una desviación estándar de 0,88; la cual fue la más alta de todos los ítems evaluados del conocimiento del contenido pedagógico tecnológico de los PFI. Lo anterior es evidencia de coherencia en las respuestas de los PFI, ya que en el ítem del TPK relacionado con el conocimiento de los profesores en formación inicial acerca de las TDs para la enseñanza y el aprendizaje basados en la investigación,

la puntuación media fue de 3,11, con una Desviación estándar de 0,74.

3.10 Discusión

Los resultados del autoinforme evidencian un conocimiento limitado por parte de los Profesores en Formación Inicial (PFI) sobre el papel de las Tecnologías Digitales (TDs) en la representación de contenidos matemáticos y su implementación en estrategias didácticas. De los 24 ítems del instrumento TPACK-M, solo uno obtuvo una puntuación alta (4,11), relacionada con el uso de software de presentación (p. ej., PowerPoint). Ningún ítem alcanzó un nivel muy alto, y cuatro estuvieron por debajo del promedio. La mayoría (19 ítems) se ubicaron apenas por encima del valor medio.

Estos hallazgos coinciden con los de Mailizar y Fan (2020) en Indonesia, donde se observaron niveles aún más bajos de conocimiento sobre software y herramientas en línea específicas para matemáticas. En su estudio, todos los ítems del componente TPK se ubicaron por debajo del promedio, lo que indica que los docentes no se sienten preparados para implementar estrategias pedagógicas con apoyo de TDs.

De manera similar, Li et al. (2023) identificaron dificultades entre docentes de secundaria en China para utilizar herramientas como GeoGebra, Sketchpad y Statgraphics. En su estudio, el conocimiento sobre TDs para la enseñanza de matemáticas se valoró en 2,45. Este resultado es comparable al ítem de "software matemático" en nuestro estudio (2,42).

En Estados Unidos, Rakes et al. (2022) encontraron que los futuros profesores de matemáticas carecían de preparación para integrar pedagogía, tecnología y contenido en su práctica docente. Según los autores, esta carencia se origina en la falta de enfoque interdisciplinario en los programas de formación, lo que impide a los PFI conocer herramientas especializadas para áreas como geometría, álgebra o estadística. En nuestro estudio, el conocimiento de software geométrico (Geometer's Sketchpad, Cabri Geometry) fue de 2,11, y el de software estadístico (SPSS, Tinkerplots, Statgraphics) apenas alcanzó 1,95, confirmando una deficiente integración del componente TCK.

Komarudin y Suherman (2024), al evaluar el TPACK en Indonesia, también hallaron que la escasa formación en el uso educativo de las TDs limita su implementación efectiva. Estos resultados se alinean con nuestro estudio, donde los componentes TCK y TPK apenas superan el umbral del promedio (3,0), lo que revela que, tanto en países emergentes, como Colombia e Indonesia, y en desarrollados como China y Estados Unidos, persisten dificultades para integrar las TDs en la enseñanza de las matemáticas.

En conjunto, los resultados reflejan una necesidad urgente de reforzar la formación de los PFI en el uso pedagógico de herramientas digitales, con énfasis en aquellas que son específicas de la disciplina matemática. Esto implica repensar los programas de formación docente para incluir experiencias significativas que articulen tecnología, contenido y

pedagogía, en coherencia con el modelo TPACK de Koehler y Mishra (2006).

4. Conclusiones

Esta investigación analizó el conocimiento que poseen los profesores de matemáticas en formación inicial (PFI) de Barranquilla, Colombia, respecto a las Tecnologías Digitales (TD) y su aplicación pedagógica. Los hallazgos evidenciaron deficiencias significativas en la preparación tecno pedagógica de estos futuros docentes, pues la mayoría demostró un dominio insuficiente de las herramientas digitales específicas para representar contenidos matemáticos. Particularmente preocupante resulta su limitada capacidad para integrar estas tecnologías con estrategias didácticas efectivas que potencien el aprendizaje en el aula, lo que sugiere una brecha importante entre la formación tecnológica recibida y las competencias digitales necesarias para una enseñanza matemática innovadora y contextualizada.

Los hallazgos mostraron que el conocimiento de los profesores sobre la computadora era mayor que su conocimiento sobre los dispositivos portátiles y la calculadora gráfica. El hallazgo también sugirió que el conocimiento de los profesores sobre el software general era mayor que su conocimiento sobre el software matemático. Con respecto al conocimiento del uso de TDs en la enseñanza, este estudio mostró que el conocimiento pedagógico de las TIC era menor que el conocimiento del contenido pedagógico de las TDs de los profesores.

Los resultados sugieren que los programas de formación docente deben implementar cursos adicionales específicos sobre software matemático especializado, como GeoGebra y SPSS. Asimismo, se recomienda incluir talleres interdisciplinarios que combinen asignaturas de pedagogía, tecnología y matemáticas. Estas iniciativas podrían facilitar una integración más efectiva de las tecnologías digitales en la enseñanza de contenidos complejos, como: álgebra, geometría y estadística, mejorando la capacidad de los futuros docentes para utilizar herramientas tecnológicas en su práctica pedagógica.

Una de las limitaciones del estudio fue que la evaluación del TPACK de los PFI se hizo por medio de la implementación de un instrumento con características de autoinforme, en los cuales los participantes suelen sobrevalorar su conocimiento. Por tal motivo, un estudio a futuro sería el análisis del TPACK de PFI de este mismo contexto haciendo uso de otros instrumentos para la recolección de la información, como: diarios de campo, bitácoras de observación o rúbrica de evaluación, que permitan un análisis más profundo del conocimiento del profesor de matemáticas en formación inicial cuando utiliza una TD en la enseñanza de un contenido del álgebra, la geometría o la estadística.

Futuros estudios podrían adoptar enfoques metodológicos mixtos, complementando los instrumentos de autoinforme con observaciones de clase y entrevistas para obtener una visión más integral del TPACK de los PFI. Además, sería valioso desarrollar investigaciones

longitudinales que analicen cómo evoluciona el conocimiento TPACK a lo largo de toda la formación docente, desde los semestres iniciales hasta la inserción laboral. Finalmente, explorar el impacto de intervenciones específicas, como talleres y simulaciones, en el desarrollo del TPACK podría proporcionar evidencia sobre estrategias efectivas de formación docente en contextos emergentes.

Contribución de los autores

Iván Andrés Padilla-Escorcía: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, validación, redacción-borrador.

Robinson Junior Conde-Carmona: curación de datos, análisis formal, metodología, supervisión.

Sonia Valbuena-Duarte: análisis formal, metodología.

Jesús David Berrio-Valbuena: análisis formal, metodología.

Implicaciones éticas

No existen implicaciones éticas por declarar en la escritura o publicación de este artículo.

Financiación

Artículo derivado del proyecto de investigación: Fortalecimiento del pensamiento matemático y resolución de problemas a través de la educación STEAM en estudiantes de secundaria Financiado por la Universidad del Atlántico, Colombia.

Conflictos de interés

No existen conflictos de interés de parte de los autores en la escritura o publicación de este artículo.

5. Referencias

- Abedi, E. A., Prestridge, S., & Hodge, S. (2024). Teachers' beliefs about technology integration in Ghana: A qualitative study of teachers' headteachers' and education officials' perceptions. *Education and Information Technologies*, 29 (5), 5857–5877. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12049-0>
- Aldemir-Engin, R., Karakuş, D., & Niess, M. (2023). TPACK development model for pre-service mathematics teachers. *Education and Information Technologies*, 28 (4), 4769–4794. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11381-1>
- Bolyard, J., Curtis, R., & Cairns, D. (2024). Learning to Struggle: Supporting Middle-grade Teachers' Understanding of Productive Struggle in STEM Teaching and Learning. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 23 (4), 687–702. <https://doi.org/10.1007/s42330-023-00302-0>
- Dilling, F., Scheneider, R., Weigand, H., & Witze, I. (2024). Describing the digital competencies of mathematics teachers: theoretical and empirical considerations on the importance of experience and reflection. *ZDM-Mathematics Education*, 56, 639–650. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01560-4>
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2009). *How to design and evaluate research in education*, 7. Boston: MacGraw-Hill.
- Handal, B., Campbell, C., Cavanagh, M., Petocz, P., & Kelly, N. (2013). Technological Pedagogical Content Knowledge of Secondary Mathematics Teachers. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 13 (1), 22–40.
- Hanifah, U., Budayasa, I. K., Sulaiman, R., & Masriyah (2024). TPACK competence of mathematics education students in designing constructivist learning. *Perspectives of Science and Education*, 68 (2), 249–260. <https://doi.org/10.32744/pse.2024.2.15>
- Jaramillo, D., Valbuena, S., & Berrio, J. (2025). El modelo de las 5E y tecnología interactiva para el estudio de sistemas de ecuaciones lineales. *South Florida Journal of Development*, 6 (3), e5045. <https://doi.org/10.46932/sfjdv6n3-012>
- Koehler, M., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193 (3), 13–19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Komarudin, K., & Suherman, S. (2024). Evaluación del conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK) entre los profesores en formación: modelo de medición Rasch. *Revista de Medios y Educación*, 71, 59–82. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.107599>
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28 (4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>
- Li, M., & Li, B. (2024). Unravelling the dynamics of technology integration in mathematics education: A structural equation modelling analysis of TPACK components. *Education and Information Technologies*, 29, 23687–23715. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12805-w>

- Li, M., Qawi-Noori, A., & Li, Y. (2023). Development and validation of the secondary mathematics teachers' TPACK scale: A study in the Chinese context. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19 (11), 1-24. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13671>
- López, J., Valbuena, S., & Berrio, J. (2025). Lenguaje de programación visual en la enseñanza de las matemáticas escolares: pensamiento computacional aplicado a las funciones trigonométricas. *Revista Delos*, 18 (64), e4159. <https://doi.org/10.55905/rde-losv18.n64-136>
- Luden, S., Dwi, K., & Indrysari, E. (2023). The Novice Mathematics Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge: A Case Study. *Southeast Asian Mathematics Education Journal*, 13 (2), 125-140. <https://doi.org/10.46517/seamej.v13i2.201>
- Mailizar, M., & Fan, L. (2020). Indonesian Teachers' Knowledge of ICT and the Use of ICT in Secondary Mathematics Teaching. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16 (1), 1-13. <https://doi.org/10.29333/ejmste/110352>
- Merlano, D., Valbuena, S. & Conde, R. (2022). Conocimiento de contenido tecnológico y pedagógico (TPACK) y creencias sobre las TIC de profesores de matemáticas en formación inicial. *Hamutay*, 9 (1), 12-23. <http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v9i1.2372>
- Merlano-Meza, D., Valbuena, S., & Conde R. (2024). Explorando las Creencias y Conocimientos en Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) de Futuros Docentes de Matemáticas. *Panorama*, 18 (35). <https://doi.org/10.15765/4yvn2a35>
- Mishra, P., & Koehler, M. (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>
- Morales-López, Y., Chacón-Camacho, Y., & Vargas-Delgado, W. (2021). TPACK of Prospective Mathematics Teachers at an Early Stage of Training. *Mathematics*, 1-18. <https://doi.org/10.3390/math9151741>
- Niess, M., van Zee, E., & Gillow-Wiles, H. (2011). Knowledge growth in teaching mathematics/science with spreadsheets. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 27, 42-52. <https://doi.org/10.1080/21532974.2010.10784657>
- Noor-Kholid, M., Hendriyanto, A., Sahara, S., Hakim, L., Juandi, D., Sujadi, I., Singgih, K., & Adnan, M. (2023). A systematic literature review of Technological, Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) in mathematics education: Future challenges for educational practice and research. *Cogent Education*, 10 (2), 1-18. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2269047>
- Padilla-Escorcía, I., & Conde-Carmona, R. (2020). Uso y formación en TIC en profesores de matemáticas: un análisis cualitativo. *Revista Virtual Católica del Norte*, 60, 116-136. <https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n60a7>
- Padilla-Escorcía, I., Conde-Carmona, R., & Tovar-Ortega, T. (2022). Recursos tecnológicos utilizados por profesores universitarios de carreras de ingeniería, en tiempos de virtualidad en Barranquilla (Colombia). *Tecnura*, 26 (72) 1-27. <https://doi.org/10.14483/22487638.18277>
- Paidicán, M., & Arredondo, P. (2022). The technological-pedagogical knowledge for in-service teachers in primary education: A systematic literature review. *Contemporary*

Educational Technology, 14 (3), 1-15. <https://doi.org/10.30935/cedtech/11813>.

Peng, R., Razak, R., & Halili, S. (2023). Investigating the factors affecting ICT integration of in-service teachers in Henan Province, China: structural equation modeling. *Humanities Social Sciences Communications*, 10 (380). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01871-z>

Rakes, C., Stites, M., Ronau, R., Bush, S., Fisher, M., Safi, F., Desai, S., Schmid, A., Andreasen, J., Saderholm, J., Amick, L., Mohr, M., & Viera, J. (2022). Teaching Mathematics with Technology: TPACK and Effective Teaching Practices. *Education Sciences*, 12 (133), 1-16. <https://doi.org/10.3390/educsci12020133>

Scott, K. (2021). A review of faculty self-assessment tpack instruments (January 2006 – March 2020): *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 17 (2), 118-137. <https://doi.org/10.4018/IJICTE.2021040108>

Seifert, H., & Lindmeir, A. (2024). Developing a Performance-Based Assessment to Measure Pre-Service Secondary Teachers' Digital Competence to Use Digital Mathematics Tools. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 45 (25), 1-49. <https://doi.org/10.1007/s13138-024-00251-7>

Smith, P., & Zekowski, J. (2023). Validating a TPACK instrument for 7–12 mathematics in-service middle and high School teachers in the United States. *Journal of Research on Technology in Education*, 55 (5), 858-876. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2048145>

Taber, K. (2018). The use of Cronbach's Alpha when developing and reporting research instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48, 1273-1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>

Tan, Q., & Yuan, Z. (2024). A professional development course inviting changes in preservice mathematics teachers' integration of technology into teaching: the lens of instrumental orchestration. *Humanities Social Sciences Communications*, 11 (934), 1-15. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03408-4>

Vanegas, N., Valbuena, S. & Berrío, J. (2024). Matemática escolar digital e interactiva. *Rastros Rostros*, 26 (2), 1-16. <https://doi.org/10.16925/2382-4921.2024.02.03>

Willermark, S. (2018). Technological Pedagogical and Content Knowledge: A Review of Empirical Studies Published From 2011 to 2016. *Journal of Educational Computing Research*, 56 (3), 315-343. <https://doi.org/10.1177/0735633117713114>

Wilson, F. R., Pan, W., & Schumsky, D. A. (2012). Recalculation of the Critical Values for Lawshe's Content Validity Ratio. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 45 (3), 197–210. <https://doi.org/10.1177/0748175612440286>

Yildis, E., & Arpaci, I. (2024). Understanding pre-service mathematics teachers' intentions to use GeoGebra: The role of technological pedagogical content knowledge. *Education and Information Technologies*, 29, 18817-18838. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12614-1>

Yuan, Z., Deng, X., Ding, T., Liu, J., & Tan, Q. (2023). Factors influencing secondary school teachers' usage behavior of dynamic mathematics software: A partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) method. *Electronic Research Archive*, 31 (9), 5649–5684. <https://doi.org/10.3934/era.2023287>