



Tendencias sobre el conocimiento profesional de los profesores de geometría, en la educación básica y media: una revisión sistemática de la literatura

Recibido: 13 de diciembre de 2023
Evaluado: 30 de enero de 2025
Publicado: 01 de octubre de 2026

Claudia Lorena Mora-Pérez*  
Mauro Rivas-Olivo**  

Tipología: artículo de revisión

Resumen

En este artículo, presentamos una revisión sistemática descriptiva de la literatura sobre el conocimiento del profesor de geometría en los niveles de educación básica (6-14 años) y media (15-18 años), que se encuentran publicados en revistas de investigación académica-científica. Esta revisión reúne la información de los artículos publicados entre los años 2012 y 2022. La búsqueda sistemática descrita con detalle permitió la selección de cuarenta estudios, en los que se identifican tendencias sobre los tipos de participantes, contenido geométrico tratado, modelo del conocimiento del profesor utilizado y nivel de enseñanza al que se refieren. Asimismo, se presentan los resultados más relevantes de nueve estudios (de los cuarenta) con profesores en servicio. Los resultados indican que hay un predominio de los trabajos con profesores en formación inicial. En cuanto al contenido geométrico, predomina el estudio de objetos bidimensionales básicos; además, en lo relativo al nivel educativo destaca el de educación primaria. Se identificó también que el modelo más utilizado es el Conocimiento Matemático para la Enseñanza (Mathematical Knowledge for Teaching). Sobre el desarrollo del conocimiento profesional, según los resultados de los estudios realizados con profesores en servicio, se encuentra que tienden a subrayar la necesidad de mejorar su formación profesional en el contenido sobre geometría y en su didáctica.

Palabras clave:

profesores de educación básica; profesores de educación media; formación docente en servicio; educación matemática; geometría

* Magíster en Enseñanza de las Matemáticas. Universidad Tecnológica de Pereira. claudialorena.mora@utp.edu.co
** Doctor en Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada. maurorivas@ugr.es

Trends in Geometry Teachers' Professional Knowledge in Elementary, Middle and High School Education: A Systematic Literature Review

Abstract

On this article, a descriptive and systematic literature review is presented focused on the geometry teachers' professional knowledge at the elementary (ages 6 to 10), middle (ages 11 to 14) and high school (ages 15 to 18) levels, published in academic-scientific research journals. This review brings together information from articles published in the period between 2012 and 2022. The systematic search, which is carried out and described in detail, resulted in the selection of 40 studies. Through a comprehensive analysis of this corpus, several predominant trends were identified, such as the types of participants, the geometric content treated, teacher's knowledge model used and level of teaching to which the studies pertain. At the same time, the most relevant results with in-service (active) teachers and from 9 of the 40 studies are presented. The results indicate that implemented with teachers in initial training are the predominant trend. In terms of geometric content, the study of basic two-dimensional objects predominates, particularly within the context of elementary education. Furthermore, the Mathematical Knowledge for Teaching (MKT) framework emerged as the predominant theoretical model employed across the selected studies. Regarding the development of professional knowledge, studies conducted with in-service teachers highlight the need to enhance teachers' professional training in both geometry content and its teaching methods (pedagogy).

Keywords

middle school teachers; high school teachers; in-service teacher education; mathematics education; geometry

Tendências do conhecimento profissional de professores de geometria do ensino fundamental e médio: uma revisão sistemática da literatura

Resumo

Neste artigo, apresentamos uma revisão sistemática descritiva da literatura sobre os conhecimentos do professor de geometria nos níveis fundamental (6-14 anos) e médio (15-18 anos), publicados em revistas de pesquisa acadêmico-científica. Esta revisão reúne informações de artigos publicados no período entre 2012 e 2022. A pesquisa sistemática, que é realizada e descrita em detalhe, permitiu a seleção de 40 estudos, nos quais se identificam tendências sobre os tipos de participantes, conteúdos geométricos abordados, modelo de conhecimento do professor utilizado e nível de ensino a que se referem. São também apresentados os resultados mais relevantes de nove estudos (dos 40) com professores em serviço. Os resultados indicam que há uma predominância de estudos realizados com professores em formação inicial; em termos de conteúdos geométricos, predomina o estudo de objectos bidimensionais básicos; em termos de nível de ensino, predomina o ensino básico; e o modelo mais utilizado é o Conhecimento Matemático para o Ensino (*Mathematical Knowledge for Teaching*). Quanto ao desenvolvimento do conhecimento profissional, de acordo com os resultados dos estudos realizados com professores em serviço, estes tendem a sublinhar a necessidade de melhorar a formação profissional dos professores em conteúdos e didática da geometria.

Palavras chave

professores do ensino médio; formação continuada de professores; educação matemática; geometria

Para citar este artículo:

Mora-Pérez, C. L. y Rivas-Olivo, M. (2026). Tendencias sobre el conocimiento profesional de los profesores de geometría, en la educación básica y media: una revisión sistemática de la literatura. *Revista Colombiana de Educación*, (101), e20490, <https://doi.org/10.17227/rce.num101-20490>

Introducción

El estudio sobre el conocimiento del profesor ha constituido, desde sus caracterizaciones iniciales (Shulman, 1986), un ámbito de primordial relevancia en las ciencias de la educación, particularmente, en educación matemática. El tema del desarrollo de este tipo de conocimiento ha despertado un creciente interés en los espacios de investigación y formación del profesorado (Aparicio-Landa *et al.*, 2021; Montes *et al.*, 2022; Ponte y Chapman, 2006). Dado el crecimiento progresivo de los estudios realizados en este ámbito (Huang *et al.*, 2020), cobra interés identificar tendencias, necesidades y resultados relevantes. En tal sentido, en este artículo se presentan los resultados de una revisión sistemática de tipo descriptiva (Newman y Gough, 2020; Paré *et al.*, 2015) centrada en una revisión de artículos publicados en diferentes sistemas de información que: a) indizan las revistas de impacto en el ámbito científico-académico (*Web of Science*, *Scopus*) (Zhu y Liu, 2020), b) están dedicadas exclusivamente al campo de la educación (ERIC: *Education Resources Information Center*) (Robbins, 2001), y c) son de amplia difusión (*Google Scholar*) (Martín-Martín *et al.*, 2018). Estos sistemas de información son utilizados para acceder a los artículos que han tratado la temática del conocimiento del profesor de matemáticas, el cual, al referirse específicamente al contenido geométrico, a su enseñanza y aprendizaje, es de suma importancia continuar con la sistematización de hallazgos y métodos (Jones y Tzezaki, 2016).

Dado que la temática referida constituye un campo de estudio que involucra la interacción de diversos elementos (Ponte y Chapman, 2006), se hace necesario establecer elementos específicos de interés. En este caso, es pertinente estudiar, dentro de esta temática, aspectos como los tipos de participantes, la geometría de educación básica y media como contenido matemático estudiado, el modelo de conocimiento del profesor utilizado y el nivel educativo al que se refieren. Ubicados en este contexto de ideas, surgen las siguientes preguntas: ¿Qué tendencias presentan estos aspectos en la producción académico-científica, reportada en artículos de investigación, sobre el conocimiento del profesor de matemáticas para enseñar geometría? Para responder a esta pregunta, se ha considerado pertinente responder a: ¿Qué tendencias presentan en esta producción los tipos de participantes —profesor de matemáticas en formación inicial y en servicio— sobre la enseñanza de la geometría? ¿Qué tendencias presenta en esta producción el uso de modelos o qué teorías se han utilizado para estudiar los conocimientos del profesor de matemáticas, el contenido geométrico y el nivel educativo de ese contenido, con profesores en formación inicial y en servicio? Y ¿qué tendencias presentan en esa producción los

resultados de las investigaciones que se han desarrollado sobre el conocimiento profesional del profesor de matemática, con profesores en servicio?

Sobre la base de estas preguntas, la revisión de la literatura en torno al tema que nos ocupa tiene dos objetivos:

—O1: Identificar tendencias en la investigación sobre el conocimiento del profesor de geometría, según los tipos de participantes y en cuanto al contenido geométrico tratado, modelo de conocimiento del profesor utilizado y nivel educativo de enseñanza referido.

—O2: Determinar tendencias y posibles avances en la investigación sobre el desarrollo del conocimiento profesional del profesor de geometría en los niveles de básica y media.

En función de estos dos objetivos, el trabajo se organiza en dos partes. La primera parte, para el logro del objetivo O1, la cual se desarrolla bajo un enfoque general sobre tres aspectos de interés del conocimiento del profesor de geometría (contenido geométrico, modelo de conocimiento y nivel educativo), en el que se considera que este tipo de conocimiento se puede desarrollar tanto para profesores en formación inicial como aquellos en servicio. En la segunda parte, para el logro del objetivo O2, se afina la mirada y se enfoca la atención en estudios realizados con profesores en servicio, frente a lo cual se asume que el desarrollo del conocimiento profesional del profesor es el que se logra con este tipo de profesores, puesto que, según Climent (2002), el conocimiento profesional del profesor “(...) consiste en la conjunción de todos los saberes y experiencias que un profesor posee y de los que hace uso en el desarrollo de su labor docente (...)” (pp. 52-53).

Temática y categorías de estudio

De acuerdo con los objetivos formulados, se identifican una temática (T) y cinco categorías de estudio (C1, ..., C5). Una temática (T): Conocimiento del Profesor de Geometría. Cinco categorías de estudio: C1: Tipos de Participantes, C2: Contenido Geométrico de Educación Básica y Media, C3: Modelo de Conocimiento del Profesor, C4: Nivel Educativo y C5: Resultados con Profesores en Servicio. Es menester referir que las categorías C1, ..., C4 corresponden a lo formulado en el objetivo O1, mientras la categoría C5 corresponde al O2. En la figura 1 se presentan, de manera esquemática, las relaciones entre la temática (T) y estas categorías. A continuación, se realiza una breve descripción de cada una de ellas.

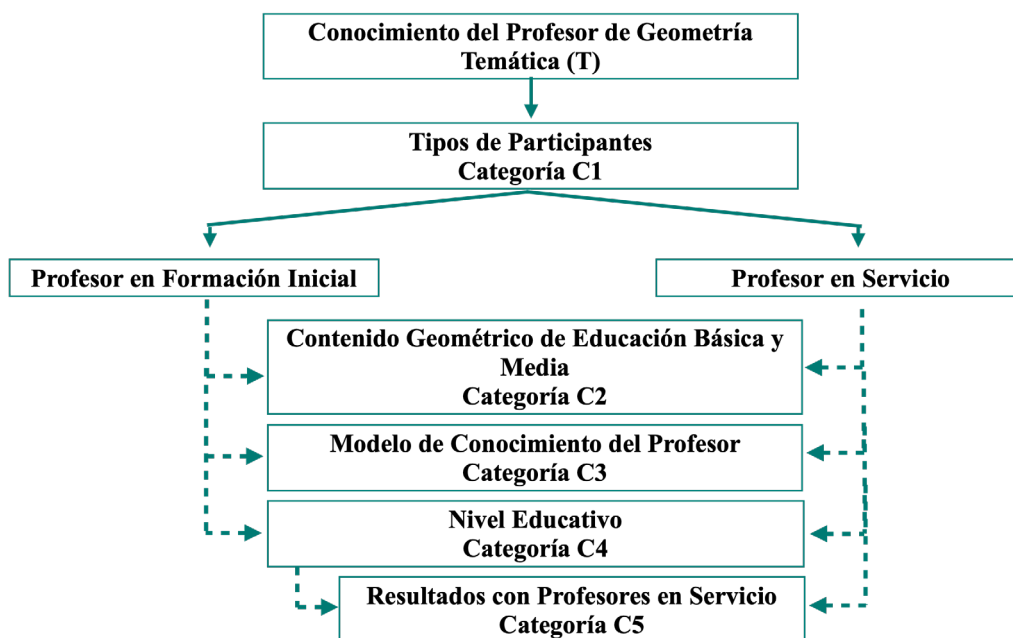


Figura 1.

Temática, categorías de estudio y sus relaciones

Fuente: elaboración propia.

Conocimiento del Profesor de Geometría (T)

El conocimiento del profesor de geometría se interpreta como la idea común que surge al considerar diferentes planteamientos que tienen como objeto su estudio (pedagógico del contenido o necesario para enseñar matemática o didáctico-matemático o especializado), propuestos por una diversidad de investigadores: Shulman (1986), Ball (2000), Schoenfeld y Kilpatrick (2008), Carrillo *et al.* (2013), Pino-Fan y Godino (2015), cuyo contenido matemático es el referido a la geometría. Se entiende el conocimiento como la amplia red de conceptos, procedimientos, representaciones, propiedades, argumentaciones y habilidades intelectuales que posee el ser humano o que forma parte del patrimonio histórico-cultural de una sociedad, el cual puede ser adquirido por medio de la práctica individual o en interacción con otros, en diversos contextos (Godino, 2009). En particular, y para efectos del desarrollo de la segunda parte de esta revisión, el conocimiento profesional del profesor de geometría se interpreta en los términos expuestos por Climent (2002), antes referidos.

Tipos de Participantes (C1)

Dado que la temática de esta revisión trata sobre el conocimiento del profesor, emergen dos tipos de participantes o subcategorías, a saber: Profesor en Formación Inicial y Profesor en Servicio. Será de especial interés la subcategoría que agrupa a los profesores en servicio, puesto que son los que ponen en juego, en su quehacer diario como docentes, este tipo de conocimiento (Climent, 2002).

Contenido Geométrico en Educación Básica y Media (C2)

El “Contenido Geométrico en Educación Básica y Media” se interpreta en función del contenido geométrico para estos niveles según lo curricularmente establecido por el Ministerio de Educación colombiano (MEN, 2006). Se tendrá como referencia el currículo del contexto educativo colombiano como un currículo similar o cercano, en su diseño y contenido geométrico, al propuesto en los currículos comúnmente desarrollados en otros países. En la Tabla 1 se enlistan los contenidos geométricos de referencia.

Tabla 1.

Contenidos curriculares en geometría de básica (6-14 años) y media (15-18 años)

Contenidos		
Básica primaria (1.º a 5.º)	Básica secundaria (6.º a 9.º)	Media (10.º a 11.º)
Objetos bidimensionales	Objetos tridimensionales	Propiedades de las curvas (cónicas)
Objetos tridimensionales	Cortes rectos y transversales de objetos tridimensionales.	Sistemas de representación cartesiana y otros.
Horizontalidad, verticalidad, paralelismo y perpendicularidad	Polígonos	Curvas y figuras Cónicas
Traslaciones y giros sobre una figura	Transformaciones rígidas y homotecias.	Propiedades geométricas de figuras cónicas.
Simetrías	Semejanza y congruencia entre figuras	Relaciones y funciones trigonométricas.
Congruencia y semejanza entre figuras	Objetos en sistemas de representación cartesiana y geográfica.	
Dirección, distancia y posición en el espacio	Teoremas básicos (Pitágoras y Tales)	
Ángulos	Congruencia y semejanza entre triángulos.	
Sistemas de coordenadas		

Fuente: adaptado de Ministerio de Educación Nacional MEN (2006).

Modelo de Conocimiento del Profesor (C3)

Al hablar de los estudios realizados en torno al conocimiento del profesor, es casi imprescindible referirse a los “modelos del conocimiento del profesor”. En la Figura 2, se muestra de manera esquemática y cronológica algunos de los más utilizados en el ámbito de la investigación en educación matemática. Por razones de espacio no vamos a referirnos a detalles sobre los mismos; la consulta al respecto puede hacerse en la bibliografía referida en la Figura 2; para tales efectos se han incluido en el apartado algunas referencias,¹ así como las principales en la producción de estos modelos.

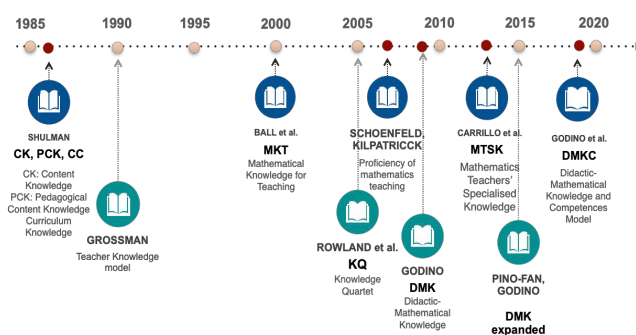


Figura 2.

Algunos modelos del conocimiento y competencia del profesor de matemática.

Fuente: elaboración propia.

Nivel Educativo (C4)

Esta categoría se refiere a los niveles en los que generalmente se organizan los sistemas educativos. Tomaremos como referencia el utilizado en el sistema colombiano, el cual, en función de las edades del alumnado, se asimilará al resto de los existentes en otros países. Los valores de interés para este trabajo son: Básica-primaria (6-10 años), Básica-secundaria (11-14 años) y Media (15-18 años).

Resultados con Profesores en Servicio (C5)

Los Resultados con Profesores en Servicio consisten en la variedad de aportaciones que pueden surgir del análisis de las secciones de resultados, discusión y conclusiones reportados en investigaciones sobre el desarrollo del

¹ Shulman (1986), Ball (2000), Ball et al. (2001), Hill et al. (2008), Rowland et al. (2005), Schoenfeld y Kilpatrick (2008), Godino (2009), Carrillo et al. (2013), Pino-Fan y Godino (2015), Godino et al. (2017).

conocimiento profesional del profesor, seleccionadas en función de la temática (T) Conocimiento del Profesor de Geometría, la categoría Nivel Educativo de Básica y Media y la subcategoría Profesor en Servicio.

Metodología

Tipo de investigación

El trabajo consiste en una revisión sistemática cualitativa de la literatura (Newman y Gough, 2020), de tipo descriptiva (Paré *et al.*, 2015), mediante la cual se espera mostrar tendencias (predominios) y aportaciones de los estudios realizados en torno al conocimiento del profesor de geometría. Los artículos estudiados son los publicados en un lapso de diez años (2012-2022), durante el cual queda comprendido el periodo en el que se presenta la mayor evolución de la investigación sobre formación del profesorado (Huang *et al.*, 2020). De acuerdo con Newman y Gough (2020), una revisión sistemática consiste en una revisión rigurosa y transparente, que sea reproducible y actualizable. Con el fin de lograr estas características, a continuación se presenta una descripción del procedimiento implementado, de acuerdo con lo propuesto por estos autores.

Procedimiento

La investigación se ha desarrollado según el esquema presentado en la Figura 3. En función de lo expuesto hasta ahora, estamos situados en la construcción de los criterios de selección.

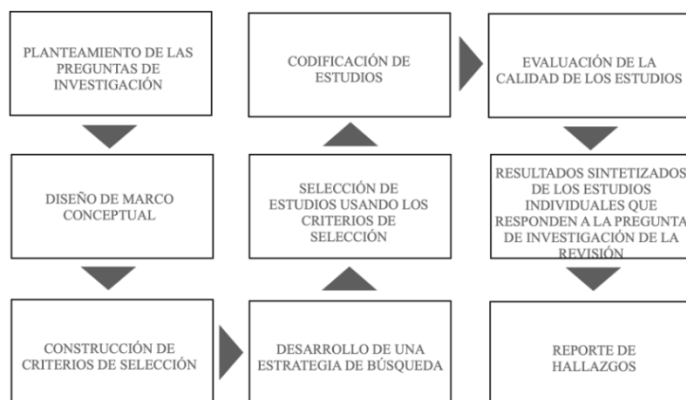


Figura 3.

El proceso de revisión sistemática.

Fuente: adaptación del proceso de revisión sistemática propuesto por Newman y Gough (2020, p. 6).

Criterios de selección

Los criterios de selección utilizados de manera anidada se aplican en el siguiente orden:

1. Títulos pertinentes: selección de artículos cuyos títulos contengan alguno de los términos clave (Tabla 2, primera columna), elegidos de los primeros resultados de los sistemas de información, treinta primeros de las bases de datos (Web of Science, en adelante WoS, Scopus, ERIC), cincuenta primeros de Google Scholar.
2. Trabajos pertinentes: selección de artículos en cuyo resumen/*abstract* se refiere al estudio del conocimiento del profesor de matemática.
3. Trabajos con la temática (T): selección de trabajos que contienen en su resumen/*abstract* el término “geometría” o “geometry”.
4. Trabajos de los niveles de básica y media: selección de trabajos que tratan estos niveles educativos.
5. Trabajos con profesores en servicio: selección de trabajos cuyos participantes son profesores en servicio.
6. El uso de estos criterios, en el proceso de selección de los artículos, se informa en el siguiente subapartado.

Desarrollo de la estrategia de búsqueda

Para el desarrollo de la estrategia de búsqueda se siguió el procedimiento implicado en la declaración *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (Prisma) (Moher *et al.*, 2009), el cual consiste en un diagrama de flujo con cuatro fases: identificación, selección, elegibilidad e inclusión. El uso de este procedimiento permite la replicación y actualización de la investigación. En la Figura 4 se presenta el uso de este diagrama para la selección de los artículos.

El procedimiento desarrollado, que incluye la aplicación de este diagrama, es el siguiente:

—Selección de términos clave para la búsqueda, relacionados con la temática (T) y las categorías antes referidas (Tabla 2, primera columna).

—Búsqueda de artículos, según los términos clave seleccionados, en los sistemas de información (WoS, Scopus, ERIC, Google Scholar), con los filtros: periodo (2012-2022), idioma inglés y español (dado que en la actualidad cualquier revista académica-científica indizada incluye resumen y palabras clave en inglés), artículos y acceso abierto. La ecuación de búsqueda consiste en el uso de los términos clave, separados por una coma, y de los filtros referidos.

- Aplicación del primer criterio de selección.
- Aplicación del segundo criterio de selección.
- Registro de los trabajos pertinentes en una hoja de Excel que incluye: título del artículo, palabras clave y resumen o *abstract*.
- Eliminación de los trabajos repetidos.
- Aplicación del tercer criterio de selección.
- Aplicación del cuarto criterio de selección.
- Análisis descriptivo de los artículos obtenidos en el paso ocho.
- Aplicación del quinto criterio de selección.
- Análisis de la sección Resultados de los artículos seleccionados en el paso 10.

El procedimiento empleado ha conducido a la selección de artículos de investigación empírica.

Resultados

Estudios seleccionados

Los artículos seleccionados mediante el procedimiento implicado en Prisma, antes descrito, esquematizado en la Figura 4, constituyen dos conjuntos: uno formado por los cuarenta artículos que abordan la temática (T), y el otro, subconjunto del anterior, constituido por los nueve artículos, cuyos participantes o muestra (o parte de estos/a) son profesores en servicio.

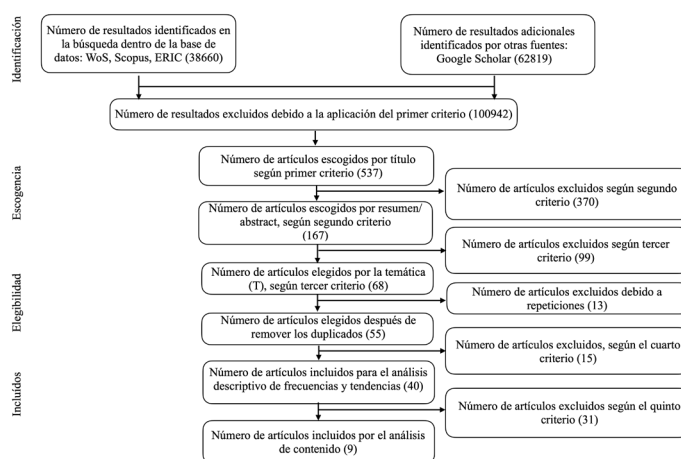


Figura 4.
Resultados obtenidos en las etapas de la búsqueda realizada
Fuente: adaptado de Moher et al. (2009, p. 3).

Codificación de estudios y evaluación de la calidad de los estudios

El proceso de selección de artículos ameritó un registro en el que se iban asentando los resultados parciales, expuestos en la Tabla 2. De la búsqueda en WoS, con once grupos de términos clave, en español (5) y en inglés (6), por medio de un primer filtrado según los títulos de los trabajos, se obtuvieron 81 títulos pertinentes, de 2170 obtenidos a partir de los grupos de términos claves. Luego, una lectura del resumen/*abstract* de estos 81 trabajos nos permitió identificar 48 trabajos pertinentes, es decir, que tratan sobre el conocimiento del profesor de matemática.

Mediante un procedimiento similar al realizado en WoS, en Scopus, de acuerdo con la información mostrada en la Tabla 2, se obtuvieron 41 trabajos pertinentes. De manera similar, en ERIC, se encontraron 32 trabajos pertinentes. En Google Scholar se procedió de la misma manera y se obtuvieron 46 trabajos pertinentes. Al sumar los trabajos pertinentes encontrados, da un total de 167 artículos.

A continuación, se codificó y registró la información de estos 167 artículos en una hoja de Excel, en la que se incluyeron los datos: título, palabras clave, resumen/ *abstract*. En dicho registro, se aplicó un filtro con los términos clave “geometría” o “geometry”, de lo cual se obtuvo como resultado la selección de cuarenta artículos. A partir de esta selección, se practicaron las acciones específicas encaminadas al logro de los objetivos propuestos, lo cual se presenta a continuación.

Tabla 2.

Selección de artículos en función del procedimiento descrito y las variables propuestas

Términos clave	Herramienta de búsqueda											
	WoS			Scopus			ERIC			Google Scholar		
	# Resultados	# Tit. Pertinentes	# Trab. Pertinentes	# Resultados	# Tit. Pertinentes	# Trab. Pertinentes	# Resultados	# Tit. Pertinentes	# Trab. Pertinentes	# Resultados	# Tit. Pertinentes	# Trab. Pertinentes
conocimiento, profesor, matemáticas	2	2	2	12	12	12	0	0	0	3010	36	14
knowledge, teacher, mathematics	2073	26	20	3366	13	2	1218	16	14	17800	14	9

Términos clave	Herramienta de búsqueda											
	WoS			Scopus			ERIC			Google Scholar		
	# Resultados	# Tit. Pertinentes	# Trab. Pertinentes	# Resultados	# Tit. Pertinentes	# Trab. Pertinentes	# Resultados	# Tit. Pertinentes	# Trab. Pertinentes	# Resultados	# Tit. Pertinentes	# Trab. Pertinentes
conocimiento, profesor, enseñar geometría	0	0	0	0	0	0	0	0	0	283	14	3
knowledge, teacher, geometry teaching	56	24	13	140	18	7	4649	20	15	6280	26	8
conocimiento, profesor en formación inicial, enseñar geometría	0	0	0	0	0	0	0	0	0	183	17	1
knowledge, preservice teacher, geometry teaching	3	2	1	15	12	7	8463	21	1	2450	24	4
conocimiento, futuro profesor, enseñar geometría	0	0	0	0	0	0	0	0	0	236	14	2
knowledge, training teacher, geometry teaching	21	15	10	29	15	4	7175	21	1	11700	23	3
knowledge, prospective teacher, geometry teaching	5	4	1	13	13	5	5200	14	1	13300	25	2
conocimiento, profesor en ejercicio, enseñar geometría	0	0	0	0	0	0	0	0	0	287	24	0
knowledge, in service teacher, geometry teaching	10	8	1	26	18	4	6184	20	0	10300	26	0
Total	2170	81	48	360 1	101	41	32889	112	32	62819	243	46

Fuente: elaboración propia.

Resultados sintetizados de los estudios

Resultados en torno al objetivo O1

Para efectos de una mejor organización de la información, en función de los objetivos propuestos, se indican en la Tabla 3 los resultados de la primera subcategoría, Tipo de Participante, es decir, de los Profesores en Formación Inicial (en adelante, PFI). En la Tabla 4 se presentan los relativos a la segunda subcategoría que son los Profesores en Servicio (en adelante, PS). Mientras que, en la Tabla 5, se exponen los trabajos que incluyen ambas subcategorías: PFI y PS. Los modelos de conocimiento del profesor de matemáticas, identificados en los artículos analizados, se presenta en la Figura 5, así como las siglas los significados y la traducción utilizada para referirse a estos.

Modelo	Significado	Traducción
MTSK	Mathematics Teacher's Specialized Knowledge	Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas
KQ	Knowledge Quartet	Cuarteto del Conocimiento
TPACK	Technological Pedagogical Content Knowledge	Conocimiento Pedagógico del Contenido Tecnológico
MCK	Mathematical Content Knowledge	Conocimiento del Contenido Matemático
MKT	Mathematical Knowledge for Teaching	Conocimiento Matemático para la Enseñanza
PCK	Pedagogical Content Knowledge	Conocimiento Pedagógico del Contenido
DMK	Didactic-Mathematical Knowledge	Conocimiento Didáctico-Matemático
CK	Content Knowledge	Conocimiento del Contenido

Figura 5.

Modelos identificados en el estudio del Conocimiento del Profesor

Fuente: elaboración propia.

Se observa en la Tabla 3 una lista de contenidos geométricos para la enseñanza en la educación básica y media, que son objeto de estudio en las investigaciones con PFI, de lo cual se identifica que buena parte estos se refiere a objetos bidimensionales del nivel de básica-primaria.

Tabla 3.

Estudios con profesores en formación inicial (PFI)

#	Autor (es)	Modelo de Conocimiento	Contenido Geométrico	Nivel Educativo
1	Liñán-García <i>et al.</i> (2021)	MTSK	Quinto postulado de Euclides.	Básica-primaria
2	Montes <i>et al.</i> (2022)	MTSK	Definición de polígono	Básica-primaria
3	Gumiero y Pazuch (2021)	KQ	Figuras planas y sólidos geométricos	Básica-secundaria

#	Autor (es)	Modelo de Conocimiento	Contenido Geométrico	Nivel Educativo
4	Segal <i>et al.</i> (2021)	TPACK	Polígonos	Básica-secundaria
5	Clemente y Llinares (2015)		Triángulos	Básica-primaria
6	Florio (2022)		Cónicas: parábola	Educación media
7	Adelabu y Alex (2022)	MCK	Espacio y forma, trigonometría	Educación media
8	Vieira y de Costa-Trindade-Cyrino (2022)		Figuras planas	Todos
9	Yi, <i>et al.</i> (2022)	MKT	Objetos bidimensionales	Básica-primaria
10	Ekawati <i>et al.</i> (2022)	MCK	Espacio y forma.	Todos
11	Ubah (2021)	PCK	Geometría Euclidiana	Básica-secundaria y media
12	Castro <i>et al.</i> (2021)	DMK	Geometría Euclidiana	Básica-primaria
13	Hourigan y Leavy (2017)		Geometría Euclidiana	Básica-primaria
14	Aslan-Tutak y Adams (2015)	CK	Cuadriláteros	Básica-primaria
15	Vodušek y Lipovec (2014)		Cuadrado y circunferencia	Básica-primaria
16	Tertemiz (2012)		Geometría: conceptos básicos	Básica-primaria
17	Erkek y Bostan (2019)		Triángulos y círculos	Básica-secundaria
18	Morales-López (2019)	TPACK	Objetos bidimensionales	Básica-secundaria
19	Karagöz-Akar (2015)	KQ	Bisectriz de un triángulo	Básica-secundaria
20	Eli <i>et al.</i> (2013)	MKT	Objetos bidimensionales y tridimensionales	Básica-secundaria
21	Nason <i>et al.</i> (2012)	PCK	Simetría, transformaciones, objetos tridimensionales	Básica-primaria
22	Zambak y Tyminski. (2020)	MKT	Objetos bidimensionales y tridimensionales	Básica-secundaria
23	Tefera <i>et al.</i> (2021)	MKT	Objetos bidimensionales y tridimensionales	Básica-primaria
24	Aparicio-Landa <i>et al.</i> (2021)		Área del rectángulo	Básica-secundaria y media
25	Saralar-Aras y Birgili (2022)	TPACK	Polígonos, cuadriláteros, objetos tridimensionales	Básica-primaria
26	Özdemir (2022)		Geometría: conceptos básicos	Básica-primaria y secundaria
27	Bonyah y Larbi (2021)	MKT	Solución de problemas geométricos	Básica-primaria
28	Özçakir (2019)	TPACK	Círculos tangentes	Básica-primaria
29	Niyukuri <i>et al.</i> (2020)	MCK	Triángulos, teorema de Thales, cuadriláteros, cónicas, proyecciones, isometrías, homotecias, paralelismo	Básica-secundaria
30	Ilhan y Aslaner (2021)		Objetos bidimensionales y tridimensionales	Todos
31	Dündar y Gündüz (2017)	PCK	Congruencia y semejanza en triángulos	Básica-primaria

Fuente: elaboración propia.

En relación con el Modelo de Conocimiento del Profesor utilizado con PFI, se observa el uso de la diversidad de modelos hasta ahora desarrollados en

educación matemática (Figura 5), en los que se manifiesta un predominio del uso del MKT (5/31; 16,13 %).

Si bien se ha considerado que el desarrollo del conocimiento profesional es el que se logra con profesores en servicio, la revisión de los trabajos presentados en la Tabla 3 ha permitido observar que once de estos estudios (35,5%) informan sobre el desempeño de los PFI al resolver tareas de índole profesional, similares a las que enfrenta un docente en su labor profesional. Por razones de espacio no referiremos a los resultados de estos estudios y este asunto será objeto de otro trabajo.

Se observa en la Tabla 4 que el contenido geométrico estudiado con PS con mayor frecuencia es relativo a los objetos bidimensionales: triángulos, cuadrados, ángulos y transformaciones. Con respecto al Modelo de Conocimiento del Profesor predomina el uso del PCK (2; 40 %). Igual cantidad se presenta con los que no declaran el uso de un modelo específico (2; 40 %), y finalmente, el uso del modelo MKT (1; 20 %).

Tabla 4.

Estudios con profesores en servicio (PS)

#	Autor (es)	Modelo de Conocimiento	Contenido Geométrico	Nivel Educativo
32	Leton et al. (2020)		Objetos bidimensionales: triángulos y cuadrados	Básica-primaria
33	Kurt-Birel, et al. (2020)	PCK	Cuadriláteros, medición de ángulos	Básica-primaria
34	Sunzuma, et al. (2020)		Objetos bidimensionales	Básica-secundaria
35	Sunzuma y Maharaj (2019)	PCK	Geometría: conceptos básicos	Básica-primaria
36	Ng (2012)	MKT	Objetos bidimensionales	Básica-primaria y secundaria

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que la mayoría de las investigaciones realizadas exclusivamente con profesores en servicio se enfocan en el desarrollo de propuestas dirigidas principalmente a la educación básica primaria y secundaria.

De acuerdo con la Tabla 5, los contenidos geométricos predominantes se refieren a objetos bidimensionales: cuadrado y triángulo. En relación con el Modelo de Conocimiento del Profesor utilizado con PFI y PS, no se observa el predominio de ningún modelo.

Tabla 5.

Estudios con profesores en formación inicial (PFI) y en servicio (PS)

#	Autor (es)	Modelo de Conocimiento	Contenido Geométrico	Nivel Educativo
37	Fernandes-Maia-Pereira, Kaiber (2022)	DMK	Geometría plana	Básica-primaria
38	Stupel y Ben-Chaim (2017)		Cuadrado, triángulo, teorema de Pitágoras	Básica-primaria y secundaria
39	Esendemir y Bindak (2019)	MKT	Área del triángulo	Básica-primaria y secundaria
40	Gambini y Lénárt (2021)	MCK	Geometría comparada entre el plano y la esfera	Básica-primaria y secundaria

Fuente: elaboración propia.

Al considerar la información presentada en las tablas 3, 4 y 5, se observa que de los 40 artículos analizados, 31 (77,5 %) se realizan con PFI, mientras que 5 (12,2 %) con PS únicamente, y 4 (10 %) con ambas categorías. Estos resultados muestran una tendencia hacia la realización de investigaciones sobre el conocimiento del profesor de Geometría con PFI.

En torno a los niveles educativos de Básica (Primaria, Secundaria) y Media, y su relación con los PFI y PS, en la Figura 6 se presenta cómo se configura tal relación, y se observa un predominio de los estudios en el nivel de Educación Básica Primaria en todas las categorías de la variable Tipo de Participante (PFI, PS, PFI y PS).

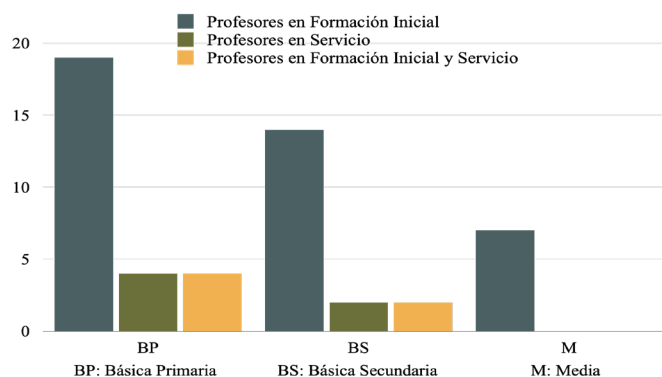


Figura 6.

Distribución de los estudios en Educación Básica y Media según el Tipo de Participante

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se observa que al ir hacia un nivel educativo más avanzado, el número de estudios disminuye, en el caso del nivel Media no se ha encontrado ningún estudio con Profesores en Servicio.

Resultados en torno al objetivo O2: Resultados con Profesores en Servicio

Como fue referido, se encontraron nueve estudios: cinco con PS (Tabla 4) y cuatro con PS y PFI simultáneamente (Tabla 5). Su análisis ha permitido identificar sus aportaciones y avances al estudio del conocimiento del profesor, sintetizados en las siguientes características:

Validación de instrumentos

Ng (2012) y Esendemir y Bindak (2019) presentaron los resultados relativos a la validez y fiabilidad de un instrumento para medir el Conocimiento Matemático necesario para Enseñar Geometría (MKT-Geometry), traducido del inglés al indonesio y el turco para ser aplicados en estos dos contextos respectivamente. En ambos artículos se discutió en torno a aspectos culturales, lingüísticos y matemáticos que se manifestaron en el proceso de producción de los instrumentos adaptados. Los resultados de los análisis psicométricos realizados a estas dos versiones del instrumento permitieron concluir sobre los elevados niveles de validez y fiabilidad de estas, por lo que recomendaron su uso en los contextos referidos, respectivamente.

Conocimiento profesional del profesor

La revisión ha permitido corroborar la necesidad de mejorar los procesos de formación inicial y continua de profesores en geometría, tanto en el contenido geométrico, como en su didáctica, es decir, la mejora del conocimiento profesional del profesor en geometría. Los resultados obtenidos por Sunzuma y Maharaj (2019), al referirse a la calidad de la formación inicial recibida por los profesores, no fueron concluyentes, puesto que casi la mitad (52,5 %) consideran que fue adecuada; mientras la otra parte (47,5 %) estima que no lo fue. Kurt-Birel et al. (2020) informan sobre los resultados de un taller de formación y la aplicación de una prueba en torno al conocimiento geométrico de un grupo de PS. Observaron un conocimiento geométrico débil y más débil aún el PCK. Fernandes-Maia-Pereira y Kaiber (2022) presentaron los resultados de la aplicación de una secuencia de 24 actividades, dirigidas a la adquisición y desarrollo de conocimiento geométrico de estudiantes de primaria, en cuya elaboración participaron seis PS y se aplicó a 48 PFI. Concluyeron sobre la necesidad de desarrollar la formación de PFI y PS, y usar herramientas teórico-metodológicas como el estudio de la idoneidad didáctica de procesos instruccionales, que les permitan avanzar en el desarrollo de su conocimiento y competencias didáctico-matemáticas.

Propuestas metodológicas

Como propuestas para desarrollar el conocimiento profesional del profesor, tres de los nueve estudios informan sobre los resultados al implementar metodologías novedosas de formación. Stupel y Ben-Chaim (2017) determinaron los efectos de la resolución de problemas con múltiples soluciones realizadas por PFI y PS. De acuerdo con los participantes, la metodología implementada se consideró valiosa para desarrollar la capacidad de pensamiento, razonamiento y creatividad. En razón a esto, se recomienda incluir el uso de problemas con múltiples soluciones en la formación de profesores. Sunzuma *et al.* (2020) estudiaron la utilidad del uso de diagramas (representaciones gráficas) en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la geometría. Las opiniones emitidas por los docentes fueron predominantemente positivas y alertaron sobre algunos aspectos negativos que se pueden manifestar con el uso inadecuado de los diagramas en la enseñanza y aprendizaje de la geometría. Gambini y Lénárt (2021) elaboraron una propuesta metodológica en la que se usan las esferas de Lénárt, como recurso para motivar la discusión y reflexión sobre la práctica de enseñanza de objetos geométricos, así como para establecer vínculos entre el PCK y el MCK. Recomiendan el uso de este tipo de recursos para favorecer la transición entre el MCK y el PCK.

Intervención versus diagnóstico

Una característica que dualiza los estudios analizados se refiere a si estos incluyeron intervenciones con el fin de desarrollar conocimiento profesional del profesor o solo hicieron un diagnóstico. Se observa que cinco de los nueve estudios incluyeron: a) el uso de metodologías de formación (Gambini y Lénárt, 2021; Stupel y Ben-Chaim, 2017; Sunzuma *et al.*, 2020), b) la elaboración de una secuencia didáctica y la reflexión en torno a su uso (Fernandes-Maia-Pereira y Kaiber, 2022), c) el diseño, implementación y evaluación de un taller de formación (Kurt-Birel *et al.*, 2020). Estos estudios realizaron intervenciones dirigidas al desarrollo del conocimiento profesional del profesor. Los demás, en particular el de Leton *et al.* (2020), constituyen estudios exploratorios en los que solo se diagnostica el conocimiento geométrico de PS (Esendemir y Bindak 2019; Ng, 2012; Sunzuma *et al.*, 2020).

Como característica común de los nueve estudios se reconoce la necesidad de mejorar los procesos de formación inicial de los profesores en relación con el contenido geométrico, la metodología de enseñanza, los recursos utilizados, las representaciones y el uso de problemas con múltiples soluciones. En otras palabras, se debe fortalecer tanto el conocimiento del contenido como el conocimiento pedagógico del contenido. Para lograrlo, algunos de los estudios recomiendan implementar programas de actualización para profesores en

servicio o, en su defecto, dedicar sesiones adicionales durante su formación inicial. Asimismo, es fundamental que estas sesiones empleen herramientas teórico-metodológicas que permitan a los (futuros) profesores evaluar su propio progreso en el desarrollo de su conocimiento profesional.

Conclusiones

El proceso de búsqueda implementado, expuesto detalladamente para mostrar de manera transparente cómo se han determinado los cuarenta artículos analizados, con cuatro sistemas de información (WoS, Scopus, ERIC y Google Scholar), ha permitido observar tendencias y posibles avances logrados en los trabajos de investigación sobre el conocimiento (profesional) del profesor de geometría, en los años comprendidos entre el 2012 y 2022. Las tendencias observadas muestran: a) predominio de las investigaciones con profesores en formación inicial (77,5 %), sobre aquellas con profesores en servicio (12,5 %); b) predominio del estudio del contenido geométrico relativo a los objetos bidimensionales que se tratan en la educación básica-primaria (6-11 años); (c) predominio del modelo del conocimiento matemático para la enseñanza (15 %) (MTK: *Mathematical Knowledge for Teaching*), en el cual se observa el uso de una diversidad de al menos ocho modelos diferentes.

En relación con el predominio de estudios con PFI, consideramos que, debido a las características propias de los programas de formación del profesorado en la educación superior (número de participantes, obligatoriedad, institucionalización), ofrecen un espacio más proclive al desarrollo de investigaciones que los espacios ofrecidos por los programas de posgrado y educación continua en general (Quintero *et al.*, 2018). Diversas investigaciones se refieren a la necesidad de fortalecer la formación continua y su institucionalización, para, entre otras cosas, brindar mayores oportunidades para las investigaciones en este ámbito (Quintero *et al.*, 2018); no obstante, este asunto tendría que ser parte de otro estudio.

Asimismo, se logró identificar que once (35,5 %) de los estudios con PFI informan sobre el desempeño de los PFI al hacer tareas emulando actividades de tipo profesional del profesor, lo cual permite observar el desarrollo del conocimiento profesional del profesor gestionado desde la formación inicial del profesor (Aparicio-Landa *et al.*, 2021; Fernandes-Maia-Pereira y Kaiber, 2022; Gambini y Lénárt, 2021), lo cual podría constituir una tendencia a futuro para el desarrollo de (investigaciones en torno a) esta forma de conocimiento.

En relación con la diversidad de modelos del conocimiento del profesor identificados, se hace posible distinguir al menos dos posturas, una de estas, la propuesta por Godino y colaboradores (Godino, 2009; Godino *et al.*, 2017; Pino-

Fan y Godino, 2015), quienes abogan por la articulación de los modelos existentes, con el fin de dar lugar a modelos más completos, en los que se complementan y se hacen más precisas las explicaciones sobre la complejidad involucrada en el estudio y desarrollo del conocimiento profesional del profesor de matemáticas. La otra se refiere a la coexistencia de diversos modelos, cuyo debate, desde distintas perspectivas, puede enriquecer la producción científico-académica en torno al conocimiento del profesor (Scheiner *et al.*, 2019).

Por otra parte, acerca de las tendencias y posibles avances que se presentan en los resultados de las investigaciones sobre el desarrollo del conocimiento profesional del profesor de geometría, se observa la necesidad de desarrollar programas de formación, tanto para los PFI como para los PS, que fomenten no solo el desarrollo de competencias disciplinarias, sino también que capaciten al profesorado para diseñar y utilizar recursos más adecuados para la enseñanza, así como los modos de interacción que permitan la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes (Fernandes-Maia-Pereira y Keyber, 2022; Kurt-Birel *et al.*, 2020; Sunzuma y Maharaj, 2019).

Algunos de los estudios analizados coinciden al referir que las bases del conocimiento matemático y geométrico son incipientes y se relacionan con una formación limitada, lo que ha dado lugar a sentimientos de inseguridad al abordar las prácticas de enseñanza (Ng, 2012; Sunzuma y Maharaj, 2019). Fernandes-Maia-Pereira y Keyber (2022) reconocen la necesidad de que esa formación se lleve a cabo con herramientas de análisis específicas, sustentadas en marcos teórico-metodológicos, que permitan el desarrollo y la evaluación de conocimientos y competencias profesionales del profesor de matemáticas, tanto en formación inicial como en servicio.

Como parte de las limitaciones que se presentaron en el desarrollo de la investigación, cabe señalar el acceso a la información. Solo se pudo acceder a los documentos que se encontraban en acceso abierto o con acceso institucional de la universidad. Otras limitaciones se refieren a los sistemas de información utilizados, el intervalo de años asumido y las técnicas de filtrado de la información, en las que solo se tuvo en cuenta el título y el resumen/ *abstract* de los documentos. Mejorar el acceso a la información, ampliar los sistemas de información, y extender el intervalo temporal, así como incluir otras secciones como la introducción y las conclusiones, e incluso el documento completo, podría haber ampliado los resultados obtenidos en esta revisión. Esto último podría ser superado en un futuro próximo, con el uso de inteligencia artificial, cuyo desarrollo promete resultados más específicos y detallados en investigaciones de este tipo.

Referencias

- Adelabu F. M. y Alex J. K. (2022). Mathematical Knowledge for Teaching in Further Education and Training Phase: Evidence from Entry Level Student Teachers Baseline Assessments. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(8), 1-20. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.8.1>
- Aparicio-Landa, E., Sosa-Moguel, L. y Cabanas-Sanchez, G. (2021). Reflective conversation and knowledge development in pre-service teachers: The case of mathematical generalization. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 9(1), 40-62. <https://doi.org/10.46328/ijemst.977>
- Aslan-Tutak, F. y Adams, T. L. (2015). A study of geometry content knowledge of elementary preservice teachers. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 7(3), 301-318. <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/82>
- Ball, D. L. (2000). Bridging practices: Intertwining content and pedagogy in teaching and learning to teach. *Journal of Teacher Education*, 51(3), 241-247. <https://doi.org/10.1177/0022487100051003013>
- Ball, D. L., Lubienski, S. T. y Mewborn, D. S. (2001). Research on teaching mathematics: The unsolved problem of teachers' mathematical knowledge. En: V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (cuarta edición), (pp. 433-456). Macmillan.
- Bonyah, E. y Larbi, E. (2021). Assessing van Hiele's geometric thinking levels among elementary pre-service mathematics teachers. *African Educational Research Journal*, 9(4), 844-851. <https://doi.org/10.30918/AERJ.94.21.119>
- Carrillo, J., Climent, N., Contreras, L. C. y Muñoz-Catalán, M. D. C. (2013). Determining specialised knowledge for mathematics teaching. En: B. Ubuz, Ç. Haser y M. A. Mariotti (Eds.), *Proceedings of the Cerme 8*, (pp. 2985-2994). ERME.
- Castro, W. F., Durango-Urrego, J. H. y Pino-Fan, L. R. (2021). Preservice Teachers' Argumentation and Some Relationships to Didactic-Mathematical Knowledge Features. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9), 1-20. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11139>
- Clemente, F. y Llinares, S. (2015). Formas del discurso y razonamiento configural de estudiantes para maestros en la resolución de problemas de geometría. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 9-27. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/288569>
- Climent, N. (2002). *El desarrollo profesional del maestro de primaria respecto de la enseñanza de la matemática: un estudio de caso* [tesis de doctorado]. Universidad de Huelva. Arias Montano Repositorio Institucional de la Universidad de Huelva. <http://hdl.handle.net/10272/2742>

- Creswell, J. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
- Dündar, S. y Gündüz, N. (2017). Justification for the Subject of Congruence and Similarity in the Context of Daily Life and Conceptual Knowledge. *Journal on Mathematics Education*, 8(1), 35-54. <http://dx.doi.org/10.22342/jme.8.1.3256.35-54>
- Ekawati, R. M., Rosyidi, A. H., Prawoto, B. P., Prahmana, R. C. I. y Lin, F. L. (2022). Developing a Constructive Conceptual Framework of a Pre-Service Mathematics Teachers' Content Knowledge Instrument on Space and Shape. *Mathematics* 2022, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.3390/math10010137>
- Eli, J. A., Mohr-Schroeder, M. J. y Lee, C. W. (2013). Mathematical Connections and Their Relationship to Mathematics Knowledge for Teaching Geometry. *School Science and Mathematics*, 113(3), 120-134. <https://doi.org/10.1111/ssm.12009>
- Erkek, Ö. y Isiksal-Bostan, M. (2019). A Different Look at the Reasoning Process of Prospective Middle School Mathematics Teachers: Global Argumentation Structures. *Education and Science*, 44(199), 1-27. <http://dx.doi.org/10.15390/EB.2019.7867>
- Esendemir, O. y Bindak, R. (2019). Adaptation of the test developed to measure Mathematical knowledge of teaching Geometry in Turkey. *International Journal of Educational Methodology*, 5(4), 547-565. <https://doi.org/10.12973/ijem.5.4.547>
- Fernandes-Maia-Pereira, S. y Kaiber, C. T. (2022). Didactic-Mathematical Knowledge and Teacher Education: An Investigation with Pre-Service and In-Service Mathematics Teachers. *Acta Scientiae*, 24(6), 606-633. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.6243>
- Florio, E. (2022). The Parabola: Section of a Cone or Locus of Points of a Plane? Tips for Teaching of Geometry from Some Writings by Mydorge and Wallis. *Mathematics* 10(6), 1-18. <https://doi.org/10.3390/math10060974>
- Gambini, A. y Lénárt, I. (2021). Basic Geometric Concepts in the Thinking of In-Service and Pre-Service Mathematics Teachers. *Education Sciences*, 11(7), 1-12. <https://doi.org/10.3390/educsci11070350>
- Godino, J. D. (2009). Categorías de análisis de los conocimientos del profesor de matemáticas. *Unión, Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 20, 13-31. <http://hdl.handle.net/20.500.12799/3098>
- Godino, J. D., Giacomone, B., Batanero, C. y Font, V. (2017). Enfoque ontosemiótico de los conocimientos y competencias del profesor de

- matemáticas. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 31(57), 90-113.
<https://doi.org/10.1590/1980-4415v31n57a05>
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press Columbia University.
- Gumiero, B. S. y Pazuch, V. (2021). Teachers Knowledge Mobilized in Geometry Lessons and Contingency Situations. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 16(1), 2-14. <https://doi.org/10.29333/iejme/9371>
- Hill, H. C., Ball, D. L. y Schilling, S. G. (2008). Unpacking pedagogical content knowledge: Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge of students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39(4), 372-400. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.39.4.0372>
- Hourigan, M. y Leavy, A. (2017). Preservice Primary Teachers' Geometric Thinking: Is Pre-Tertiary Mathematics Education Building Sufficiently Strong Foundations? *The Teacher Educator*, 52(4), 346-364. <https://doi.org/10.1080/08878730.2017.1349226>
- Huang, C., Yang, C., Wang, S., Wu, W., Su, J. y Liang, C. (2020) Evolution of topics in education research: a systematic review using bibliometric analysis. *Educational Review*, 72(3), 281-297. <https://doi.org/10.1080/00131911.2019.1566212>
- İlhan, A. y Aslaner, R. (2021). Analysis of the Correlations Between Visual Mathematics Literacy Perceptions, Reasoning Skills on Geometric Shapes and Geometry Performances of Pre-Service Mathematics Teachers. *Participatory Educational Research*, 8(1), 90-108. <https://doi.org/10.17275/per.21.5.8.1>
- Karagöz-Akar, G. (2015). Prospective Secondary Mathematics Teachers' Perspectives and Mathematical Knowledge for Teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(1), 3-24. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1378a>
- Kurt-Birel, G., Deniz, S. y Önel, F. (2020). Analysis of Primary School Teachers' Knowledge of Geometry. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 12(4), 303-309. <https://doi.org/10.26822/iejee.2020459459>
- Leton, S. I., Djong, K. D., Uskono, I. V., Dosinaeng, W. B. N. y Lakapu, M. (2020). Profile of elementary school teacher in concept understanding of geometry. *Infinity*, 9(2), 133-146. <https://doi.org/10.22460/infinity.v9i2.p133-146>
- Liñán-García, M., Muñoz-Catalán, M., Contreras, L. y Barrera-Castarnado, V. (2021). Specialised Knowledge for Teaching Geometry in a Primary Education Class: Analysis from the Knowledge Mobilized by a Teacher and the Knowledge Evoked in the Researcher. *Mathematics* 9(21),1-18. <https://doi.org/10.3390/math9212805>

- Martín-Martín, A., Orduna-Malea, E., Thelwall, M. y López-Cózar, E. D. (2018). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. *Journal of informetrics*, 12(4), 1160-1177. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.09.002>
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2006). Estándares básicos de competencias matemáticas. En: MEN (Ed.), *Estándares básicos de competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas* (pp. 46-95). MEN.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. y Altman, D.G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The Prisma statement. *BMJ*, 339, b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Montes, M., Climent, N. y Contreras, L.C. (2022). Construyendo conocimiento especializado en geometría: un experimento de enseñanza en formación inicial de maestros. *Aula Abierta*, 51(1), 27-36. <https://doi.org/10.17811/rifie.51.1.2022.27-36>
- Morales-López, Y. (2019). Knowledge evidenced by prospective mathematics teachers when performing a task involving geometry, teaching and the use of technology. *Acta Scientiae*, 21(2), 75-92. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.v21iss2id5081>
- Nason, R., Chalmers, C. y Yeh, A. (2012). Facilitating growth in prospective teachers' knowledge: teaching geometry in primary schools. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 15, 227-249. <https://doi.org/10.1007/s10857-012-9209-0>
- Newman, M. y Gough, D. (2020). Systematic reviews in educational research: Methodology, perspectives and application. En: O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond y K. Buntins (Eds.), *Systematic reviews in educational research: Methodology, perspectives and application* (pp. 3-22). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7_1
- Ng, D. (2012). Using the MKT measures to reveal Indonesian teachers' mathematical knowledge: challenges and potentials. *ZDM Mathematics Education*, 44, 401-413. <https://doi.org/10.1007/s11858-011-0375-9>
- Niyukuri, F., Nzotungicimpaye, J. y Ntahomvukiye, C. (2020). Pre-Service Teachers' Secondary School Experiences in Learning Geometry and their Confidence to Teach It. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(8), 1-12. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8334>
- Özdemir, F. (2022). Examining Pre-Service Teachers' Views on Reasoning, Developing Reasoning and Importance of Reasoning Skills in Geometry. *Acta Didactica Napocensia*, 15(2), 1-12. <https://doi.org/10.24193/adn.15.2.1+H24>

- Özçakir, B. (2019). Prospective Mathematics Teachers' Technology Usages: A Case for Dynamic Geometry Software. *Acta Didactica Napocensia*, 12(1), 1-15. <https://doi.org/10.24193/adn.12.1.1>
- Paré, G., Trudel, M. C., Jaana, M. y Kitsiou, S. (2015). Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews. *Information & management*, 52(2), 183-199. <https://doi.org/10.1016/j.im.2014.08.008>
- Pino-Fan, L. R. y Godino, J. D. (2015). Perspectiva ampliada del conocimiento didáctico-matemático del profesor. *Paradigma*, 36(1), 87-109.
- Ponte, J. P. y Chapman, O. (2006). Mathematics teachers' knowledge and practices. En: A. Gutiérrez y P. Boero (Eds), *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, present and future*, (pp. 461-494). Sense Publishers. https://doi.org/10.1163/9789087901127_017
- Quintero T., Jamer J., Jaña M., Esteban, C. y Rivera, P.J. (2018). Tendencias de investigación en formación permanente de profesores: estado del arte e interpretación de actores clave. *Actualidades Investigativas en Educación*, 18(2), 353-382. <https://dx.doi.org/10.15517/aie.v18i2.33174>
- Robbins, J.B. (2001). ERIC: Mission, structure, and resources. *Government Information Quarterly*, 18(1), 5-17. [https://doi.org/10.1016/S0740-624X\(00\)00062-9](https://doi.org/10.1016/S0740-624X(00)00062-9)
- Rowland, T., Huckstep, P. y Thwaites, A. (2005). Elementary Teachers' Mathematics Subject Knowledge: the Knowledge Quartet and the Case of Naomi. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 8, 255-281. <https://doi.org/10.1007/s10857-005-0853-5>
- Saralar-Aras, İ. y Birgili, B. (2022). An assessment of pre-service mathematics teachers' techno-pedagogical content knowledge regarding geometry. *International Journal of Psychology and Educational Studies*, 9(4), 1307-1327. <https://dx.doi.org/10.52380/ijpes.2022.9.4.920>
- Segal, R., Oxman, V. y Stupel, M. (2021). Using Dynamic Geometry Software to Enhance Specialized Content Knowledge: Pre-Service Mathematics Teachers' Perceptions. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 16(3), 1-8. <https://doi.org/10.29333/iejme/11065>
- Scheiner, T., Montes, M. A., Godino, J. D. Carrillo, J. y Pino-Fan, L. R. (2019). What Makes Mathematics Teacher Knowledge Specialized? Offering Alternative Views. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 153-172 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9859-6>
- Schoenfeld, A. H. y Kilpatrick, J. (2008). Toward a theory of proficiency in teaching mathematics. En: T. Wood y D. Tirosh, (ed.), *International handbook of mathematics teacher education*, (pp. 321-354). Sense Publishers.

- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Smith, C. R., Julie, C. y Gierdien, F. (2020). The integration of semiotic resources and modalities in the teaching of geometry in a Grade 9 class in a South African high school: The four cases of congruency. *South African Journal of Education*, 40(2), 1-12. <https://doi.org/10.15700/saje.v40n2a1682>
- Stupel, M. y Ben-Chaim, D. (2017). Using multiple solutions to mathematical problems to develop pedagogical and mathematical thinking: A case study in a teacher education program. *Investigations in Mathematics Learning*, 9(2), 86-108. <https://doi.org/10.1080/19477503.2017.1283179>
- Sunzuma, G. y Maharaj, A. (2019). In-service teachers' geometry content knowledge: Implications for how geometry is taught in teacher training institutions. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(3), 633-646.
- Sunzuma, G., Chando, C., Gwizangwe, I., Zezekwa, N. y Zinyeka, G. (2020). In-Service Zimbabwean Teachers' Views on the Utility Value of Diagrams in the Teaching and Learning of Geometry. *Lumat: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 8(1), 1-18. <https://journals.helsinki.fi/lumat/article/view/1316/1334>
- Tefera, A., Atnafu, M. y Michael, K. (2021). The Relevance of Current Ethiopian Primary School Teacher Education Program for Pre-Service Mathematics Teacher's Knowledge and Teacher Educator's Awareness about Mathematics Knowledge for Teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(5), 1-17. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1296862>
- Tertemiz, N. (2012). The effects of project- and activity-supported practices on mathematics education achievement and student views. *Eurasian Journal of Educational Research*, 46, 159-178.
- Ubah, I. (2021). Pre-service mathematics teachers' semiotic transformation of similar triangles: Euclidean geometry. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(8), 2004-2025. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1857858>
- Vieira, A. F. M. y de Costa-Trindade-Cyrino, M. C. (2022). Geometric Thinking: Reflections Manifested by Preservice Mathematics Teachers in van Hiele Model Studies. *Acta Scientiae*, 24(8), 286-314. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.7164>
- Vodušek, H. B. y Lipovec, A. (2014). The square as a figural concept. *Waikato Journal of Education*, 28(48), 430-448. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v28n48a21>

- Yi, M., Wang, J., Flores, R. y Lee, J. (2022). Measuring pre-service elementary teachers' geometry knowledge for teaching 2-dimensional shapes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(8), 1-15. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1356755>
- Zambak, V. y Tyminski, A. (2020). Examining mathematical technological knowledge of pre-service middle grades teachers with Geometer's Sketchpad in a geometry course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(2), 183-207. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1650302>
- Zhu, J. y Liu, W. (2020). A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, 123, 321-335. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03387-8>