

# Trends in Research on Didactic Knowledge and Technology Integration in Mathematics Education: A Bibliometric Study

Keila Chacón-Rivadeneira <sup>1</sup>, Luisa Morales-Maure <sup>2</sup> & Orlando García-Marimón <sup>2</sup>

1) *Universitat de Barcelona, Spain*

2) *Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Matemática / Sistema Nacional de Investigación, Nivel 1, SENACYT, Panamá*

## Abstract

Determining the knowledge and competencies necessary for the effective use of educational technologies in the classroom is a priority for researchers and educators. This bibliometric study addresses the question: What inferences can be drawn about the development and evaluation of teachers' knowledge and competencies from research on the incorporation of technology into mathematical instruction processes, using TPACK and/or DMKC from OSA as theoretical frameworks? A total of 312 articles from Scopus and WoS were analyzed, and thematic coding and connection mapping were performed using Atlas.ti. The first result indicates that the most influential authors utilizing these theoretical frameworks are Font, Breda, and Godino, with Spain serving as the hub of a collaborative network with Latin American countries. The second result suggests that one of the future lines of development/action/research is to seek the integration of both models to determine the knowledge and competencies required by teachers to incorporate technology in the classroom, either generally or for specific content areas. The analysis highlights emerging research areas, such as the knowledge and competencies needed for integrating technology into the teaching and learning process of specific concepts.

## Keywords

Mathematics education, educational technology, didactic knowledge, TPACK model, ontosemiotic approach

---

**To cite this article:** Chacón-Rivadeneira, K., Morales-Maure, L., & García-Marimón, O. (2024). Trends in Research on Didactic Knowledge and Technology Integration in Mathematics Education: A Bibliometric Study *Journal of Research in Mathematics Education*, 13(3), pp. 220-244 <http://dx.doi.org/10.17583/redimat.15107>

**Corresponding author(s):** Keila Chacón-Rivadeneira

**Contact address:** kchacori13@alumnes.ub.edu

# Tendencias en la Investigación sobre Conocimiento Didáctico y Tecnología en la Educación Matemática: Un Estudio Bibliométrico

Keila Chacón-Rivadeneira <sup>1</sup>, Luisa Morales-Maure <sup>2</sup> y Orlando García-Marimón <sup>2</sup>

1) *Universitat de Barcelona*, España

2) *Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Matemática / Sistema Nacional de Investigación, Nivel 1, SENACYT*, Panamá

## Resumen

Determinar los conocimientos y las competencias necesarias para el uso efectivo de las tecnologías educativas en el aula es una prioridad para investigadores y educadores. Este estudio bibliométrico responde a ¿Qué resultados se infieren sobre el desarrollo y evaluación de conocimientos y competencias del profesorado de las investigaciones sobre la incorporación de la tecnología en los procesos de instrucción matemática, que han utilizado como referentes el TPAK y/o el CCDM del EOS? Se analizaron 312 artículos de Scopus y WoS, y con Atlas.ti se realizó la codificación temática y el mapeo de conexiones. Un primer resultado es que los autores más relevantes que han usado esos referentes teóricos son Font, Breda y Godino, y que España es el núcleo de una red de colaboración con países de América latina. Un segundo resultado es que una de las líneas de avance es buscar la integración de ambos modelos para determinar conocimientos y competencias que necesita el profesorado para incorporar la tecnología en el aula, sea en general o bien para contenidos específicos. El análisis señala áreas emergentes a investigar, como los conocimientos y competencias necesarias para la integración de la tecnología en el proceso de enseñanza y aprendizaje de nociones específicas.

## Palabras clave

Educación matemática, tecnología educativa, conocimiento didáctico, modelo TPACK, enfoque ontosemiótico

---

**Cómo citar este artículo:** Chacón-Rivadeneira, K., Morales-Maure, L., & García-Marimón, O. (2024). Tendencias en la investigación sobre conocimiento didáctico y tecnología en la educación matemática: Un estudio bibliométrico. *Journal of Research in Mathematics*, 13(3), pp. 220-244 <http://dx.doi.org/10.17583/redimat.15107>

**Correspondencia Autores(s):** Keila Chacón-Rivadeneira

**Dirección de contacto:** [kchacori13@alumnes.ub.edu](mailto:kchacori13@alumnes.ub.edu)

En la última década, el campo de la educación matemática ha experimentado una transformación significativa impulsada por la integración de tecnologías educativas. Dicho uso en la enseñanza de las matemáticas abarca una amplia variedad de herramientas y recursos digitales, desde aplicaciones interactivas y plataformas de aprendizaje en línea hasta videos educativos y simulaciones matemáticas. En el ámbito de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas tenemos bastante conocimiento sobre el uso de las tecnologías como recurso educativo para facilitar la comprensión de conceptos complejos (Joshi, 2017; Verschaffel et al. 2019). En estos trabajos, la tecnología aparece como herramienta. Pero la situación derivada de la pandemia de la COVID19 plantea un nuevo escenario, donde la tecnología no es solo la herramienta, sino que se convierte en el medio a través del cual se establece la relación entre docentes y estudiantes permitiendo una mayor personalización del aprendizaje como se señala en Font y Sala (2020), los trabajos sobre la tecnología como medio, en el ámbito de las matemáticas, son mucho más restringidos, pero como consecuencia de la pandemia hay un aumento de la investigación sobre la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas cuando la tecnología, además de ser un recurso, es el medio.

Este cambio no solo ha modificado la manera en que se enseñan y aprenden las matemáticas, sino que también ha planteado nuevos desafíos y oportunidades para la investigación académica. En este contexto, comprender cómo se integran las tecnologías educativas en la práctica docente y cuáles son los conocimientos y las competencias didáctico-matemáticas necesarias para su uso efectivo se ha convertido en una prioridad para investigadores y educadores.

En particular, el modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) y el EOS (Enfoque Ontosemiótico) ofrecen marcos teóricos valiosos para analizar y entender la integración de la tecnología en la educación matemática. Por un lado, el modelo TPACK destaca la intersección entre el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido, subrayando la importancia de una comprensión holística para la enseñanza eficaz (Mishra y Koehler, 2006). Además, el TPACK reconoce que la tecnología es un pilar fundamental en el desarrollo de la sociedad y, por ende, en la educación. Este modelo proporciona al docente la estructura para integrar la tecnología en el aula de clases, mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes y preparándolos para un mundo tecnológico. El TPACK se compone de siete dominios clave: Conocimiento del Contenido (CK), Conocimiento Pedagógico (PK), Conocimiento Tecnológico (TK), Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK), Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK), Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK) y Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK). Estos dominios abarcan no solo el entendimiento profundo del área, sino también la integración e inserción de estos conocimientos en la práctica docente (Morales-López et al. 2024).

Por otro lado, el EOS proporciona herramientas analíticas para examinar las prácticas matemáticas y didácticas, facilitando una visión más profunda de cómo se producen los procesos de enseñanza y aprendizaje en contextos tecnológicos (Godino et al. 2012). El EOS incluye criterios de idoneidad didáctica que permiten evaluar la calidad de los procesos de instrucción, tales como el criterio de idoneidad epistémica, que evalúa la calidad de la matemática que se enseña; el criterio de idoneidad cognitiva, que mide la alineación entre los objetivos del docente y los conocimientos previos y posteriores de los estudiantes; y el criterio de idoneidad interaccional, que mide la efectividad de las interacciones en el aula.

Por ejemplo, diversos estudios, realizados usando el EOS como referente teórico, han explorado la implementación de tecnologías educativas en la enseñanza de las matemáticas, destacando la necesidad de evaluar la idoneidad didáctica de los procesos de instrucción realizados con recursos tecnológicos. En este sentido, por un lado, investigaciones sobre el uso de vídeos educativos en línea subrayan que la popularidad de estos recursos no siempre se correlaciona con su idoneidad didáctica (Soto y Liern, 2020; Beltrán-Pellicer et al. 2018b). Por otro, se ha identificado la importancia de formar a los profesores en la competencia de análisis de significados globales y la gestión de configuraciones didácticas, aspectos cruciales para el uso efectivo de la tecnología en el aula (Beltran-Pellicer et al. 2018a).

La integración del EOS y el TPACK proporciona una herramienta para mejorar la reflexión y evaluación de la práctica docente en la educación, en particular la educación matemática. Mientras el TPACK ofrece una estructura para la integración efectiva de la tecnología en las prácticas pedagógicas, el EOS proporciona criterios analíticos para evaluar la idoneidad didáctica de estos procesos. Por ejemplo, en una clase de funciones cuadráticas, el docente puede utilizar el modelo TPACK para seleccionar y aplicar herramientas tecnológicas como GeoGebra, para la representación gráfica de las funciones. Simultáneamente, el EOS puede ser utilizado para evaluar la idoneidad de esta práctica mediante los criterios de idoneidad didáctica, evaluando la precisión de las representaciones matemáticas, la conexión con el conocimiento previo de los estudiantes y la efectividad de las interacciones promovidas por la tecnología.

El presente estudio bibliométrico plantea responder a la siguiente pregunta: ¿Qué resultados se infieren sobre el desarrollo y evaluación de los conocimientos y competencias didáctico-matemáticas del profesorado de las investigaciones sobre la incorporación de la tecnología en los procesos de instrucción matemática, que han utilizado como referente teórico el TPAK y/o el CCDM del EOS? Para ello, se propone un análisis exhaustivo de la literatura académica disponible en las bases de datos Scopus y Web of Science, con el cual se pretende identificar los temas más recurrentes, los conocimientos y las competencias didáctico-matemáticas destacadas en estos estudios. Aunado a esto, se busca identificar las temáticas que han recibido mayor atención investigativa y aquellas que aún presentan espacios de investigación por cubrir, lo que permitirá identificar brechas en la investigación que pueden orientar investigaciones futuras.

### **Método**

El presente estudio es de tipo descriptivo y mixto ya que utiliza técnicas cuantitativas y cualitativas. Por la naturaleza de las fuentes, se trata de un estudio analítico-documental. El instrumento de recogida de datos empleado puede considerarse validado por su uso previo en estudios similares (Godino et al. 2012; Beltrán-Pellicer et al. 2020; Burgos et al. 2020).

Por otro lado, es un estudio muestral en el que la población accesible ha estado formada por los artículos científicos sobre educación matemática publicados en revistas indexadas en Scopus y Web of Science. El muestreo utilizado ha sido intencional no probabilístico y se ha

estructurado en varias etapas utilizando la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Cevikbas, et al. 2024).

Para responder a la pregunta de investigación, se formula el siguiente objetivo general (OG): Determinar los conocimientos y competencias didáctico-matemáticas del profesorado que se infieren de las investigaciones sobre la incorporación de la tecnología en los procesos de instrucción matemática, que han utilizado como referente teórico el TPAK y/o el CCDM del EOS

Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- **OE1:** Determinar los autores más relevantes (que han usado como referentes teóricos los modelos TPACK y/o EOS) en la caracterización de los conocimientos y competencias didáctico-matemáticas necesarios para que el profesorado incorpore la tecnología. Así como las relaciones de colaboración entre diferentes países en las publicaciones de estos autores.
- **OE2:** Inferir las tendencias temáticas principales, relacionadas con los conocimientos y competencias de los profesores necesarias para el uso de tecnología en la educación matemática, investigadas en las redes colaborativas inferidas en el OE1.
- **OE3:** Determinar la selección de artículos más relevantes sobre la temática que se derivan de los OE1 y OE2.
- **OE4:** Hacer un estudio detallado de la selección de artículos obtenidos en OE3 usando las potencialidades para el análisis cualitativo de la herramienta Atlas.ti

## Recopilación de Datos

Para la recopilación de los datos de esta investigación bibliométrica, se presentan las ecuaciones de búsqueda (tabla 1), con las que se identifica y recopila artículos relevantes al tema en estudio. Esta compilación se llevó a cabo en dos bases de datos de renombre como lo son Scopus y Web of Science, asegurando así la inclusión y análisis de literatura científica pertinente y de alta calidad en el campo de estudio. Este enfoque estructurado y metodológico garantiza una cobertura exhaustiva y relevante de la literatura existente, proporcionando una base sólida para los análisis subsiguientes.

**Tabla 1**

*Base de Datos y Ecuaciones de Búsqueda*

Base de datos	Ecuación de búsqueda
Scopus	TITLE-ABS-KEY(("Onto-Semiotic Approach" OR "Ontosemiotic Approach" OR "Onto-Semiotic" OR "Ontosemiotic" OR "Ontosemiotics" OR "Onto-Semiotics" OR "Enfoque Onto-Semiótico" OR "Enfoque Ontosemiótico")) AND (TITLE-ABS-KEY("Theoretical Model of Mathematical Didactic Knowledge and Competencies" OR "Mathematical Didactic Knowledge and Competencies" OR "Didactic Knowledge and Competencies" OR "Mathematical Knowledge and Competencies" OR "Didactic Knowledge" OR "Mathematical Competencies" OR "Mathematical Knowledge" OR "Didactic Competencies" OR "Mathematics Education" OR "Didactic

---

Web of Science (WOS)

Mathematics" OR "Mathematics Teaching" OR "Mathematical Instruction" OR "Educational Mathematics" OR "Mathematics Pedagogy" OR "Mathematics Curriculum" OR "Mathematics Didactics" OR "Conocimientos Didáctico-Matemáticos" OR "Competencias Didáctico-Matemáticas" OR "Educational Resources" OR "Recursos Educativos" OR "Technology Use" OR "Use of Technology" OR "Digital Tools" OR "Educational Technology" OR "Technology Integration" OR "ICT" OR "Information and Communication Technology" OR "Technological Tools" OR "Digital Resources" OR "Technological Integration" OR "Tecnología Educativa" OR "Uso de Tecnología" OR "Technology Uses in Education"))

TS=("Onto-Semiotic Approach" OR "Ontosemiotic Approach" OR "Onto-Semiotic" OR "Ontosemiotic" OR "Ontosemiotics" OR "Onto-Semiotics" OR "Enfoque Onto-Semiótico" OR "Enfoque Ontosemiótico") AND (TS=("Theoretical Model of Mathematical Didactic Knowledge and Competencies" OR "Mathematical Didactic Knowledge and Competencies" OR "Didactic Knowledge and Competencies" OR "Mathematical Knowledge and Competencies" OR "Didactic Knowledge" OR "Mathematical Competencies" OR "Mathematical Knowledge" OR "Didactic Competencies" OR "Mathematics Education" OR "Didactic Mathematics" OR "Mathematics Teaching" OR "Mathematical Instruction" OR "Educational Mathematics" OR "Mathematics Pedagogy" OR "Mathematics Curriculum" OR "Mathematics Didactics" OR "Conocimientos Didáctico-Matemáticos" OR "Competencias Didáctico-Matemáticas" OR "Educational Resources" OR "Recursos Educativos" OR "Technology Use" OR "Use of Technology" OR "Digital Tools" OR "Educational Technology" OR "Technology Integration" OR "ICT" OR "Information and Communication Technology" OR "Technological Tools" OR "Digital Resources" OR "Technological Integration" OR "Tecnología Educativa" OR "Uso de Tecnología" OR "Technology Uses in Education" OR "TPACK Model"))

---

### **Criterios de Inclusión y Exclusión**

En el contexto de este estudio, es necesario tener claros los criterios de inclusión y exclusión. Por un lado, los criterios de inclusión se refieren a las características específicas que los estudios deben cumplir para ser considerados en este análisis, tales como tipo de publicación, relevancia temática y periodo de publicación. Por otro lado, los criterios de exclusión se utilizan para identificar y descartar estudios que no cumplan con las condiciones establecidas, incluyendo artículos fuera del enlace temático, publicaciones redundantes o de baja calidad. Los criterios que presentaremos a continuación afinan nuestra selección de literatura, asegurando que solo se incluyan datos pertinentes y de alta calidad que contribuyan significativamente a los objetivos de esta investigación.

### **Criterios de Inclusión**

Es importante definir algunos aspectos a considerar dentro de los criterios de inclusión para concretar y contextualizar el término. Entre los criterios se pueden destacar:

- **Área temática:** Educación Matemática y Tecnología Educativa.
- **Tipo de documento:** Artículos de investigación revisados por pares.
- **Idioma:** Inglés y Español.
- **Palabras clave:** Incluyen términos relacionados con el Enfoque Ontosemiótico (EOS), el modelo TPACK, y la educación matemática.
- **Período de publicación:** restricciones de tiempo de 2005 a 2023 para capturar una visión completa del desarrollo del tema.

### **Criterios de Exclusión**

En cuanto, a los criterios de exclusión se centran en los siguientes aspectos que determinan su contexto conceptual:

- Documentos no revisados por pares, como informes técnicos, editoriales y reseñas de libros.
- Artículos no disponibles en texto completo.
- Publicaciones en idiomas diferentes al inglés y español.
- Artículos duplicados entre las bases de datos Scopus y Web of Science.

### **Metodología PRISMA**

Esta metodología integra los criterios de exclusión e inclusión para asegurar una selección rigurosa y sistemática de los artículos. Es decir, se empleó la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), la cual es una guía que estudia la estructura de la producción científica y permite escoger aquellas publicaciones que realmente estén relacionadas con la temática de estudio. Dicha estructura fue organizada en cuatro fases:

- **Identificación**

Se obtuvieron 115 artículos de Scopus y 197 de Web of Science utilizando las ecuaciones de búsqueda mencionadas.

- **Selección preliminar**

Se eliminaron los duplicados, resultando en un total de 272 artículos únicos.

- **Cribado**

Se hizo una exhaustiva revisión de los títulos y resúmenes en los 272 artículos preliminares, con el objetivo de verificar su relevancia y su adecuación a los criterios de inclusión establecidos. Como resultado de este proceso, se logró reducir la cantidad de artículos a 50.

- **Inclusión final**



Se realizó una lectura completa de los 50 artículos cribados, aplicando los criterios de exclusión para determinar la idoneidad final, resultando en una muestra de 11 artículos clave para el análisis detallado.

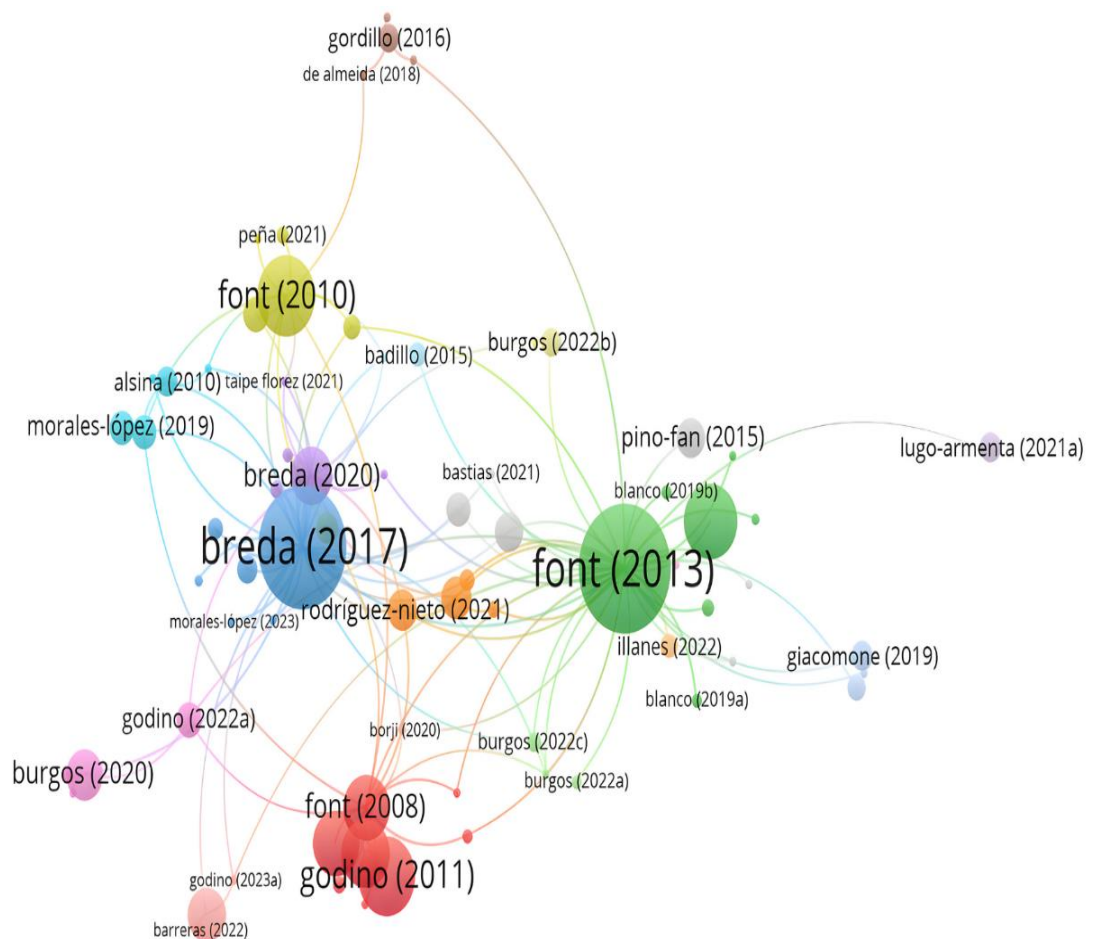
## Resultados

Con relación a la determinación de los artículos más relevantes (OE1), los gráficos proporcionados por VOSviewer permiten realizar un análisis detallado sobre las tendencias temáticas y colaborativas en la investigación en educación matemática. A continuación, se presenta un análisis pormenorizado de los tres gráficos:

El primer gráfico muestra la red de citas entre diferentes autores y sus respectivas publicaciones.

### Figura 1

#### *Citaciones de Documentos*





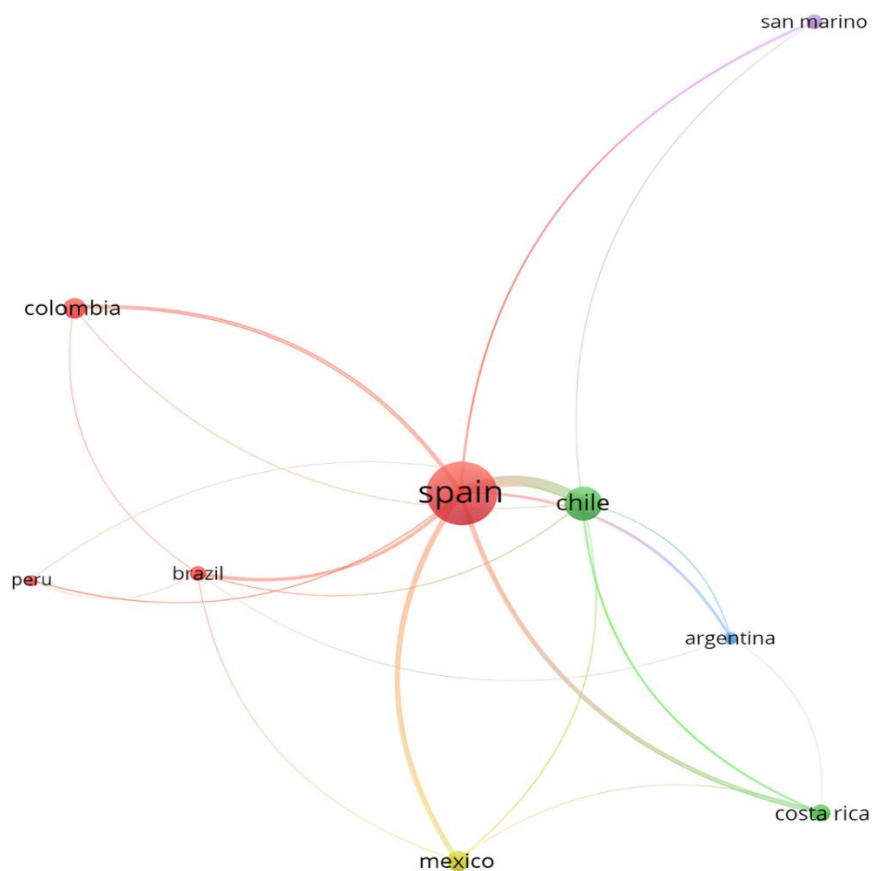
De la Figura 1 se pueden extraer los siguientes puntos clave:

- En primer lugar, se resaltan a tres autores principales. Font (2013), Breda (2017), y Godino (2011) se destacan como los autores más influyentes en la red de citas. Estos autores tienen una alta frecuencia de citas, lo que indica que sus investigaciones son fundamentales y ampliamente reconocidas en el campo de la educación matemática.
- En segundo lugar, se hace referencia a la estructura de la red. La red presenta varias comunidades interconectadas, lo que sugiere la existencia de subtemas o enfoques específicos dentro de la educación matemática. Esta estructura denota la diversidad de investigaciones y la interrelación entre distintos estudios y enfoques metodológicos.
- En tercer lugar, aparecen otros autores relevantes. Además de los autores principales, otros como Peña (2021) y Morales-López (2020) también presentan conexiones significativas, aunque se sitúan en posiciones más periféricas en comparación con los autores centrales. Esto indica su relevancia en subtemas específicos o en enfoques emergentes.

En la Figura 2 se muestran las relaciones de colaboración entre diferentes países en las publicaciones sobre educación matemática.

## Figura 2

### *Colaboración Internacional*



España como Núcleo Central. España ocupa una posición central en la red de colaboración, siendo el país de origen de la mayoría de las publicaciones analizadas.

Conexiones Internacionales. Existe una fuerte colaboración con países de América Latina, destacándose Chile, Colombia, Costa Rica, México, y Brasil. Esta interconexión sugiere un intercambio activo de conocimientos y metodologías, y la posibilidad de influencia mutua en las tendencias y enfoques de investigación.

Otros países colaboradores. También se observan conexiones, aunque en menor medida, con Perú, Argentina, y San Marino.

La posición central de España en la red de colaboración en el ámbito de la educación matemática es un reflejo de su relevancia en la producción académica en este campo. Como país de origen de la mayoría de las publicaciones analizadas, España ejerce una influencia significativa en el desarrollo y la difusión de conocimientos en educación matemática.

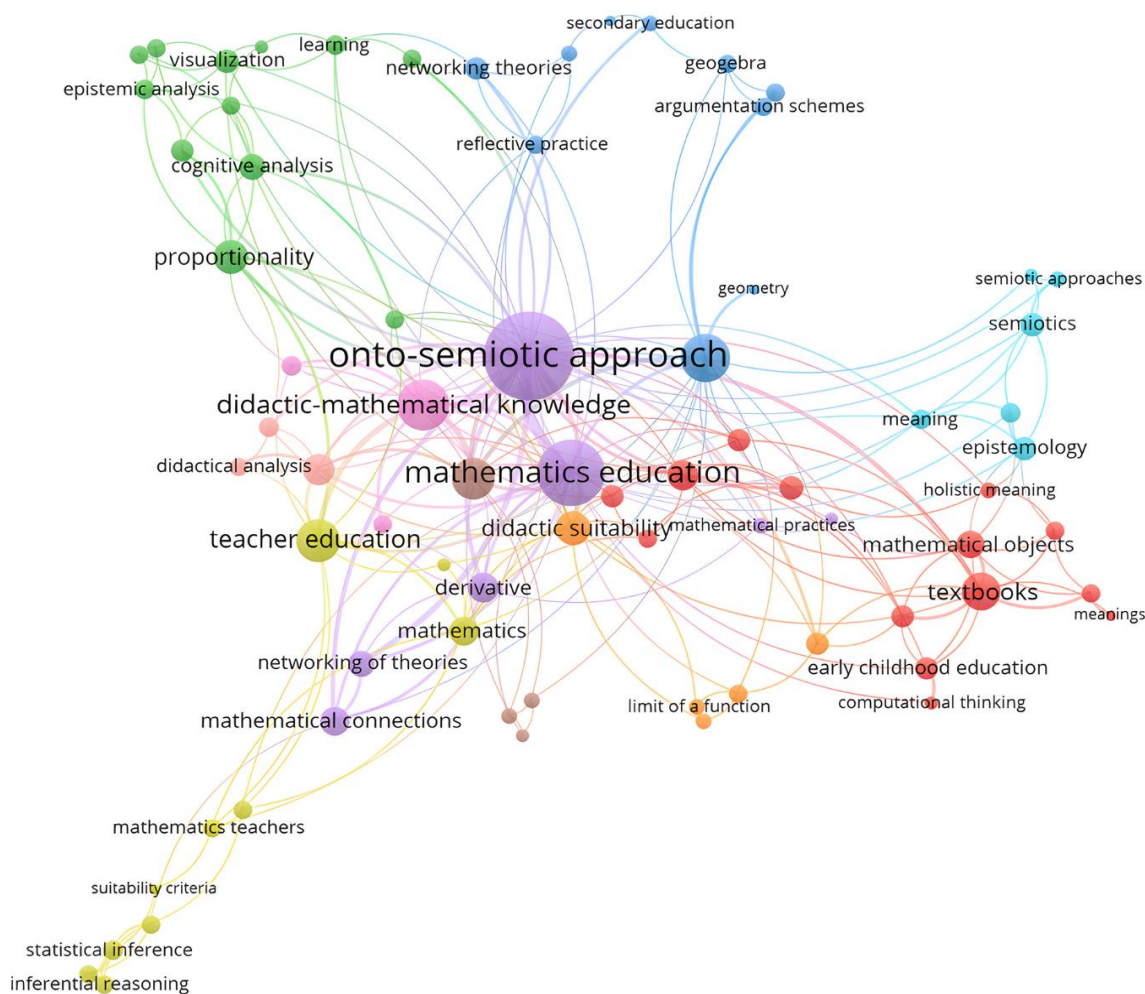
La fuerte colaboración con países de América Latina, como Chile, Colombia, Costa Rica, México y Brasil, indica un intercambio activo de conocimientos y metodologías entre España y estas naciones. Esta colaboración transatlántica puede enriquecer el panorama de la educación matemática al incorporar diferentes perspectivas, enfoques y experiencias educativas.

Además de los países latinoamericanos mencionados, también se observa colaboración con Perú, Argentina y San Marino, aunque en menor medida. Esta colaboración más limitada puede deberse a intereses compartidos en nichos específicos de la educación matemática o a la presencia de investigadores individuales que establecen conexiones internacionales en sus áreas de especialización.

En resumen, la red de colaboración en educación matemática muestra a España como un núcleo central, con conexiones internacionales sólidas en América Latina y colaboraciones más limitadas con otros países. Este panorama refleja un intercambio activo de conocimientos y la posibilidad de influencia mutua en las tendencias y enfoques de investigación en el campo de la educación matemática.

Con relación al OE2, la Figura 3 muestra las palabras clave que co-ocurren en los documentos analizados, proporcionando una visión clara de los temas más investigados:

**Figura 3**  
*Cocurrencia de Palabras Claves*



De esta visualización de las palabras clave se infieren los siguientes temas principales de investigación. El enfoque onto-semiótico, la educación matemática y la formación de profesores emergen como los temas predominantes en la investigación. Estos temas indican las áreas de mayor interés y desarrollo teórico y práctico. Se trata de temas coherentes con los criterios de inclusión y de exclusión

Se identifican varios subtemas significativos como la visualización, el análisis cognitivo, la proporcionalidad y los esquemas de argumentación. Estos subtemas reflejan la amplitud y la profundidad de los enfoques investigativos dentro de la educación matemática. Otros términos destacados incluyen libros de texto, epistemología y adecuación didáctica; donde estos términos sugieren un equilibrio entre el desarrollo teórico y la aplicación práctica en la enseñanza de la matemática.

## Uso del Software Analítico Atlas.ti

La herramienta Atlas.ti para el análisis cualitativo de datos, se utilizó con el objetivo de identificar los artículos más relevantes a partir del análisis realizado en los objetivos OE1 y OE2 y así dar paso al desarrollo del objetivo OE3 (ver Tabla 2).

**Tabla 2**

*Artículos Seleccionados*

Títulos	Autores	Año
An Integrative Theoretical Framework for Mathematics Education: The Onto-Semiotic Approach to Mathematical Knowledge and Instruction	Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V.	2009
Levels of elementary algebraic reasoning	Godino, J. D., Aké, L., Gonzato, M., & Wilhelmi, M. R.	2012
A Proposal for the Analysis of the Mathematical Practices of Future Teachers on Derivatives	Pino-Fan, L. R., Godino, D. J., & Font, V.	2015
Didactic-Mathematical Knowledge of Primary Education Teachers on Probability: design, construction, and validation of an evaluation instrument	Vásquez, C., & Alsina, Á.	2015
Onto-Semiotic Approach to the Knowledge and Competencies of Mathematics Teachers	Godino, J. D., Giacomone, B., Batanero, C., & Font, V.	2017
Online educational videos according to specific didactics: the case of mathematics	Beltrán-Pellicer, P., Giacomone, B., & Burgos, M.	2018
An onto-semiotic approach to the analysis of the affective domain in mathematics education	Beltrán-Pellicer, P., & Godino, J. D.	2020
Didactic analysis of a lesson on proportionality in a primary school textbook using tools from the onto-semiotic approach	Burgos, M., Castillo, M. J., Beltrán-Pellicer, P., Giacomone, B., & Godino, J. D.	2020
Epistemic criteria for designing limit tasks on a real variable function	Bastias, D. A., Pino-Fan, L. R., Medrano, I. G., & Castro, W. F.	2021
Analyzing theories of meaning in mathematics education from the onto-semiotic approach	Godino, J. D., Burgos, M., & Gea, M. M.	2022
Guidelines for reflecting on the teaching of functions and improving its instruction	Inglada Rodríguez, N., Breda, A., & Sala-Sebastià, G.	2023

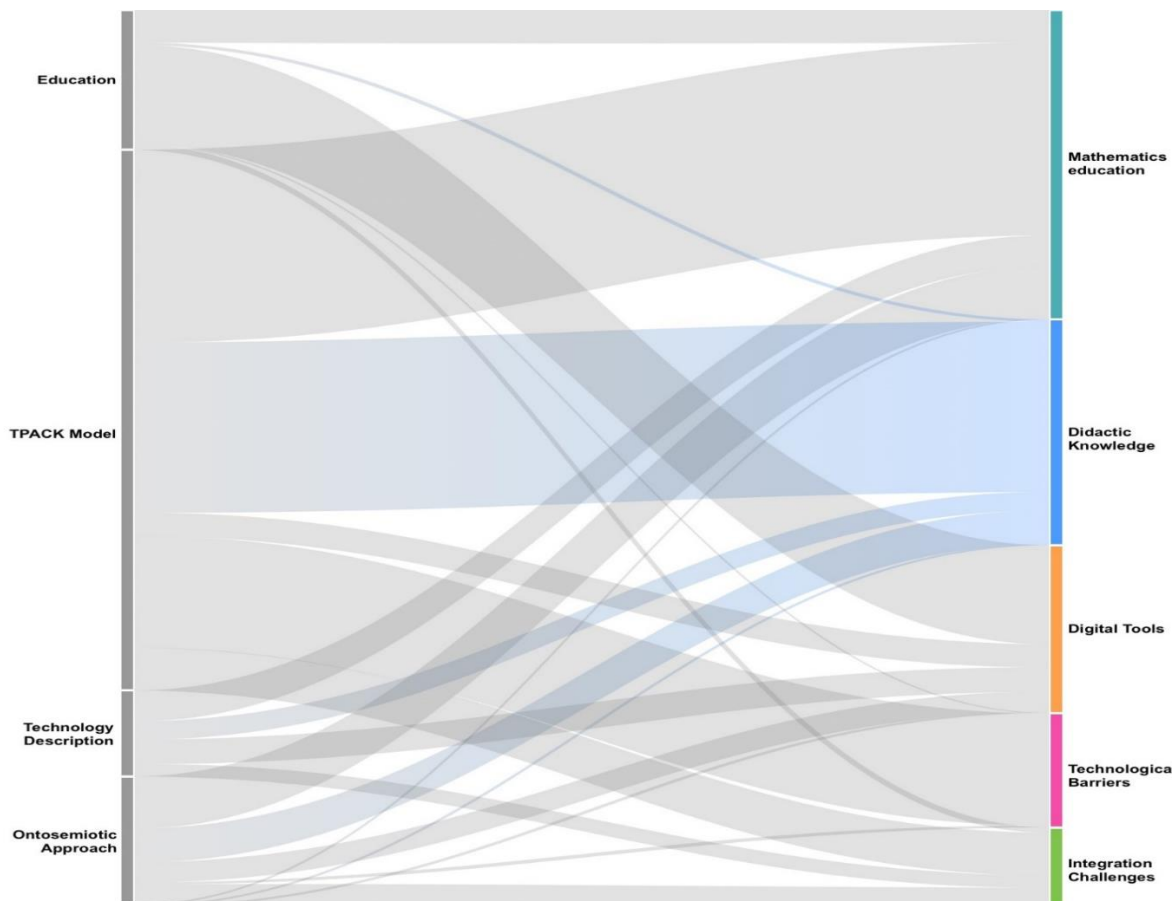
A continuación, sigue un estudio detallado de la selección de artículos obtenidos en OE3 usando las potencialidades para el análisis cualitativo de la herramienta Atlas.ti (flujo de conexiones entre ellos, las nociones más tratadas en estos documentos, palabras clave más habituales, coocurrencia entre las palabras clave, etc.)

La figura 4 muestra los resultados del diagrama Sankey. En este diagrama se visualiza el flujo y las conexiones entre diferentes códigos en los documentos analizados. Cada línea

representa la coocurrencia de códigos en el mismo fragmento de texto, y su grosor indica la frecuencia de esta coocurrencia.

#### Figura 4

*Flujo de Conexiones entre Códigos de Documentos del Mismo Texto y Frecuencia entre las Coocurrencias*



Como se puede observar, los flujos principales se dan entre "Education" y "Technology Description" (como origen), con otros códigos como "Mathematics Education", "Didactic Knowledge", y "Digital Tools" (como final), lo cual muestra cómo estos conceptos están interrelacionados en la literatura.

En cuanto a la integración de TPACK y CCDM del EOS se puede evidenciar con los códigos de búsqueda de la tabla 1 que los flujos desde códigos como "TPACK Model" y "Ontosemiotic Approach" como origen, indican que estos modelos teóricos están siendo utilizados para estructurar y analizar el uso de tecnología en la educación matemática. Esto sugiere una aplicación práctica de estos marcos teóricos en el análisis de datos. Aunque no se observa un flujo entre ambos.

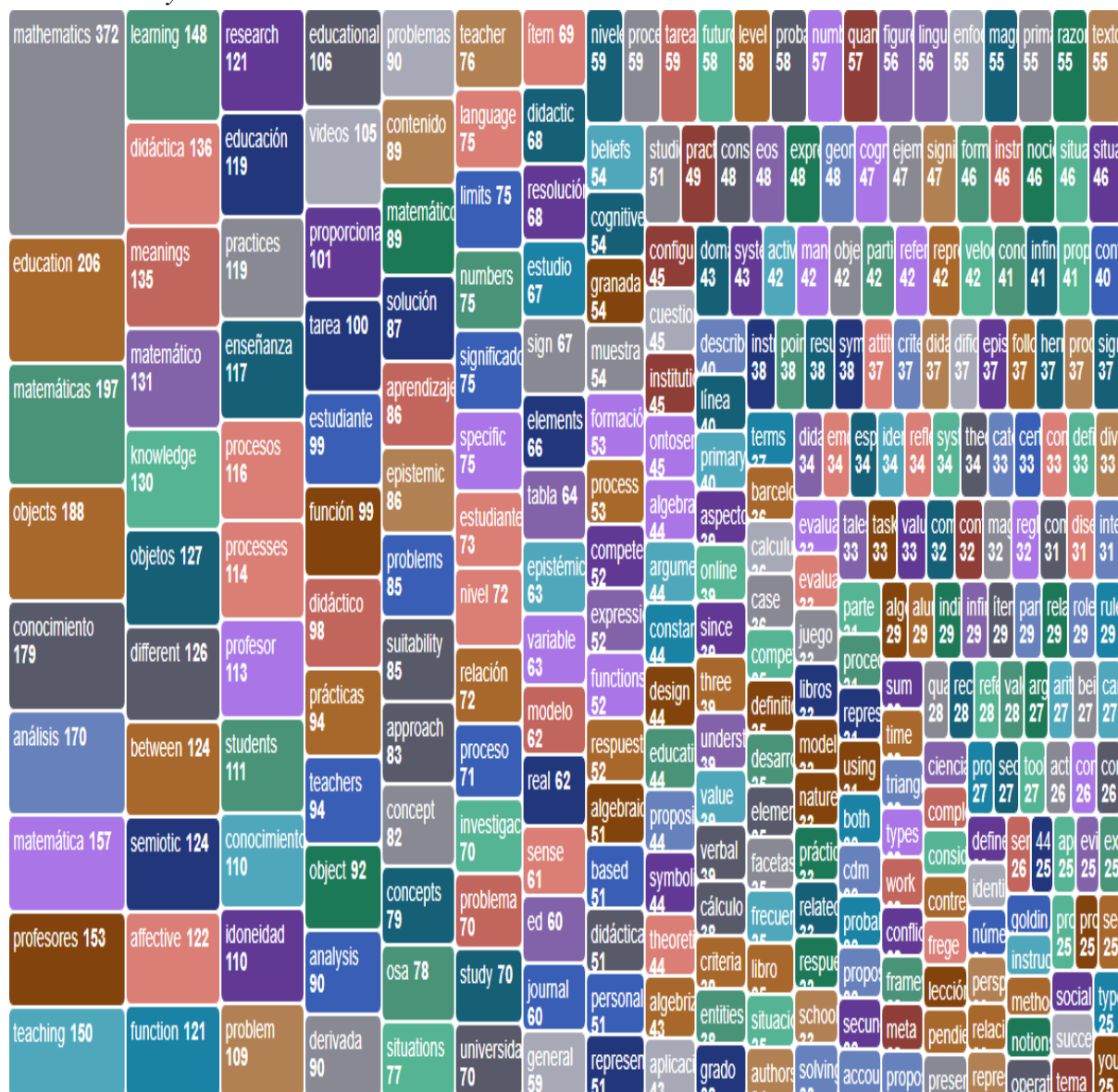
Los flujos desde códigos como "TPACK Model" y "Ontosemiotic Approach", como origen, con códigos que representan barreras y desafíos, como "Technological Barriers" y "Integration Challenges", como final, resaltan áreas críticas que requieren atención en la investigación y práctica educativa para el desarrollo de estos marcos teóricos y su posible integración. En particular, se puede considerar que ambos códigos finales identifican las dificultades comunes en la implementación de tecnologías educativas.



En el área del conocimiento y didáctica los términos como "knowledge", "didáctica", y "learning" subrayan la importancia del conocimiento didáctico en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, especialmente en relación con la integración tecnológica. Por último, el término tecnología se relaciona con palabras como "videos", "tools", y "juegos" lo cual indica que la discusión sobre herramientas tecnológicas es un componente central de los estudios revisados.

El treemap de la figura 6 muestra la distribución y la frecuencia de las palabras clave en los documentos. Cada bloque representa una palabra y su tamaño indica la frecuencia de aparición.

**Figura 6**  
*Distribución y la Frecuencia de las Palabras Clave*



Según este recurso, la segmentación por temas evidencia claramente bloques como "mathematics", "education", "knowledge", y "didáctica", lo que permite ver cómo estos temas están priorizados en la literatura.



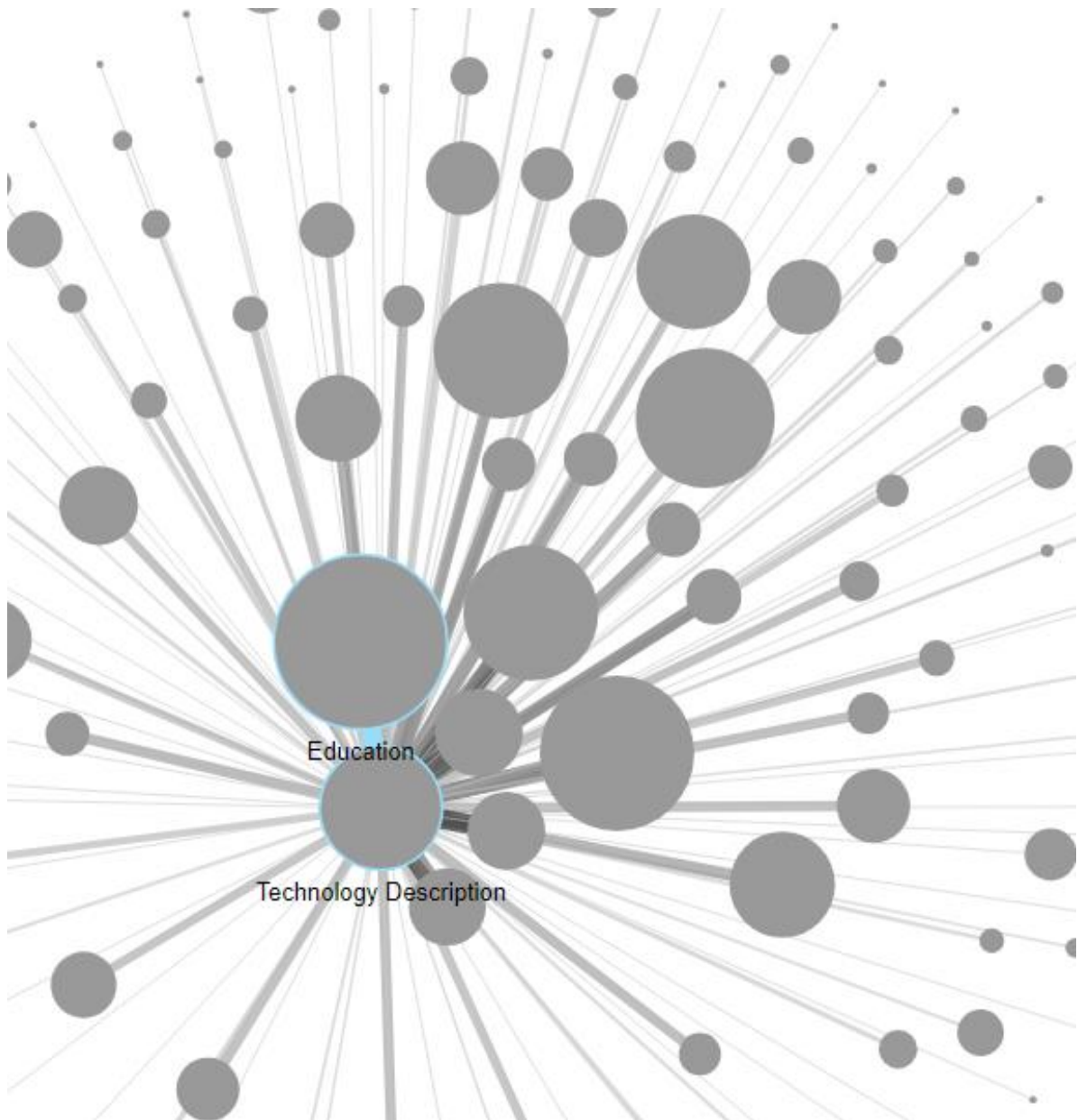
Se puede afirmar que la frecuencia de términos como "mathematics", "education", y "knowledge" nos destaca e informa de las áreas principales en las que los autores de los artículos seleccionados en el OE3 están investigando con mayor énfasis.

En cuanto a las áreas emergentes, se evidencia que los bloques más pequeños pero visibles de términos como "semiotic", "proporcionalidad", y "function" pueden señalar áreas emergentes o subtemas específicos que están ganando atención en la investigación reciente.

El gráfico de la figura 7 muestra la coocurrencia de palabras clave en los documentos analizados. Las palabras clave más grandes y centrales son "Education" y "Technology Description", lo que indica su prominencia y centralidad en la red temática.

### **Figura 7**

*Coocurrencia entre Palabras Claves*



Se puede observar en el gráfico, la prominencia de la palabra "Education" que sugiere en gran parte que la investigación está centrada en contextos educativos, lo cual es consistente con el hecho de que los artículos seleccionados tratan sobre educación matemática.

Por otro lado, se puede visualizar, la coocurrencia frecuente de "Technology Description", lo cual indica que los estudios no solo mencionan el uso de tecnologías, sino que también describen con detalle cómo se implementan y se utilizan los recursos tecnológicos en el ámbito educativo.

Por último, la conexión que evidencia el grosor de la línea que conecta "Education" y "Technology Description" y, también, las numerosas conexiones de otros términos con estos dos códigos sugieren una integración de la tecnología con diferentes tipos y temas de investigación (estudios de caso, evaluaciones de herramientas tecnológicas educativas y análisis de la idoneidad de los procesos de instrucción con uso de recursos tecnológicos).

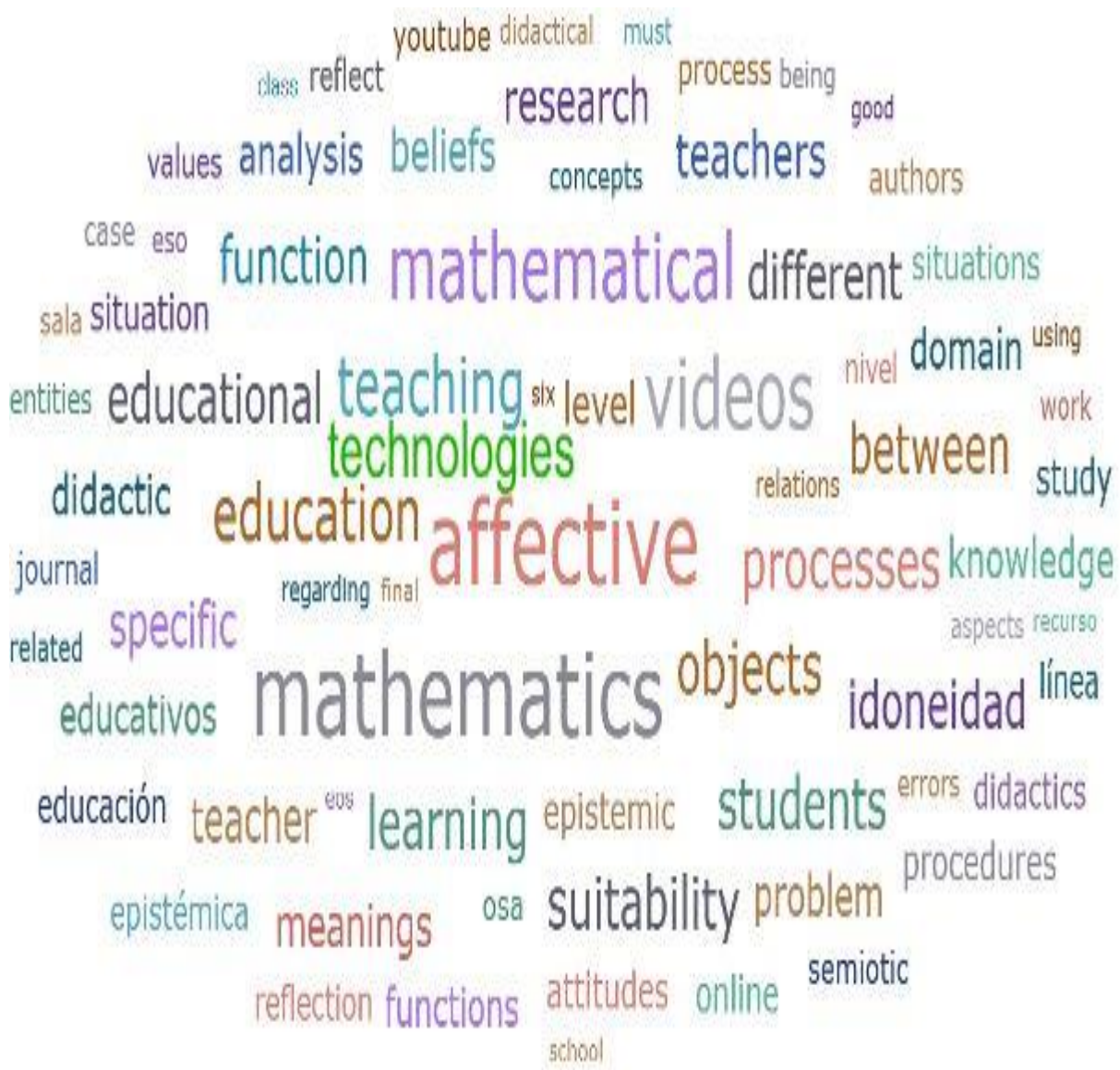
Seguidamente se usó el Atlas.ti para formular dos preguntas relacionadas con OE4:

- a) ¿Cómo se describe el uso de tecnologías educativas en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en los artículos seleccionados en el OE3?
- b) ¿Qué conocimientos y competencias didáctico-matemáticas se mencionan en estos artículos con relación con el uso de tecnologías educativas?

Como respuesta a la primera pregunta se obtuvo la nube de palabras de la figura 8, la cual proporciona una visión clara de cómo se describe en estas investigaciones el uso de tecnologías educativas en la enseñanza de las matemáticas.

**Figura 8**

*Coocurrencia entre Palabras que Responden al Uso de Tecnologías Educativas en la Enseñanza de las Matemáticas*



El término central "mathematics" (siendo el artículo más relevante que usa este término el de Godino et al. (2012) indica que el núcleo de los estudios se enfoca en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, destacando cómo la tecnología se utiliza para mejorar estos procesos. En particular en el artículo de Godino et al. (2012) se resalta que la integración de tecnologías no se debe abordar de manera abstracta, sino específicamente en el contexto de la educación matemática, asegurando que las herramientas digitales sean relevantes y aplicables al contenido matemático.

Los términos "educational" y "education" (siendo el artículo más relevante que usa estos términos el de Beltrán-Pellicer et al. (2020)), resaltan que los estudios se sitúan firmemente en el ámbito educativo, con un énfasis en mejorar las prácticas pedagógicas a través de la tecnología. La nube de palabras de la figura 8, abarca desde la educación formal en

instituciones hasta la educación informal, reflejando un interés en cómo las tecnologías pueden apoyar la formación inicial y continua del profesorado.

La alta frecuencia del término "technologies" (siendo el artículo más relevante que usa este término el de Burgos et al. (2018) evidencia el interés en estos artículos en una variedad de herramientas digitales y su implementación en el aula de matemáticas. Esto incluye aplicaciones, plataformas de aprendizaje en línea, software educativo y recursos interactivos, destacando la diversidad de medios tecnológicos empleados.

La palabra "teaching" (siendo el artículo más relevante que usa estos términos el de Beltrán-Pellicer et al. (2020) sugiere un análisis profundo de las metodologías pedagógicas que incorporan tecnologías educativas. El estudio de Beltrán-Pellicer et al. (2020) examina cómo estas metodologías pueden facilitar la instrucción, hacerla más interactiva y adaptativa, y cómo los docentes pueden utilizar la tecnología para personalizar el aprendizaje y atender a diversas necesidades estudiantiles.

El enfoque en "learning" (siendo el artículo más relevante que usa este término el de Godino et al. (2012) destaca el interés en los resultados educativos y cómo las tecnologías influyen en la comprensión y uso de los conceptos matemáticos. En el artículo de Godino et al. (2012) se examina cómo las herramientas digitales pueden fomentar un aprendizaje más activo y participativo, mejorar la motivación estudiantil y apoyar el desarrollo de habilidades críticas. Mientras que la presencia de "didactic" (siendo el artículo más relevante que usa este término el de Burgos et al. (2020) sugiere que los estudios se centran en las estrategias específicas de enseñanza que los docentes utilizan para integrar la tecnología. Esto incluye la planificación de actividades, el diseño de materiales educativos interactivos y la implementación de enfoques pedagógicos innovadores que faciliten el aprendizaje matemático.

También se puede deducir que el uso destacado de "videos" (siendo el artículo más relevante que usa estos términos el de Beltrán-Pellicer et al. (2020) refleja la popularidad de los recursos audiovisuales en la enseñanza de las matemáticas. El estudio de Beltrán-Pellicer et al. (2020) analiza cómo los videos pueden ser utilizados para explicar conceptos complejos, proporcionar ejemplos visuales y ofrecer tutoriales paso a paso que complementen la instrucción en el aula. Sin embargo, la mención frecuente de "teachers" (siendo el artículo más relevante que usa este término el de Beltrán-Pellicer et al. (2018a) subraya la importancia del rol del docente en la integración de tecnologías. El artículo de Beltrán-Pellicer et al. (2018b) examina las competencias necesarias para la incorporación de la tecnología, las actitudes hacia el uso de herramientas digitales y los desafíos que enfrentan los profesores al incorporar tecnologías en sus prácticas pedagógicas.

En cuanto al término "processes" (siendo el artículo más relevante que usa este término el de Godino et al. (2012) indica un interés en los procesos pedagógicos y de aprendizaje que se ven impactados por la tecnología. En Godino et al. (2017) se estudia la planificación y ejecución de lecciones, la interacción en el aula, y la evaluación del aprendizaje, proporcionando una visión integral de cómo la tecnología transforma la educación matemática. El artículo más relevante que usa el término "knowledge" es el de Beltrán-Pellicer et al. (2018a). En este artículo se investiga cómo la integración de tecnología puede mejorar la comprensión y aplicación de conceptos matemáticos, así como desarrollar habilidades digitales en los estudiantes.





Por un lado, la prominencia de los términos "mathematics" y "mathematical" sugiere que en estos artículos las competencias didáctico-matemáticas mencionadas están conectadas con un conocimiento profundo de las matemáticas. Esto implica que los docentes deben tener una sólida comprensión de los conceptos matemáticos para poder integrar eficazmente las tecnologías en su enseñanza (Godino et al. 2012). Para estos autores, un dominio robusto de la materia es esencial para seleccionar y utilizar herramientas tecnológicas que complementen y enriquezcan la instrucción matemática.

Por otro lado, la frecuencia de los términos "teaching" (enseñanza) y "learning" (aprendizaje) (siendo el artículo más relevante que usa estos términos el de Beltrán-Pellicer et al. (2020) indica que las competencias didáctico-matemáticas incluyen habilidades en metodologías de enseñanza y estrategias de aprendizaje. Para estos autores, los docentes deben ser capaces de diseñar y ejecutar lecciones que utilicen tecnologías para mejorar la comprensión y retención de los conceptos matemáticos por parte de los estudiantes; lo cual requiere la integración de tecnologías interactivas que faciliten un aprendizaje activo y significativo.

El término "knowledge" (conocimiento) también es utilizado en Burgos et al. (2020) para resaltar la importancia del conocimiento didáctico y del contenido. Según estos autores, los docentes necesitan no solo entender las matemáticas, sino también cómo enseñar estos conceptos de manera efectiva utilizando herramientas tecnológicas; esto incluye el conocimiento de diversas plataformas y aplicaciones digitales que pueden ser empleadas en el aula. Según estos autores, la competencia en el uso de estas tecnologías permite a los docentes adaptar sus estrategias pedagógicas para satisfacer las necesidades individuales de los estudiantes y maximizar el impacto educativo.

En Beltrán-Pellicer et al. (2018b), también destaca la mención frecuente de "teachers" (profesores), asociado a que las competencias de los docentes son un aspecto central de su formación. Esto incluye la capacidad de integrar tecnologías en sus prácticas pedagógicas, adaptarse a nuevas herramientas digitales y mantenerse actualizados con los avances tecnológicos en la educación. Para estos autores, los docentes deben estar preparados para enfrentar los desafíos asociados con la implementación de tecnologías educativas y desarrollar habilidades continuas para utilizar estas herramientas de manera efectiva.

Mientras que el término "didactic" (didáctico), tal como lo usan Burgos et al. (2020), subraya la importancia de las competencias didácticas específicas, como la capacidad de diseñar actividades interactivas y recursos educativos digitales. Para estos autores, los docentes deben ser capaces de crear experiencias de aprendizaje que no solo transmitan conocimientos matemáticos, sino que también involucren activamente a los estudiantes a través del uso de tecnologías. Estas actividades deben estar cuidadosamente diseñadas para fomentar la participación y el compromiso estudiantil.

Los términos "processes" (procesos) y "practices" (prácticas), muy presentes en el artículo de Beltrán-Pellicer et al. (2020), indican que las competencias didáctico-matemáticas también abarcan la gestión de procesos y prácticas educativas. Para estos autores, los docentes deben ser capaces de planificar, implementar y evaluar el uso de tecnologías en el aula, asegurándose de que estas herramientas se utilicen de manera eficaz para apoyar el aprendizaje. En particular, la evaluación continua y la adaptación de las estrategias tecnológicas son cruciales para el éxito educativo.

Cabe señalar que la presencia del término "affective" (afectivo), siendo el artículo más relevante que usa este término el de Burgos et al. (2020), sugiere que las competencias didáctico-matemáticas también incluyen aspectos emocionales y motivacionales. Según estos autores, los docentes deben ser capaces de utilizar tecnologías para motivar a los estudiantes y crear un ambiente de aprendizaje positivo, ya que las herramientas tecnológicas pueden ser especialmente útiles para captar el interés de los estudiantes y mantener su motivación a lo largo del proceso de aprendizaje.

Además, se evidencia que la mención de "analysis" (análisis), (siendo el artículo más relevante que usa este término el de Godino et al. (2012), indica, según estos autores, que los docentes deben tener competencias analíticas para evaluar la efectividad del uso de tecnologías en la enseñanza de las matemáticas. Esto incluye la capacidad de analizar datos de aprendizaje y ajustar las estrategias pedagógicas en consecuencia.

Finalmente, términos como "function" (función), siendo el artículo más relevante que usa este término el de Beltrán-Pellicer et al. (2018a) sugieren que las competencias incluyen la capacidad de utilizar tecnologías para representar y enseñar conceptos matemáticos específicos, como funciones. Según estos autores, los docentes deben ser capaces de usar herramientas digitales para visualizar y explorar los objetos matemáticos de manera interactiva, en particular el objeto función. Para los autores, la representación visual y la manipulación interactiva de conceptos matemáticos son fundamentales para el desarrollo de una comprensión profunda y duradera en los estudiantes.

### **Conclusión**

Los estudios de revisión y meta-revisión sistemáticas son importantes para avanzar en el conocimiento en muchos campos científicos, incluyendo el área de la educación matemática. En este artículo se ha realizado una revisión sistemática de tipo bibliométrico para proporcionar una visión global y una visión más profunda de las investigaciones, que han utilizado como referente teórico el TPACK y/o el CCDM del EOS, sobre la incorporación de la tecnología en los procesos de instrucción matemática. Como todos los estudios de este tipo tenemos la limitación temporal del intervalo en los que se han seleccionado los artículos. Por otra parte, una de las fortalezas de este tipo de estudios es que señalan temas de interés a investigar.

Este estudio bibliométrico para determinar los autores más relevantes (que han usado como referentes teóricos los modelos TPACK y/o EOS) en la caracterización de los conocimientos y competencias didáctico-matemáticas necesarios para que el profesorado incorpore la tecnología (así como las relaciones de colaboración entre diferentes países en las publicaciones de estos autores)-, ha permitido concluir que los autores más influyentes son Font (2010), Breda (2017) y Godino (2011), y que España es el núcleo central de una red robusta de colaboración con fuertes conexiones con países de América Latina como Colombia, Perú, México y Brasil. En estos resultados resalta el hecho de que no parece ningún autor relevante del marco teórico TPACK, en nuestra opinión, se debe a que, si bien el TPACK caracteriza el tipo de conocimiento necesario para el uso de la tecnología, las investigaciones que usan este referente teórico no se han focalizado en el desarrollo de este conocimiento y, también plausiblemente



debido a que el CCDM es un marco teórico más amplio que el TPACK (Morales-López y Font, 2024). También hay que tener en cuenta, que en el momento de la realización de esta investigación algunos artículos que han buscado el networking entre el CCDM del EOS y el TPACK aún no se habían publicado, como es el caso de Morales-López y Font (2024). Ahora bien, podemos concluir que una de las líneas de avance de la investigación es aquella que busca la integración del TPACK con el CCDM del EOS para desarrollar y evaluar los conocimientos y competencias que necesita el profesorado para incorporar la tecnología en los procesos de instrucción matemática, sea en general o bien para la enseñanza y aprendizaje de objetos matemáticos específicos (proporcionalidad, sistemas de ecuaciones, funciones, etc.).

Con relación a las tendencias temáticas principales investigadas por estos autores, relacionadas con los conocimientos y competencias de los profesores necesarias para el uso de tecnología en la educación matemática, destaca la necesidad de investigar: a) el papel de un conocimiento profundo de las matemáticas, en particular del objeto matemático a enseñar, en la incorporación de la tecnología en la enseñanza de esta disciplina; b) las habilidades en metodologías de enseñanza y estrategias de aprendizaje, c) desarrollo y evaluación de la competencia en el uso de herramientas digitales y d) capacidades analíticas para evaluar y ajustar las prácticas educativas; además, (e) los aspectos emocionales y motivacionales se destacan como relevantes para crear un ambiente de aprendizaje positivo y comprometido, esencial para el éxito de la integración de la tecnología en el aula de matemática.

En esta revisión, para dar respuesta al OE3, se seleccionaron los primeros once artículos de la lista de 312 artículos ofrecida por el análisis cualitativo con la herramienta Atlas.ti. La lista se redujo a los once primeros, basándonos en su relevancia y después de una triangulación de expertos (en la que, por ejemplo, se discutió bastante si el artículo nº 11 era sustituido por el 14 o si la lista llegaba hasta el número 14).

El análisis cualitativo con Atlas.ti, reveló cómo los conceptos de educación, tecnología y conocimiento didáctico están interrelacionados en la literatura. El núcleo de los estudios se enfoca en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, destacando cómo la tecnología se utiliza para mejorar estos procesos. En particular se resalta que la integración de tecnologías no se debe abordar de manera abstracta, sino específicamente en el contexto de la educación matemática, asegurando que las herramientas digitales sean relevantes y aplicables al contenido matemático. El análisis de los temas estudiados en estos artículos también señala áreas emergentes a investigar, como sería el caso de los conocimientos y competencias necesarias para la integración de la tecnología en el proceso de enseñanza y aprendizaje de nociones específicas como proporcionalidad o función, entre otras.

### **Agradecimientos**

Esta investigación cuenta con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá (UP), la investigadora principal es becaria por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) del doctorado en la Universitat de Barcelona y es miembro del Grupo de Investigación en Educación Matemática -GIEM21 de la UP.

### Referencias

- Bastias, D. A., Pino-Fan, L. R., Medrano, I. G., & Castro, W. F. (2021). Epistemic criteria for designing limit tasks on a real variable function. *Bolema Boletim de Educação Matemática*, 35(69), 179–205. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n69a09>
- Beltrán-Pellicer, P., & Godino, J. D. (2020). An onto-semiotic approach to the analysis of the affective domain in mathematics education. *Cambridge Journal of Education*, 50(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/0305764x.2019.1623175>
- Beltrán-Pellicer, P., Giacomone, B., & Burgos, M. (2018a). Online educational videos according to specific didactics: the case of mathematics / Los Vídeos educativos en línea desde las didácticas específicas: el caso de las matemáticas. *C&E, Cultura y Educación*, 30(4), 633–662. <https://doi.org/10.1080/11356405.2018.1524651>
- Beltrán-Pellicer, P., Giacomone, B., & Navarro-Molina, C. (2018b). Análisis de la efectividad didáctica de los vídeos educativos en matemáticas. *Educational Technology & Society*, 21(4), 49–63.
- Breda, A., Pino-Fan, L. R., & Font, V. (2017). Meta didactic-mathematical knowledge of teachers: Criteria for the reflection and assessment on teaching practice. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 1893–1918. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01207a>
- Burgos, M., Beltrán-Pellicer, P., Giacomone, B., & Godino, J. D. (2018). Conocimientos y competencia de futuros profesores de matemáticas en tareas de proporcionalidad. *Educação e Pesquisa*, 44(0), 1–22. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634201844182013>
- Burgos, M., Castillo, M. J., Beltrán-Pellicer, P., Giacomone, B., & Godino, J. D. (2020). Análisis didáctico de una lección sobre proporcionalidad en un libro de texto de primaria con herramientas del enfoque ontosemiótico. *Bolema Boletim de Educação Matemática*, 34(66), 40–68. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n66a03>
- Cevikbas, M., Kaiser, G., & Schukajlow, S. (2024). Trends in mathematics education and insights from a meta-review and bibliometric analysis of review studies. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01587-7>
- Font, V., & Sala, G. (2020). Un año de incertidumbres para la Educación Matemática. *Bolema Boletim de Educação Matemática*, 34(68), i–v. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n68e01>
- Font, V., Godino, J. D., & Gallardo, J. (2013). The emergence of objects from mathematical practices. *Educational Studies in Mathematics*, 82(1), 97–124. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9411-0>
- Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V. (2012). Enfoque Ontosemiótico de los Conocimientos y Competencias del Profesor de Matemáticas. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 15(4), 451–486.
- Godino, J. D., Burgos, M., & Gea, M. M. (2022). Analysing theories of meaning in mathematics education from the onto-semiotic approach. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(10), 2609–2636. <https://doi.org/10.1080/0020739x.2021.1896042>

- Godino, J. D., Font, V., Wilhelmi, M. R., & Lurduy, O. (2011). Why is the learning of elementary arithmetic concepts difficult? Semiotic tools for understanding the nature of mathematical objects. *Educational Studies in Mathematics*, 77(2–3), 247–265. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9278-x>
- Godino, J. D., Giacomone, B., Batanero, C., & 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>
- Inglada Rodríguez, N., Breda, A., & Sala-Sebastià, G. (2023). Pauta para reflexionar sobre la enseñanza de las funciones y mejorar su docencia. *Alteridad*, 19(1), 46–57. <https://doi.org/10.17163/alt.v19n1.2024.04>
- Joshi, D. R. (2017). Influence of ICT in Mathematics Teaching. *International Journal For Innovative Research In Multidisciplinary Field*, 3(1), 7–11. <https://www.ijirmf.com/wp-content/uploads/2017/01/201701003.pdf>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record (1970)*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Morales-López, Y., & Araya-Román, D. (2020). Helping preservice teachers to reflect | Apoyando a los futuros profesores a reflexionar. *Acta Scientiae*, 22(1), 88–111. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5641>
- Morales-López, Y., Breda, A., & Font, V. (2024). Articulation Between a Technological Model and an Educational Model to Deepen the Reflection of Prospective Mathematics Teachers. *International Journal of Educational Methodology*, 10(3), 479–494. <https://doi.org/10.12973/ijem.10.3.479>
- Peña, C. N., Pino-Fan, L. R., & Assis, A. (2021). Norms that regulate the management of virtual mathematics classes in the COVID-19 context | Normas que regularizam a gestão das aulas virtuais de matemática no contexto COVID-19 | Normas que regulan la gestión de clases virtuales de matemáticas en el cont. *Uniciencia*, 35(2), 1–20. <https://doi.org/10.15359/RU.35-2.21>
- Pino-Fan, L. R., Godino, D. J., & Font, V. (2015). Una Propuesta para el Análisis de las Prácticas Matemáticas de Futuros Profesores sobre Derivadas. *Bolema Boletim de Educação Matemática*, 29(51), 60–89. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v29n51a04>
- Soto, C. M. A., & Liern, V. (2020). Modos de enseñanza en los videotutoriales de matemáticas: equilibrio entre eficacia puntual y utilidad formativa. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 23(2), 134–156.
- Vásquez, C., & Alsina, Á. (2015). Conocimiento Didáctico-Matemático del Profesorado de Educación Primaria sobre Probabilidad: diseño, construcción y validación de un instrumento de evaluación. *Bolema Boletim de Educação Matemática*, 29(52), 681–703. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v29n52a13>
- Verschaffel, L., Depaepe, F., & Mevarech, Z. (2019). Learning mathematics in metacognitively oriented ICT-based learning environments: A systematic review of the literature. *Education Research International*, 2019, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2019/3402035>