



Trayectorias de aprendizaje de Formadores de Profesores de Matemática para integrar la tecnología digital en la Formación Inicial Docente en Chile

Learning Trajectories of Mathematics Teacher Educators for Integrating Digital Technology in Initial Teacher Education in Chile

Monika Dockendorff

Universidad Diego Portales, Chile  

Florencia Gómez Zaccarelli

Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile  

Resumen

Debido a su alta responsabilidad y agencia, es clave conocer cómo los formadores se preparan para apoyar a futuros docentes en la integración de tecnologías. Este estudio caracteriza las trayectorias de aprendizaje de diez Formadores de Profesores de Matemática, en el uso de tecnología digital en Chile, en el marco de nuevos estándares de formación inicial. Los hallazgos, analizados mediante el marco de Desarrollo Profesional Continuo de Kennedy (2014) y las estrategias de Goos y Beswick (2021), sugieren que los mecanismos de aprendizaje son heterogéneos, no están mediados institucionalmente, son principalmente informales de “abajo hacia arriba”, liderados por formadores con intereses comunes en torno a la integración de tecnología que se organizan para producir soluciones conjuntas. Se identifican cuatro categorías equilibradas: modelos transmisivos, maleables, transformativos y autoformación.

Palabras Clave:

- Formadores de Profesores de Matemática
- Tecnología digital
- Trayectorias de aprendizaje
- Formación Inicial Docente
- Desarrollo profesional continuo

Cómo citar:

Dockendorff, M. y Gómez Zaccarelli, F. (2026). Trayectorias de aprendizaje de Formadores de Profesores de Matemática para integrar la tecnología digital en la Formación Inicial Docente en Chile. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 29, e409. <https://doi.org/10.12802/relime.2026.29.e409>

Abstract	Keywords
<p>Given their high level of responsibility and autonomy, it is essential to understand how teacher educators prepare to support future teachers in integrating technology. This study characterizes the learning trajectories of ten mathematics teacher educators in the use of digital technology in Chile, within the framework of new initial teacher education standards. The findings, analyzed using Kennedy's (2014) framework of Continuous Professional Development and the strategies of Goos and Beswick (2021), suggest that learning mechanisms are heterogeneous, not institutionally mediated, and primarily informal "bottom-up" processes led by trainers with shared interests in technology integration who organize themselves to develop joint solutions. Four balanced categories are identified: transmissive, malleable, transformative, and self-directed learning models.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Mathematics Teacher Educators</i> – <i>Digital technology</i> – <i>Learning trajectories</i> – <i>Initial Teacher Education</i> – <i>Continuing professional development</i>

Resumo	Palavras-chave
<p>Devido à sua elevada responsabilidade e autonomia, é fundamental compreender como os formadores se preparam para apoiar os futuros professores na integração das tecnologias. Este estudo caracteriza as trajetórias de aprendizagem de dez formadores de professores de matemática no uso da tecnologia digital no Chile, no âmbito dos novos padrões de formação inicial. Os resultados, analisados através do quadro de Desenvolvimento Profissional Contínuo de Kennedy (2014) e das estratégias de Goos e Beswick (2021), sugerem que os mecanismos de aprendizagem são heterogêneos, não são mediados institucionalmente, são principalmente informais e de «baixo para cima», liderados por formadores com interesses comuns em torno da integração da tecnologia, que se organizam para produzir soluções conjuntas. Identificam-se quatro categorias equilibradas: modelos transmissivos, maleáveis, transformativos e de autoformação.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Formadores de professores de matemática</i> – <i>Tecnologia digital</i> – <i>Percursos de aprendizagem</i> – <i>Formação inicial de professores</i> – <i>Desenvolvimento profissional contínuo</i>

Résumé	Most Clés
<p>Compte tenu de leurs responsabilités importantes et de leur autonomie, il est essentiel de comprendre comment les formateurs se préparent à accompagner les futurs enseignants dans l'intégration des technologies. Cette étude décrit les parcours d'apprentissage de dix formateurs de professeurs de mathématiques dans l'utilisation des technologies numériques au Chili, dans le cadre des nouvelles normes de formation initiale. Les résultats, analysés à l'aide du cadre de développement professionnel continu de Kennedy (2014) et des stratégies de Goos et Beswick (2021), suggèrent que les mécanismes d'apprentissage sont hétérogènes, qu'ils ne sont pas régis par les institutions, qu'ils sont principalement informels et s'inscrivent dans une dynamique « de bas en haut », menés par des formateurs partageant des intérêts communs autour de l'intégration des technologies et qui s'organisent pour élaborer des solutions communes. Quatre catégories équilibrées sont identifiées : les modèles transmissifs, malléables, transformateurs et d'autoformation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Formation des formateurs en mathématiques</i> – <i>Technologies numériques</i> – <i>Parcours d'apprentissage</i> – <i>Formation initiale des enseignants</i> – <i>Développement professionnel continu</i>



1. Introducción

La integración de tecnología digital en la educación matemática ha pasado de ser una opción para convertirse en una competencia fundamental para los docentes del siglo XXI. En Chile, los nuevos Estándares de la Profesión Docente para carreras de Pedagogía establecen que los futuros profesores deben “integrar tecnologías digitales para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática” (Ministerio de Educación de Chile, 2021, p. 45). Esta exigencia plantea un desafío crítico: ¿cómo se preparan los Formadores de Profesores de Matemática (FPM) para cumplir este rol de mediadores entre la tecnología y la práctica docente?

Los FPM ocupan una posición estratégica en el sistema educativo. Como señalan Tondeur et al. (2019), actúan como “gatekeepers” que determinan qué, cómo y cuándo los futuros docentes aprenden sobre tecnología educativa. Su preparación no solo impacta su propia práctica, sino que moldea las competencias tecnológicas de generaciones de profesores. Sin embargo, la literatura internacional revela que muchos FPM carecen de formación sistemática en integración tecnológica y aprenden principalmente a través de mecanismos informales y autodirigidos (Uerz et al., 2018).

En el contexto chileno, esta problemática adquiere características particulares. El sistema de educación superior chileno se caracteriza por su alta fragmentación institucional, con más de 50 universidades que ofrecen programas de pedagogía en matemática, operando con diversos grados de autonomía y recursos (Ávalos, 2011). Esta diversidad institucional genera trayectorias de aprendizaje profesional heterogéneas entre los FPM, donde las oportunidades de desarrollo profesional formal son limitadas y desiguales.

A pesar de la relevancia del tema, existe escasa investigación empírica sobre cómo los FPM chilenos aprenden a integrar tecnología digital en su práctica formadora. La mayoría de los estudios se centran en profesores de aula o en formadores de otros países con contextos institucionales diferentes. Esta brecha de conocimiento dificulta el diseño de políticas y programas de desarrollo profesional pertinentes para este grupo clave de educadores.

Este estudio busca llenar ese vacío mediante la siguiente pregunta de investigación: *¿Cómo aprenden los Formadores de Profesores de Matemática en Chile a integrar la tecnología digital para preparar a los futuros docentes?* Específicamente, se busca caracterizar las trayectorias de aprendizaje de los FPM, identificando los mecanismos, estrategias y contextos mediante los cuales desarrollan sus competencias tecnológicas para la formación inicial docente.



Para abordar esta pregunta, el estudio adopta un enfoque cualitativo basado en grupos focales con diez FPM de diversas universidades chilenas. El análisis se fundamenta en dos marcos teóricos complementarios: la taxonomía de modelos de desarrollo profesional continuo de Kennedy (2014), que distingue entre enfoques transmisivos, maleables y transformativos, y las estrategias de aprendizaje autodirigido de formadores de profesores de matemática propuestas por Goos y Beswick (2021).

Los hallazgos revelan un panorama complejo donde coexisten cuatro categorías equilibradas de mecanismos de aprendizaje: transmisivos (talleres y capacitaciones formales), maleables (comunidades de práctica y coaching entre pares), transformativos (indagación colaborativa y diseño conjunto de materiales) y autoformación (búsqueda autodidacta, ensayo-error e investigación personal). Estas trayectorias son predominantemente informales, iniciadas “desde abajo” por los propios formadores, y escasamente mediadas por políticas institucionales o nacionales.

Este artículo se organiza en siete secciones. Tras esta introducción, la sección 2 presenta los antecedentes y el marco teórico-conceptual que sustenta el estudio. La sección 3 describe la metodología cualitativa empleada. La sección 4 presenta los resultados organizados en las cuatro categorías identificadas. La sección 5 discute los hallazgos en relación con la literatura internacional, profundizando en la dimensión matemática de la integración tecnológica y la ausencia de mediación institucional. La sección 6 ofrece conclusiones e implicaciones para la política educativa y la práctica formadora. Finalmente, la sección 7 presenta las referencias bibliográficas.

2. Antecedentes y Marco Teórico-Conceptual

2.1. Formadores de Profesores de Matemática y Tecnología Digital

Los Formadores de Profesores de Matemática (FPM) son académicos universitarios responsables de preparar a futuros docentes para enseñar matemática en diversos niveles educativos. Su rol es complejo y multifacético: deben dominar contenido matemático avanzado, comprender procesos de aprendizaje matemático, conocer pedagogía específica de la disciplina y, cada vez más, integrar tecnologías digitales en su enseñanza (Goos y Beswick, 2021).

La integración de tecnología en la formación inicial docente matemática no se reduce a enseñar el uso instrumental de software. Implica desarrollar en los futuros profesores un conocimiento tecnológico-pedagógico del contenido matemático (TPACK) que les permita seleccionar, adaptar y crear experiencias de aprendizaje mediadas por tecnología que



sean matemáticamente ricas y pedagógicamente efectivas (Mishra y Koehler, 2006). Esto requiere que los propios FPM posean este conocimiento integrado y puedan modelarlo en su práctica formadora.

La literatura internacional documenta que muchos FPM enfrentan desafíos significativos en este ámbito. Uerz et al. (2018) encontraron que las competencias tecnológicas de formadores de profesores varían ampliamente y que muchos carecen de formación sistemática en integración tecnológica. Tondeur et al. (2019) identificaron que los FPM actúan como “gatekeepers” cuyas creencias, conocimientos y prácticas determinan en gran medida qué aprenden los futuros docentes sobre tecnología educativa.

En el contexto chileno, los nuevos Estándares de la Profesión Docente (Ministerio de Educación de Chile, 2021) establecen expectativas explícitas sobre integración tecnológica para futuros profesores de matemática. Sin embargo, no existen estándares equivalentes para los propios FPM, ni programas nacionales de desarrollo profesional que los preparen sistemáticamente para cumplir este rol formador. Esta desconexión entre expectativas para egresados y preparación de formadores constituye una brecha crítica en el sistema.

2.2. Desarrollo Profesional Continuo: Marco de Kennedy

Para analizar cómo aprenden los FPM, este estudio adopta el marco de Desarrollo Profesional Continuo (DPC) propuesto por Kennedy (2014). Este marco clasifica los modelos de DPC en tres categorías principales según su propósito, estructura y grado de agencia del participante:

Modelos Transmisivos se caracterizan por una estructura jerárquica donde el conocimiento fluye de expertos hacia participantes. Incluyen capacitaciones, talleres y cursos donde el contenido está predeterminado y los participantes tienen rol principalmente receptivo. El propósito es transferir conocimientos o habilidades específicas de manera eficiente. Ejemplos incluyen talleres sobre uso de software específico o capacitaciones en nuevas metodologías.

Modelos Maleables reconocen mayor agencia de los participantes y se adaptan a sus contextos y necesidades. Incluyen comunidades de práctica, coaching, mentoring y formación certificada con componentes flexibles. El conocimiento se construye mediante interacción entre facilitadores y participantes, considerando sus experiencias y contextos específicos. Estos modelos buscan desarrollo sostenido más que transferencia puntual de conocimiento.



Modelos Transformativos sitúan a los participantes como agentes activos de su propio aprendizaje y del cambio educativo. Incluyen indagación colaborativa, investigación-acción y diseño conjunto de innovaciones. El propósito es transformar prácticas mediante ciclos de reflexión, experimentación y análisis crítico. El conocimiento emerge de la práctica situada y la reflexión colectiva sobre ella.

Kennedy (2014) argumenta que ningún modelo es inherentemente superior; su efectividad depende del contexto, propósitos y características de los participantes. Sin embargo, señala que los modelos transformativos tienden a generar cambios más profundos y sostenibles en la práctica profesional.

2.3. Estrategias de Aprendizaje Autodirigido: Goos y Beswick

Complementando el marco de Kennedy, este estudio incorpora las estrategias de aprendizaje autodirigido de FPM identificadas por Goos y Beswick (2021). Estos autores reconocen que, además de participar en programas formales de DPC, los FPM aprenden significativamente a través de iniciativas autodirigidas que incluyen:

Búsqueda autodidacta de recursos, tutoriales y ejemplos en internet, literatura especializada y redes profesionales. Los FPM exploran activamente nuevas herramientas y enfoques por iniciativa propia, motivados por necesidades específicas de su práctica o por curiosidad profesional.

Ensayo-error en la práctica donde los FPM experimentan con tecnologías en sus propios cursos, observan resultados, ajustan y refinan su uso iterativamente. Este aprendizaje experiencial es situado y directamente relevante para su contexto específico.

La Investigación personal donde los FPM adoptan una postura indagatoria hacia su práctica, documentando experiencias, analizando evidencias y generando conocimiento sobre integración tecnológica en su contexto particular.

Colaboración informal con colegas mediante conversaciones, intercambio de materiales y observación mutua, sin estructura formal de comunidad de práctica pero con intercambio significativo de conocimiento.

Goos y Beswick (2021) enfatizan que estas estrategias autodirigidas no son inferiores a la formación formal; representan formas legítimas y potentes de desarrollo profesional que reflejan la agencia y expertise de los FPM como aprendices adultos y profesionales experimentados.



2.4. Marco Integrado para el Análisis

Este estudio integra ambos marcos teóricos para capturar la complejidad de las trayectorias de aprendizaje de los FPM chilenos. Reconocemos cuatro categorías de mecanismos de aprendizaje: tres derivadas de Kennedy (transmisivos, maleables, transformativos) y una cuarta categoría de autoformación que sintetiza las estrategias autodirigidas de Goos y Beswick. Esta cuarta categoría se distingue de las otras tres en que no implica participación en programas o estructuras organizadas por otros, sino iniciativas completamente autodirigidas por el propio FPM.

Tabla 1

Marco Integrado de Trayectorias de Aprendizaje de FPM para Integración Tecnológica

Categoría	Características	Ejemplos	Mecanismos de Aprendizaje
Transmisivos	Estructura jerárquica; conocimiento predeterminado; rol receptivo del participante	Talleres de software; capacitaciones institucionales; cursos técnicos	Transferencia directa de conocimiento; demostración y práctica guiada; instrucción explícita
Maleables	Adaptación a contexto; agencia moderada del participante; interacción facilitador-participante	Comunidades de práctica; coaching entre pares; formación certificada flexible	Construcción social de conocimiento; reflexión guiada; adaptación contextual
Transformativos	Agencia plena del participante; indagación colaborativa; cambio sistémico	Investigación-acción; diseño colaborativo de innovaciones; proyectos de mejora institucional	Reflexión crítica; experimentación sistemática; co-construcción de conocimiento
Autoformación	Iniciativa completamente autodirigida; sin estructura externa; aprendizaje situado en práctica propia	Búsqueda autodidacta en internet; ensayo-error en cursos propios; investigación personal	Exploración autónoma; aprendizaje experiencial; reflexión individual sobre práctica

Este marco permite analizar las trayectorias de aprendizaje de los FPM de manera comprehensiva, reconociendo tanto mecanismos formales como informales, tanto estructurados externamente como autodirigidos. Además, permite identificar patrones, ausencias y desbalances en las oportunidades de desarrollo profesional disponibles para los FPM chilenos.



2.5. Dimensión Matemática de la Integración Tecnológica

Un aspecto crítico en la integración tecnológica en educación matemática es su especificidad disciplinar: las herramientas digitales median el aprendizaje de conceptos matemáticos de manera cualitativamente distinta, y esta mediación requiere comprensión profunda por parte de los Formadores de Profesores de Matemática (FPM). La teoría de la génesis instrumental (Rabardel, 1995) distingue entre artefacto e instrumento matemático, y los procesos de instrumentación e instrumentalización que transforman uno en otro. Esta distinción es fundamental para los FPM, pues determina la calidad del aprendizaje mediado tecnológicamente. Complementariamente, Jacinto y Carreira (2026) proponen el concepto de fluidez tecno-matemática (TmF): la capacidad de coordinar conocimiento matemático con medios tecnológicos para resolver problemas, reconocer *affordances* y seleccionar herramientas apropiadas en ciclos iterativos de exploración. La TmF trasciende la competencia técnica hacia una integración genuinamente matemática de la tecnología, abarcando razonamiento, modelización, representación y comunicación mediadas digitalmente.

Los FPM deben comprender cómo diferentes tecnologías median diferentes conceptos matemáticos. Por ejemplo, el software de geometría dinámica media las propiedades geométricas invariantes de manera distinta a los sistemas algebraicos computacionales. Valero Larico et al. (2026), en su revisión sistemática sobre aplicaciones digitales en matemática secundaria, evidencian que las metodologías activas —simulaciones interactivas, gamificación y realidad aumentada— potencian la comprensión conceptual, pero solo cuando existe intencionalidad pedagógica explícita. Esto subraya la necesidad de que los FPM desarrollen criterios sólidos para la selección e implementación pedagógica de recursos digitales. En este marco, Drijvers et al. (2010) identifican el desafío de equilibrar trabajo técnico con trabajo conceptual, y proponen las "orquestaciones instrumentales" como estrategias didácticas para gestionar el uso de tecnología de modo que potencie, y no distraiga, el aprendizaje matemático.

Esta tensión se manifiesta con nitidez en el contexto chileno. Dockendorff, Merino et al. (2026) reportan, en un estudio con 90 FPM chilenos, que la competencia digital matemática es enmarcada como epistémica y didácticamente orientada: la tecnología debe subordinarse al razonamiento matemático y a la construcción de significados. Emerge además la categoría de transformación digital, que revela que la integración tecnológica requiere cambios epistémicos, ontológicos y metodológicos profundos. En estrecha relación, Dockendorff, López et al. (2026) —estudio del cual se recogen los datos del presente artículo— analizan los niveles de integración tecnológica de FPM chilenos



mediante modelamiento de ecuaciones estructurales, encontrando que las creencias explican el 49% de la varianza en los niveles reportados. Las creencias "consume tiempo" y "múltiples representaciones" tienen mayor peso, confirmando que los usos digitales reportados están arraigados en el dominio matemático y que las representaciones múltiples constituyen una palanca clave para avanzar hacia niveles más profundos de integración.

La dimensión del conocimiento didáctico-tecnológico cobra relevancia adicional a la luz de investigaciones recientes. Lindenbauer et al. (2026), fundamentados en el marco MTEPCK, revelan que el conocimiento tecnológico añade nuevas capas de complejidad al conocimiento del formador, especialmente al orientar a futuros docentes hacia el diseño de recursos digitales exploratorios. Weinhandl et al. (2026) identifican cinco fenómenos que sustentan la integración efectiva en entornos digitales uno a uno: autonomía del estudiante, motivación, usabilidad pedagógica y técnica, versatilidad pedagógica y recursos; los docentes expertos perciben el tránsito hacia el aprendizaje centrado en el estudiante como una oportunidad, no como un desafío. Davor et al. (2026), con 264 docentes en Ghana, demuestran que el conocimiento pedagógico del contenido digital (DPACK) explica el 35,9% del efecto total sobre el logro matemático percibido, mediado por la autoeficacia docente. Park Rogers et al. (2026) añaden que la integración de simulaciones digitales en la formación inicial requiere estrategias pedagógicas explícitas —análisis de video, modelamiento— para enriquecer las experiencias de aprendizaje de futuros docentes. Por su parte, en Latinoamérica, la investigación sobre el uso didáctico de las tecnologías y su comprensión mediante modelos como TPACK ha ido en aumento, si bien más orientada a la definición del marco (por ejemplo, León Naranjo et al., 2025), con aportes distintivos que incorporan el desarrollo de instrumentos para medir la integración de tecnologías digitales contemporáneas como la inteligencia artificial (Reyes-Rojas et al., 2026).

En síntesis, la dimensión matemática de la integración tecnológica articula tres planos: el epistémico —cómo la tecnología media la construcción del conocimiento matemático—, el didáctico —cómo los FPM diseñan experiencias mediadas tecnológicamente— y el formativo —cómo los FPM desarrollan las competencias necesarias para ejercer este rol con profundidad matemática—. Los hallazgos del contexto chileno evidencian que, si bien los FPM reconocen esta especificidad, su desarrollo profesional en esta dimensión es principalmente informal y autodidacta, lo que plantea desafíos importantes para la formación inicial docente en matemática.



3. Metodología

3.1. Diseño del Estudio

Este estudio adopta un diseño cualitativo exploratorio orientado a caracterizar las trayectorias de aprendizaje de FPM chilenos en integración de tecnología digital. La investigación cualitativa es apropiada cuando se busca comprender experiencias, significados y procesos complejos desde la perspectiva de los participantes (Braun y Clarke, 2006). Dado que existe escasa investigación previa sobre este fenómeno en el contexto chileno, un enfoque exploratorio permite identificar patrones emergentes sin imponer categorías preconcebidas rígidas.

3.2. Participantes

Los 10 participantes de estos grupos focales son Formadores de Profesores de Matemática que, al completar el cuestionario de un estudio más amplio (Dockendorff, et al., 2026), manifestaron interés explícito de participar de un grupo focal posteriormente, compartiendo su correo electrónico para ser contactados. Es decir, el muestreo corresponde al tipo no probabilístico, por conveniencia o disponibilidad. Así, el grupo de participantes son FPM motivados por la integración de la TD en la FID por lo que se les considera informantes clave para examinar el proceso de aprendizaje.

Tabla 2
Características de los participantes

Participante	Formación Disciplinar	Años de Experiencia como FPM	Universidad (Tipo)	Tecnologías que Integra
Humberto	Profesor de Matemática	15+	Pública regional	GeoGebra, plataformas LMS
Federico	Profesor de Matemática y Computación	10+	Privada metropolitana	Múltiples lenguajes de programación
José	Licenciado en Matemática	8	Pública regional	GeoGebra, recursos web
Diego	Ingeniero Matemático, Lic. Computación	7	Privada metropolitana	Python, Jupyter, software matemático
Camilo	Profesor de Matemática	12+	Pública regional	GeoGebra, Photomath (análisis



Samuel	Licenciado en Matemática	6	Pública metropolitana	crítico) GeoGebra, cuestionarios virtuales
Carmen	Profesora de Matemática	10+	Privada regional	Material digital propio, plataformas
Cristóbal	Ingeniero, formación autodidacta docente	9	Privada metropolitana	Diversas herramientas de optimización
Claudio	Profesor de Matemática	8	Pública regional	YouTube, Excel, tecnologías visuales
Carlos	Matemático con formación en programación	5	Pública metropolitana	Python, Matlab, Mathematica, animaciones

Los participantes representan diversidad en formación disciplinar (profesores de matemática, matemáticos, ingenieros), tipo de institución (universidades públicas y privadas, metropolitanas y regionales) y tecnologías integradas. Esta diversidad permite capturar variedad de trayectorias de aprendizaje.

3.3. Recolección de Datos

Se realizaron dos grupos focales de cinco participantes cada uno, con duración aproximada de 90 minutos. Los grupos focales son apropiados para explorar experiencias compartidas y generar discusión que revele tanto consensos como diversidad de perspectivas (Braun y Clarke, 2006).

Cada grupo focal fue facilitado por la investigadora principal siguiendo un protocolo semiestructurado con las siguientes preguntas guía:

1. ¿Cómo aprendieron a integrar tecnología digital en su práctica como formadores de profesores de matemática?
2. ¿Qué experiencias, programas o actividades fueron más significativas en su aprendizaje?
3. ¿Qué rol jugaron sus instituciones en su desarrollo de competencias tecnológicas?
4. ¿Cómo aprenden sobre nuevas tecnologías actualmente?
5. ¿Qué desafíos enfrentan y qué apoyos necesitarían?

Las sesiones fueron grabadas en audio con consentimiento de los participantes y transcritas literalmente para análisis.



3.4. Análisis de Datos

Se empleó análisis temático siguiendo el enfoque de Braun y Clarke (2006), que consiste en identificar, analizar y reportar patrones (temas) en los datos cualitativos. El proceso incluyó seis fases:

1. *Familiarización con los datos*: lectura y relectura de transcripciones, anotando ideas iniciales.
2. *Generación de códigos iniciales*: codificación sistemática de características relevantes de los datos en todo el conjunto de datos.
3. *Búsqueda de temas*: agrupación de códigos en temas potenciales, reuniendo todos los datos relevantes para cada tema.
4. *Revisión de temas*: verificación de que los temas funcionan en relación con los extractos codificados y el conjunto de datos completo.
5. *Definición y denominación de temas*: refinamiento de la especificidad de cada tema y generación de definiciones y nombres claros.
6. *Producción del reporte*: selección de extractos ilustrativos y análisis final en relación con la pregunta de investigación y la literatura.

El análisis fue guiado por el marco teórico integrado (Kennedy, 2014; Goos y Beswick, 2021), pero permaneció abierto a categorías emergentes no anticipadas. Dos investigadores codificaron independientemente una muestra de transcripciones y discutieron discrepancias hasta alcanzar consenso, estableciendo confiabilidad del proceso de codificación.

3.5. Consideraciones Éticas

El estudio fue aprobado por el comité de ética de la institución patrocinadora. Los participantes firmaron consentimiento informado, se les garantizó confidencialidad mediante uso de pseudónimos, y se les ofreció acceso a los resultados del estudio. Las grabaciones y transcripciones se almacenaron de manera segura y solo el equipo de investigación tuvo acceso a ellas.

4. Resultados

El análisis de los grupos focales reveló que los FPM chilenos aprenden a integrar tecnología digital mediante cuatro categorías de mecanismos que coexisten y se entrelazan en sus trayectorias profesionales: transmisivos, maleables, transformativos y autoformación. Estas categorías no son mutuamente excluyentes; la mayoría de los



participantes reportó experiencias en múltiples categorías a lo largo de su desarrollo profesional. A continuación, se presenta cada categoría con ejemplos ilustrativos de las experiencias de los participantes.

4.1. Mecanismos Transmisivos

Los mecanismos transmisivos se caracterizan por estructuras jerárquicas donde expertos transfieren conocimiento a los FPM mediante talleres, capacitaciones o cursos técnicos. Varios participantes reportaron haber participado en este tipo de actividades, especialmente en etapas iniciales de su aprendizaje tecnológico.

Samuel describió talleres institucionales organizados por su universidad: “le pidieron a uno de estos colegas experto en GeoGebra...se les pedía hacer como un taller a todos los profes del instituto”. Estos talleres proporcionaron introducción básica a herramientas específicas, aunque Samuel señaló que su aprendizaje más profundo ocurrió posteriormente mediante otros mecanismos.

Humberto mencionó capacitaciones formales que le permitieron conocer marcos teóricos sobre tecnología educativa: “uno empieza a ser mucho más ordenado, más estructurado y empieza a tener explicaciones de qué es lo que está pasando... Hay un autor, Rabardel cierto, que habla de artefactos”. Esta exposición a teoría de génesis instrumental en una capacitación formal le proporcionó lenguaje y conceptos para comprender su práctica.

Diego reportó apoyo de un centro especializado de su universidad al diseñar nuevas asignaturas: “me tocó llegar a crear por primera vez, digamos, varias asignaturas acá en la Universidad... en algunos de ellos recibimos apoyo de gente de un centro especializado”. Este apoyo incluyó orientación técnica y pedagógica sobre integración tecnológica.

Sin embargo, varios participantes expresaron limitaciones de los mecanismos transmisivos. Federico, quien tiene formación en matemática y computación, señaló que “me empezó a gustar, por un lado, la matemática, empecé a aprender un poco de computación y me empezó a generar este cariño primero que nada por aprender y luego por transmitir esto”, pero reconoció que en su formación inicial “teníamos cuatro cursos de computación solamente y muy básicos”, insuficientes para las demandas actuales de integración tecnológica. Claudio mencionó que los talleres proporcionan conocimiento superficial que requiere profundización posterior mediante práctica y exploración personal.



4.2. Mecanismos Maleables

Los mecanismos maleables se caracterizan por mayor agencia de los participantes y adaptación a sus contextos específicos. Incluyen comunidades de práctica, coaching entre pares y colaboración sostenida. Esta categoría fue prominente en las experiencias de los participantes.

Samuel describió colaboración en co-docencia: “en co-docencia haciendo un curso que tenía dos paralelos...Al principio yo no los creaba, eran cosas que mis colegas...por ganas de mejorar sus clases habían creado. Y ellos lo compartían y nosotros lo usábamos y así, digamos, [se] avanza”. Esta colaboración permitió aprendizaje situado mediante observación y uso de materiales creados por colegas más experimentados.

Diego mencionó colaboración al diseñar cursos nuevos: “nos tocó dictar hartos cursos por primera vez, entonces, ahí había harta consulta con los colegas y harta colaboración en ese aspecto”. Esta colaboración fue flexible y adaptada a necesidades específicas de cada curso.

Carmen describió como “fue muy motivador, en el sentido de tratar de cuestionarme qué puedo hacer en mi curso” y la formación de un equipo interdisciplinario para crear materiales digitales: “en el camino nos dimos cuenta que nos hace falta más colaboración interdisciplinaria...Tenemos al director de la escuela de periodismo ya involucrado...y también a algunas profesoras especialistas en didáctica”. Este equipo funcionó como comunidad de práctica donde diferentes expertises se complementaron.

Carlos destacó “charlas de café” que evolucionaron en proyectos colaborativos: “grupos en los que simplemente nos juntamos con varios colegas a decir ‘rediseñemos el cómo se enseña este curso para intentar integrar tecnologías’...son como charlas de café que evolucionan muy bien”. Estas interacciones informales pero sostenidas generaron aprendizaje significativo y productos concretos.

Camilo enfatizó que “para mí la tecnología es un medio no más, no es el mensaje” y la importancia del diálogo con pares: “son diálogos con pares y yo creo que queda más visible que en otras áreas, en la formación de profesores se necesita la fuerza del trabajo colaborativo”. Este diálogo permitió reflexión compartida sobre desafíos y estrategias de integración tecnológica.



4.3. Mecanismos Transformativos

Los mecanismos transformativos sitúan a los FPM como agentes activos de cambio mediante indagación colaborativa, investigación-acción y diseño de innovaciones. Aunque menos frecuentes que otras categorías, varios participantes reportaron experiencias transformativas significativas.

Carmen lideró un proyecto institucional para crear material digital propio, obteniendo financiamiento mediante propuesta formal: “cuando uno escribe bien las necesidades y propone una solución, puede llegar a conseguir recursos para la idea”. Este proyecto implicó ciclos de diseño, implementación, evaluación y rediseño, con reflexión sistemática sobre el proceso.

Carlos participó en equipos de diseño financiados por su universidad: “la postulación y asignación por parte de la universidad de fondos para realizar un producto específico y la renovación de este tipo de proyectos a medida que se van viendo resultados favorables”. Estos proyectos combinaron indagación sobre necesidades de aprendizaje con diseño de soluciones tecnológicas innovadoras.

José describió un proceso de investigación personal que evolucionó hacia creación y compartición de materiales: “después me puse a investigar yo...Vamos a crear material porque se está compartiendo”. Esta investigación implicó experimentación sistemática, documentación de resultados y contribución a la comunidad profesional más amplia.

Humberto integró tecnología de manera estructurada en sus cursos de didáctica, requiriendo que estudiantes la incorporen en sus planificaciones: “los modelos de planificación que yo les enseño a los alumnos, los obligo a poner tecnología, están obligados en cada clase”. Esta integración sistemática refleja una transformación curricular basada en reflexión sobre cómo preparar mejor a futuros docentes.

4.4. Autoformación

La autoformación se caracteriza por iniciativas completamente autodirigidas sin estructura externa. Incluye búsqueda autodidacta, ensayo-error e investigación personal. Esta categoría fue reportada por todos los participantes como componente fundamental de sus trayectorias de aprendizaje.

José describió búsqueda autodidacta en internet: “a buscar en internet, en literatura, informaciones, supe cómo hacer actividades docentes con GeoGebra, sin GeoGebra, y así empezar...a buscar, digamos, gente de otros lados que hayan trabajado con GeoGebra”.



Esta búsqueda fue motivada por necesidades específicas de su práctica y guiada por su criterio profesional.

Cristóbal enfatizó su naturaleza autodidacta: “siempre he sido medio autodidacta y ya en la docencia...más tiene que ver con el tema de optimizar el uso de la clase”. Además, señaló que “una de las herramientas que yo manejaba como para poder hacer un cambio era aprovechar que conocía cosas relacionadas con tecnología”. Su aprendizaje tecnológico fue impulsado por deseo de eficiencia y efectividad en su enseñanza.

Claudio describió exploración de recursos en línea: “uno busca a través de YouTube, de distintas fuentes, poder hacer una clase distinta...ir buscando distintas estrategias, distintas formas de visualizar un objeto matemático”. Esta exploración fue continua y adaptada a necesidades cambiantes de sus cursos.

Federico reconoció aprendizaje por intuición y experiencia: “he funcionado mucho por intuición, ¿ya?, me he ido dando cuenta qué cosas funcionan, qué cosas no”. Este aprendizaje experiencial mediante ensayo-error fue central en su desarrollo de competencias tecnológicas.

Carlos, quien tuvo “formación desde el pregrado estuvo involucrada con temas tecnológicos...tuve la posibilidad de complementar mi formación matemática con aprendizajes, varios lenguajes de programación”, mencionó inspiración de recursos en línea de alta calidad: “Yo ahí coloqué a ThreeBlueOneBrown (3Blue1Brown), o sea, sus videos y animaciones me fascinan, me encantan, y considero que son como lo que a mí me gustaría lograr llegar a hacer con tecnología”. Estos modelos aspiracionales guiaron su autoformación.

Claudio destacó aprendizaje mediante ensayo-error en el aula: “este ensayo y error, esta experiencia dentro del aula...me ha servido también para aprender de ellos”. La práctica directa con estudiantes proporcionó retroalimentación inmediata que informó su aprendizaje.

Diego describió desarrollo de flexibilidad tecnológica mediante exposición acumulativa: “cuando uno aprende tres o cuatro herramientas, ya la quinta es como más fácil de aprender que la primera, como que uno va ganando una cierta flexibilidad”. Esta metacognición sobre su propio aprendizaje refleja sofisticación como aprendiz autodirigido.



4.5. Síntesis de Mecanismos por Participante

La Tabla 3 sintetiza los mecanismos de aprendizaje reportados por cada participante, mostrando la diversidad y combinación de categorías en sus trayectorias.

Tabla 3
Síntesis de Mecanismos de Aprendizaje por Participante

Participante	Transmisivos	Maleables	Transformativos	Autoformación
Humberto	Capacitación en teoría (Rabardel)	-	Integración curricular sistemática	Ensayo-error en práctica escolar previa
Federico	Cursos básicos de computación (insuficientes)	-	-	Aprendizaje autodidacta extensivo; intuición
José	-	-	Investigación y creación de materiales	Búsqueda en internet; exploración de comunidades
Diego	Apoyo de centro especializado	Colaboración en diseño de cursos	-	Desarrollo de flexibilidad tecnológica
Camilo	-	Diálogo con pares	-	Exploración de nuevas aplicaciones; análisis crítico
Samuel	Talleres institucionales de GeoGebra	Co-docencia; intercambio de materiales	-	-
Carmen	-	Equipo interdisciplinario	Proyecto financiado de creación de materiales	Identificación de necesidades propias
Cristóbal	-	-	-	Autodidacta; optimización de práctica
Claudio	-	-	-	YouTube; ensayo-error; aprendizaje de estudiantes
Carlos	Formación en pregrado (programación)	“Charlas de café” colaborativas	Proyectos de diseño financiados	Inspiración en recursos de alta calidad (3Blue1Brown)



Como muestra la tabla, todos los participantes reportaron autoformación, reflejando su centralidad en las trayectorias de aprendizaje. Los mecanismos maleables fueron reportados por cinco participantes, los transmisivos por cuatro, y los transformativos por cuatro. La mayoría de los participantes combinó múltiples categorías, sugiriendo que las trayectorias de aprendizaje son multifacéticas y no lineales.

5. Discusión

Los hallazgos de este estudio revelan un panorama complejo de las trayectorias de aprendizaje de FPM chilenos en integración de tecnología digital. Esta sección discute los resultados en relación con la literatura internacional, profundizando en tres aspectos críticos: la dimensión matemática de la integración tecnológica, la ausencia de mediación institucional, y las implicaciones para políticas educativas.

5.1. Diversidad y Equilibrio de Mecanismos de Aprendizaje

Los resultados confirman la coexistencia de las cuatro categorías de mecanismos de aprendizaje propuestas en el marco teórico: transmisivos, maleables, transformativos y autoformación. Esta diversidad es consistente con la literatura internacional que documenta trayectorias heterogéneas de desarrollo profesional de formadores de profesores (Goos y Beswick, 2021; Uerz et al., 2018).

Un hallazgo significativo es el equilibrio relativo entre las cuatro categorías. Aunque la autoformación fue reportada por todos los participantes, no domina de manera desproporcionada; los mecanismos maleables y transformativos también fueron prominentes. Esto sugiere que, a pesar de la ausencia de políticas sistemáticas de desarrollo profesional para FPM en Chile, estos profesionales encuentran y crean oportunidades diversas de aprendizaje.

Los mecanismos transmisivos, aunque presentes, fueron los menos frecuentes y generalmente valorados como insuficientes por sí solos. Esto es consistente con la crítica de Kennedy (2014) a modelos transmisivos como mecanismos primarios de desarrollo profesional: proporcionan conocimiento inicial pero no generan cambio profundo en la práctica sin complementarse con otros mecanismos.

Los mecanismos maleables, particularmente comunidades de práctica y colaboración entre pares, emergieron como especialmente valorados. Esto resuena con la teoría de comunidades de práctica de Wenger (1998) y con evidencia internacional sobre la efectividad de aprendizaje colaborativo sostenido para formadores de profesores (Olanoff



et al., 2021). La descripción de Carlos de “charlas de café que evolucionan muy bien” captura la naturaleza orgánica y potente de estas comunidades emergentes.

Los mecanismos transformativos, aunque menos frecuentes, fueron reportados como experiencias de aprendizaje profundo. Los proyectos de diseño colaborativo de Carmen y Carlos ejemplifican cómo la indagación sistemática y la creación conjunta de innovaciones generan aprendizaje significativo. Esto es consistente con literatura sobre desarrollo profesional efectivo que enfatiza la importancia de ciclos de diseño, implementación y reflexión (Darling-Hammond et al., 2017).

5.2. La Dimensión Matemática de la Integración Tecnológica

Un aspecto crítico que emerge del análisis es la especificidad matemática de la integración tecnológica. Los participantes no hablaron de tecnología en términos genéricos, sino en relación con contenidos matemáticos específicos y sus representaciones.

Camilo articuló explícitamente la distinción entre uso procedimental y reflexivo de tecnología: “Photomath se encarga de lo procedimental, no lo reflexivo” y enfatizó que “hay que reforzar el diálogo académico y propiciar aprendizaje activo...el proceso reflexivo de descubrir antes de graficar es interesante”. Esta distinción refleja comprensión sofisticada de cómo diferentes tecnologías median diferentes tipos de actividad matemática, consistente con la teoría de génesis instrumental de Rabardel (1995).

Humberto mencionó explícitamente a Rabardel y la distinción entre artefacto e instrumento, indicando que su aprendizaje tecnológico incluyó apropiación de marcos teóricos específicos de educación matemática. Esta teorización de la práctica es característica de desarrollo profesional profundo que trasciende conocimiento técnico superficial.

Claudio enfatizó la búsqueda de “distintas formas de visualizar un objeto matemático”, reconociendo que la tecnología no es neutral, sino que configura cómo los estudiantes acceden y comprenden conceptos matemáticos. Esta conciencia de la mediación semiótica de la tecnología es fundamental para integración pedagógicamente efectiva (Hoyle y Lagrange, 2010).

Diego, con formación en matemática y computación, describió desarrollo de “flexibilidad” para aprender nuevas herramientas, sugiriendo que la competencia tecnológica en matemática no es dominio de herramientas específicas sino capacidad metacognitiva para comprender estructuras subyacentes de diferentes tecnologías y adaptarse a ellas.



Sin embargo, también se observaron ausencias significativas. Pocos participantes mencionaron explícitamente el concepto de orquestaciones instrumentales (Drijvers et al., 2010) o estrategias específicas para equilibrar trabajo técnico y conceptual en el aula. Esto sugiere que, aunque los FPM desarrollan intuiciones sobre integración tecnológica matemáticamente significativa, podrían beneficiarse de mayor exposición a marcos teóricos específicos de educación matemática con tecnología.

5.3. Ausencia de Mediación Institucional y Políticas Sistémicas

Un hallazgo preocupante es la escasa mediación institucional y ausencia de políticas sistémicas de desarrollo profesional para FPM en integración tecnológica. La mayoría de los mecanismos de aprendizaje reportados fueron iniciativas “de abajo hacia arriba”, impulsadas por motivación e iniciativa individual de los FPM, no por políticas institucionales o nacionales.

Esta ausencia contrasta marcadamente con las expectativas establecidas en los Estándares de la Profesión Docente (Ministerio de Educación de Chile, 2021) que requieren que futuros profesores integren tecnología. Existe una desconexión entre expectativas para egresados y apoyo para formadores que deben prepararlos. Como señalan Tondeur et al. (2019), los FPM son “gatekeepers” críticos; sin su preparación adecuada, las expectativas para futuros docentes son irrealistas.

Varios participantes mencionaron apoyo institucional puntual (talleres, centros de apoyo, financiamiento de proyectos), pero ninguno describió una política institucional comprehensiva y sostenida de desarrollo profesional en integración tecnológica. Esto es consistente con la caracterización de Ávalos (2011) del sistema chileno de educación superior como fragmentado y con alta autonomía institucional, lo que dificulta políticas sistémicas.

La dependencia de autoformación y colaboración informal, aunque refleja agencia y profesionalismo de los FPM, también genera inequidades. Los FPM con mayor capital cultural, acceso a redes profesionales y recursos institucionales tienen ventajas significativas. Los FPM en instituciones con menos recursos o en regiones más aisladas enfrentan mayores barreras para su desarrollo profesional.

Carmen articuló la importancia de apoyo institucional para proyectos transformativos: “cuando uno escribe bien las necesidades y propone una solución, puede llegar a conseguir recursos para la idea”. Sin embargo, también reconoció que este apoyo requiere



iniciativa individual y capacidad de articular propuestas, no es proporcionado proactivamente por la institución.

Esta situación contrasta con sistemas educativos que han implementado políticas nacionales de desarrollo profesional para formadores de profesores, como programas de certificación, redes nacionales de FPM, o financiamiento específico para proyectos de innovación en formación docente (Darling-Hammond et al., 2017).

5.4. Implicaciones para Políticas Educativas

Los hallazgos tienen implicaciones significativas para políticas educativas a nivel institucional y nacional:

Políticas institucionales: Las universidades que forman profesores de matemática deberían desarrollar políticas explícitas de desarrollo profesional para sus FPM en integración tecnológica. Esto podría incluir: (a) tiempo protegido para exploración y experimentación con tecnologías, (b) financiamiento para participación en conferencias y redes profesionales, (c) apoyo técnico y pedagógico de centros especializados, (d) reconocimiento y valoración de innovaciones tecnológicas en evaluación académica, y (e) facilitación de comunidades de práctica internas.

Políticas nacionales: El Ministerio de Educación podría considerar: (a) desarrollo de estándares o competencias esperadas para FPM en integración tecnológica, paralelos a los estándares para futuros profesores, (b) financiamiento de redes nacionales de FPM para intercambio de experiencias y recursos, (c) programas de certificación o formación avanzada en integración tecnológica en educación matemática, (d) investigación sistemática sobre prácticas efectivas de FPM chilenos, y (e) plataformas nacionales para compartir recursos y materiales desarrollados por FPM.

Formación de FPM: Los programas de doctorado en educación matemática deberían incluir componentes explícitos sobre integración tecnológica y preparación para el rol de formador de profesores. Actualmente, muchos FPM aprenden este rol “sobre la marcha” sin preparación formal.

Colaboración interinstitucional: Dada la fragmentación del sistema chileno, la colaboración entre instituciones es crítica. Redes regionales o temáticas de FPM podrían compartir recursos, desarrollar proyectos conjuntos y generar masa crítica para innovación.



5.5. Fortalezas y Limitaciones del Estudio

Este estudio tiene varias fortalezas. Primero, aborda una brecha significativa en la literatura sobre FPM en el contexto chileno. Segundo, emplea un marco teórico robusto que integra perspectivas complementarias de Kennedy (2014) y Goos y Beswick (2021). Tercero, la metodología cualitativa permite capturar la complejidad y diversidad de trayectorias de aprendizaje desde la perspectiva de los propios FPM.

Sin embargo, también presenta limitaciones. La muestra de diez participantes, aunque diversa, no es representativa de todos los FPM chilenos. Los participantes representan a FPM que integran activamente la tecnología, lo que puede sesgar hacia experiencias más positivas y proactivas. FPM que no integran tecnología o que enfrentan mayores barreras pueden tener perspectivas diferentes. Además, el estudio se basa en auto-reportes en grupos focales; observación directa de prácticas de FPM y análisis de materiales que desarrollan proporcionarían evidencia complementaria. Finalmente, el estudio es transversal; la investigación longitudinal que siga trayectorias de FPM a lo largo del tiempo proporcionarían comprensión más profunda de procesos de desarrollo profesional.

6. Conclusiones

Este estudio caracterizó las trayectorias de aprendizaje de Formadores de Profesores de Matemática chilenos en integración de tecnología digital, respondiendo a la pregunta: ¿Cómo aprenden los FPM a integrar la tecnología digital para preparar a los futuros docentes? Los hallazgos revelan un panorama complejo donde coexisten cuatro categorías equilibradas de mecanismos de aprendizaje: transmisivos, maleables, transformativos y de autoformación.

Los FPM chilenos demuestran notable agencia y profesionalismo, creando y aprovechando oportunidades diversas de aprendizaje a pesar de la ausencia de políticas sistemáticas de desarrollo profesional. La autoformación mediante búsqueda autodidacta, ensayo-error e investigación personal es ubicua, reflejando la naturaleza autodirigida del aprendizaje adulto profesional. Los mecanismos maleables, particularmente comunidades de práctica emergentes y colaboración entre pares, son especialmente valorados y efectivos. Los mecanismos transformativos, aunque menos frecuentes, generan aprendizaje profundo mediante indagación colaborativa y diseño de innovaciones. Los mecanismos transmisivos, aunque presentes, son insuficientes por sí solos y requieren complementarse con otros enfoques.



Un aspecto crítico que emerge es la especificidad matemática de la integración tecnológica. Los FPM no aprenden sobre tecnología en abstracto, sino sobre cómo herramientas específicas median el aprendizaje de conceptos matemáticos particulares. Esta comprensión disciplinar profunda distingue la integración tecnológica efectiva en educación matemática de usos genéricos o superficiales de la tecnología.

Sin embargo, el estudio también revela una brecha preocupante: la ausencia de mediación institucional y políticas sistémicas de desarrollo profesional para FPM. Las trayectorias de aprendizaje son predominantemente informales, iniciadas “desde abajo” por los propios formadores, sin apoyo estructurado de instituciones o del sistema nacional. Esta situación genera inequidades y limita el potencial de desarrollo profesional, especialmente para FPM en instituciones con menos recursos.

Las implicaciones para la política educativa son claras. Se requieren políticas institucionales que proporcionen tiempo, recursos y reconocimiento para el desarrollo profesional de FPM en integración tecnológica fortalecerían las condiciones para que estos formadores apoyen efectivamente a los nuevos docentes en la integración tecnológica en su propia docencia. Desde las políticas nacionales se favorecería el desarrollo profesional de FPM al establecer expectativas sobre su rol en la integración de tecnologías digitales en la disciplina matemática escolar, financiar redes profesionales y facilitar el intercambio de experiencias y recursos. La formación de nuevos FPM debe incluir preparación explícita en integración tecnológica y en el rol de formador de profesores.

Este estudio contribuye a la literatura emergente sobre formadores de profesores de matemática; un grupo crítico, pero subinvestigado en el sistema educativo. Proporciona evidencia empírica sobre sus trayectorias de aprendizaje en el contexto chileno y ofrece un marco teórico integrado para analizar desarrollo profesional de FPM que puede ser útil en otros contextos. Los hallazgos subrayan la necesidad de reconocer y apoyar a los FPM como profesionales que requieren desarrollo continuo, no solo como expertos que transmiten conocimiento estático.

Sugerimos que la investigación futura explore las trayectorias de FPM que no integran activamente tecnología, para comprender barreras y necesidades de este grupo. Por ejemplo, estudios longitudinales podrían seguir el desarrollo profesional de FPM a lo largo del tiempo, identificando puntos críticos y factores que facilitan u obstaculizan el aprendizaje. Similarmente, desarrollar investigación comparativa entre instituciones con diferentes niveles de apoyo institucional podría identificar prácticas efectivas de política



institucional. Finalmente, estudios que conecten las prácticas de FPM con los aprendizajes de sus estudiantes (futuros profesores) proporcionarían evidencia sobre el impacto de diferentes enfoques de integración tecnológica en la formación inicial docente.

En conclusión, los FPM chilenos están aprendiendo a integrar tecnología digital mediante trayectorias diversas, creativas y autodirigidas. Sin embargo, para que este aprendizaje sea equitativo, sostenible y alineado con las expectativas nacionales para la formación docente, se requiere mayor apoyo institucional y políticas sistémicas que reconozcan y potencien el rol crítico de los FPM como mediadores entre la tecnología y la práctica docente matemática.

Declaración de contribución y autoría

Monika Dockendorff: Conceptualización, Metodología, Análisis formal, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición.

Florencia Gómez Zaccarelli: Conceptualización, Metodología, Análisis formal, Redacción – revisión y edición.

Declaración de uso de Inteligencia Artificial

Se utilizó el traductor de Deepl (versión Pro) con el propósito de traducir el resumen a los idiomas solicitados por la revista (inglés, portugués y francés). Las y los autores revisaron y editaron el contenido generado por la herramienta, y asumen toda la responsabilidad por la versión final enviada a la Relime.

Referencias

- Ávalos, B. (2011). Teacher professional development in Teaching and Teacher Education over ten years. *Teaching and Teacher Education*, 27(1), 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.007>
- Braun, V., y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., y Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.
- Davor, I., Boateng, F. O., y Akweitley, E. (2026). Modeling the impact of teachers' digital pedagogical content knowledge (DPACK) on instructional quality and student mathematics achievement. *Frontiers in Education*, 11, 1807792. <https://doi.org/10.3389/educ.2026.1807792>



- Dockendorff, M., López, D., Gomez Zaccarelli, F., y Lavicza, Z. (2026). Technology integration levels and related beliefs of Mathematics Teacher Educators in Chile. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 21, 015. <https://doi.org/10.58459/rptel.2026.21015>
- Dockendorff, M., Merino, R., y Gomez Zaccarelli, F. (2026). Challenges to using digital technologies in mathematics teaching and learning: the view of Chilean teacher educators. *Frontiers in Education*, 11, 1795323. <https://doi.org/10.3389/educ.2026.1795323>
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., y Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: Instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 213–234. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>
- Goos, M., y Beswick, K. (Eds.). (2021). *The learning and development of mathematics teacher educators: International perspectives and challenges*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-62408-8>
- Hoyles, C., y Lagrange, J.B. (Eds.). (2010). *Mathematics education and technology—Rethinking the terrain*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0>
- Jacinto, H., y Carreira, S. (2026). Techno-Mathematical Fluency. *Encyclopedia*, 6(5), 101. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia6050101>
- Kennedy, A. (2014). Models of continuing professional development: A framework for analysis. *Professional Development in Education*, 40(3), 336–351. <https://doi.org/10.1080/19415257.2014.929293>
- Lindenbauer, E., Bozkurt, G., y Yiğit Koyunkaya, M. (2026). Exploring a mathematics teacher educator's knowledge and learning in designing and implementing a teacher training course on digital resource design. *Journal of Mathematics Teacher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10857-026-09745-2>
- León Naranjo, J. R., Vargas San Lucas, G. J., y García Vásquez, H. R. (2025). El modelo TPACK como marco para la integración pedagógica de la tecnología en el aula. *Aula Virtual*, 6(13), e427. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.15126677>
- Ministerio de Educación de Chile (2021). *Estándares de la profesión docente: Carreras de pedagogía*. MINEDUC.



- Mishra, P., y 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>
- Olanoff, D., Masingila, J. O., y Kimani, P. M. (2021). Supporting mathematics teacher educators' growth and development through communities of practice. In M. Goos, y K. Beswick (Eds.), *The learning and development of mathematics teacher educators: International perspectives and challenges* (pp. 147–166). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62408-8_8
- Park Rogers, M., Cross Francis, D., Mikeska, J. N., Kaur Bharaj, P., Gustaveson, A., Ogundapo, T., Kinsey, D., Lottero-Perdue, P. S., Howell, H., Shekell, C., Maltese, A., y Reich, J. (2026). Examining Mathematics and Science Teacher Educators' Experiences with Digital Simulations Designed to Support Pre-Service Teachers' Facilitation of Argumentation-Focused Discussions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 24(4), 38. <https://doi.org/10.1007/s10763-026-10657-z>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies: Approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Reyes-Rojas, J., Díaz, B., Ruz-Reveco, C., Castro, A., y Reyes-González, D. (2026). Conceptualizing pre-service teachers' readiness for AI integration into teaching practices: An intelligent-TPACK approach. *Computers and Education Open*, 10, 100320. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100320>
- Tondeur, J., Scherer, R., Baran, E., Siddiq, F., Valtonen, T., y Sointu, E. (2019). Teacher educators as gatekeepers: Preparing the next generation of teachers for technology integration in education. *British Journal of Educational Technology*, 50(3), 1189–1209. <https://doi.org/10.1111/bjet.12748>
- Uerz, D., Volman, M., y Kral, M. (2018). Teacher educators' competences in fostering student teachers' proficiency in teaching and learning with technology: An overview of relevant research literature. *Teaching and Teacher Education*, 70, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.11.005>
- Valero Larico, D., Benavente Gutierrez, M. A., Talavera-Mendoza, F., y Rucano Paucar, F. H. (2026). Digital applications in mathematics learning for secondary school students: A systematic literature review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 22(1), em2768. <https://doi.org/10.29333/ejmste/17760>



Weinhandl, R., Mayrhofer, J., y Bleckenwegner, V. (2026). Exploring Mathematics Teachers' Views on Integrating Technology-Enhanced Learning Environments in a Digital One-to-One Environment. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1007/s40751-026-00199-y>

Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511803932>

