


Revisión sistemática de investigación para la identificación de habilidades STEM utilizando análisis de categorías cruzadas

Systematic review of researches for the identification of STEM skills using cross-categories analyzing

Angélica Urrutia
Universidad Católica del Maule (UCM), Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Talca, Chile
 <https://orcid.org/0000-0002-1806-1616>, aurrutia@ucm.cl

María José Seckel
Universidad Católica del Maule (UCM), Facultad de Ciencias de la Educación, Talca, Chile
 <https://orcid.org/0000-0001-7960-746X>, mjseckel@ucm.cl

María Aravena Díaz
Universidad Católica del Maule (UCM), Facultad de Ciencias Básicas, Talca, Chile
 <https://orcid.org/0000-0002-6796-6366>, maravena@ucm.cl

Información del artículo

Cómo citar este artículo

URRUTIA, Angélica; SECKEL, María José; DÍAZ, María Aravena. Revisión sistemática de investigación para la identificación de habilidades STEM utilizando análisis de categorías cruzadas. **REMAT: Revista Eletrônica da Matemática**, Bento Gonçalves, RS, v. 7, n. 1, p. e2010, 31 de mayo de 2021. DOI: <https://doi.org/10.35819/remat2021v7i1id4332>



Sumisión: 21 de julio de 2020.
Aceptación: 18 de abril de 2021.

Palabras clave

Habilidades Matemática
Modelación en STEM
Resolución de Problemas en STEM

Keywords

Mathematical Skills
STEM Modeling
STEM Problem Resolution

Resumen

Los estudios sobre habilidades matemáticas, científicas y tecnológicas asociadas a STEM (por sus siglas en inglés Science, Technology, Engineering, Math), que manifiestan los profesores y estudiantes implican una constante recopilación de antecedentes; por esto, esta investigación se enfoca en aplicar una metodología que permite la búsqueda de artículos en esta temática durante un período de cinco años. Para ello se plantean preguntas de búsqueda y categorización obteniendo un análisis a partir de cruzamiento de categorías. El logro de este propósito es proceder a clasificar la información e identificar las habilidades, donde cada una de ellas se estudian en una perspectiva de articulación disciplinar: A) Matemática/Ciencia, B) Matemática/Tecnología, C) Matemática/Ingeniería y D) Matemáticas/Ciencia/Tecnología, destacando, además, si se aborda la perspectiva de género en este tipo de clasificación. El estudio se basa en la implementación del proceso de revisión sistemática cuya base de datos fue generada con una selección de artículos en Web of Science, Journal of Education Research y Springer, analizados por inclusión y exclusión, obteniendo 42 artículos finales de 127. Los hallazgos muestran la mirada global que permite determinar la necesidad de generar nuevas investigaciones y resultados que consideren el análisis de las categorizaciones propuestas en enseñanza de la matemática abordadas en la actualidad por separado.

Abstract

Studies on mathematical, scientific and technological skills associated with STEM (Science, Technology, Engineering, Math), which are manifested by teachers and students, involve a constant recollection of antecedents; for this reason, this research focuses on applying a methodology that allows searching for articles on this topic at a period of five years. Search and categorization questions are asked, thus obtaining analysis from the crossing of categories. It's aimed to classify the information and identify the skills, where each of them is studied from a disciplinary articulation perspective: A) Mathematics / Science, B) Mathematics / Technology, C) Mathematics / Engineering and D) Mathematics / Science / Technology, also highlighting if the gender perspective is

addressed in this type of classification. The study is based on the implementation of the systematic review process, whose database was generated with a selection of articles in Web of Science, Journal of Education Research, and Springer, analyzed by inclusion and exclusion, obtaining 42 final articles from 127. The findings showed a global view that allows to determine the need to generate new research and results that consider the analysis of the proposed categorizations in mathematics education currently addressed separately.

1. Introducción

Este estudio aborda un problema vigente relacionado con mejorar las habilidades STEM (por sus siglas en inglés Science, Technology, Engineering, Math) en la formación de profesores como en estudiantes del sistema escolar debido a la necesidad creciente de preparar a las futuras generaciones en el desarrollo de estas habilidades para el logro de una auténtica alfabetización científica y tecnológica (HALLSTRÖM; SCHÖNBORN, 2019). Para ello, se recopila información a partir de artículos relacionados a la enseñanza de las matemáticas y se focaliza en caracterizar el tratamiento dado a las habilidades matemáticas, científicas y tecnológicas en diversos estudios que las miden o intentan desarrollar a través de la resolución de situaciones en contextos que implican la integración disciplinar. Además, se analiza en qué medida dichos estudios abordan la perspectiva de género relacionado con la brecha existente en el sistema escolar.

La metodología para realizar este estudio corresponde a una RS- Revisión Sistemática (Systemating Overview), de la literatura existente (investigaciones previas), determinado para construir clasificaciones y análisis temáticos a los efectos de obtener un mapa visual (o gráficas) del conocimiento en el marco de un contenido específico, (PETERSEN et al., 2008, NICOLAS et al., 2018). El conocimiento se obtiene tras el análisis de los resultados, el cual se realiza mediante una clasificación de los hallazgos y contando la frecuencia de publicaciones dentro de cada categoría para determinar la cobertura de las distintas áreas del tema en investigación. El uso de esta metodología permite identificar tópicos donde existen diferentes estudios primarios para conducir la revisiones sistemáticas y tópicos donde se puede contar con un estado del arte (KITCHENHAM; BUDGEN; BRERETON, 2011).

El objetivo del estudio es determinar el alcance de la investigación focalizada en caracterizar las habilidades matemáticas, científicas y tecnológicas, que manifiestan los profesores y estudiantes cuando forman o son formados en la resolución de situaciones en contextos durante el período 2012-2018. Además, se busca no solo clasificar dicha información e identificar las principales aproximaciones en esta área, sino también analizar sus puntos fuertes y debilidades y, por supuesto, detectar los tópicos y brechas donde es necesario profundizar y contribuir con el conocimiento científico con una mirada global que permita determinar la necesidad de generar nuevas investigaciones y resultados que consideren el análisis de las categorizaciones propuestas.

Dicho esto, las categorías de búsqueda están prestablecidas por el grupo de investigación que trabajó en este estudio, las que se presentan a continuación: i) Concepciones: conjunto de creencias, significados, conceptos, imágenes mentales, preferencias, gustos o conjunto de posicionamientos sobre la práctica docente (THOMPSON, 1992, ZAPATA; BLANCO; CAMACHO, 2012, BREDA et al., 2018), ii) Actitudes: predisposición a responder positiva o negativamente a las tareas (CASIS; RICO; CASTRO, 2017), iii) Modelación: habilidad con la que se realiza una representación simplificada de la realidad observada mediante métodos matemáticos (BLUM; NISS, 1991, ARAVENA; CAAMAÑO; GIMÉNEZ, 2008, CASIS; RICO; CASTRO, 2017), iv) Resolución de Problemas: habilidad que implica identificar y analizar problemas cuyo método de resolución no resulta obvio (OECD, 2014, p. 30), v) Comunicación y argumentación: implica comunicación y justificación de las prácticas matemáticas implementadas a partir de las nociones y procesos matemáticos realizados (CHAMORRO et al., 2003), vi) Representación: capacidad de decodificar, codificar, traducir, interpretar y distinguir distintas formas de representación de objetos y situaciones matemáticas (OCDE, 2006, p. 106), vii) STEM: enfoque de enseñanza que tiene como propósito la integración de las disciplinas representadas en la sigla (Science, Technology, Engineering, Math) (RITZ; FAN, 2015) y viii) perspectiva de género: elemento constitutivo de las relaciones sociales entre hombres y mujeres (SCOTT, 1996). Como referencia los autores Villa-Ochoa y Alencar (2019), presentan un panorama de investigaciones colombianas y brasileras sobre el uso de la Modelación Matemática en el ámbito de la Educación Matemática.

En el apartado siguiente, se explica la metodología de revisión sistemática, posteriormente, se presentan los resultados y, a partir de las etapas definidas en la metodología, se finaliza con las conclusiones y limitaciones del estudio.

2. Metodología de revisión sistemática

La técnica de revisión sistemática que se utiliza en este estudio, define un proceso y un conjunto de etapas que se muestran en la Figura 1, las que permiten categorizar los resultados de la búsqueda de artículos publicados durante un período y en un área determinada.

Figura 1 – Etapas seleccionadas para el Proceso de Revisión Sistemática.



Fuente: Elaboración de los autores (2020).

El objetivo de una revisión sistemática está en la selección de la búsqueda, por tanto, es dirigido al análisis temático y a la identificación de los principales focos de publicación en los temas de interés. Esto indica que permite responder preguntas genéricas como: ¿Qué es lo que se ha hecho hasta el momento en el campo X? Como limitación, este tipo de estudios no toma en consideración la calidad de los trabajos incluidos, sino, en cómo responden a la pregunta de búsqueda, pues la generación de la base de datos específica para el estudio de interés es el insumo para la clasificación según las temáticas que se desean analizar. A partir de ello, se realiza un conteo de los artículos que se agrupan en cada una de las temáticas de clasificación, para luego responder la/s pregunta/s utilizando gráficas de análisis.

En este estudio se consideró la recopilación de artículos en las bases de datos Web of Science, Journal of Education Research y Springer, revistas seleccionada por el grupo de investigación. Dicha búsqueda de información, permitió crear una base de datos específica para este estudio almacenada en un formato Excel como fuente de trabajo. Posteriormente, se dio paso al filtrado de los artículos seleccionados, quedando una muestra final de 42 artículos de 127.

A continuación se describen las etapas llevadas a cabo: a) Definir preguntas de investigación, donde se obtiene el ámbito de la revisión sistemática, b) Selección de base de datos y búsqueda de artículos, que da lugar a los artículos que forman parte del estudio, c) Selección de temas de estudio, tipificación de las temáticas que aborda el estudio, d) Clasificar artículos según temas, aquí se establece una selección según el punto b) y c), que forman la fuente de datos para el siguiente punto, e) Crear correlación de la fuente de datos seleccionados para, finalmente, abordar la etapa f) Análisis de gráficas resultantes (KITCHENHAM; BUDGEN; BRERETON, 2011). Cada una de estas etapas, implica el desarrollo de distintas fases, las que se detallan en el siguiente apartado.

3. Resultados de la búsqueda

3.1. Primera etapa: preguntas para la búsqueda de información

Para iniciar este estudio se reúnen los investigadores pertenecientes al proyecto de investigación FON1700070 (ver agradecimientos), proyecto que requiere este estudio, con los cuales se definió el enfoque que se trabajó, dando origen a las siguientes preguntas de búsqueda (PB), de acuerdo a la técnica señalada en Kitchenham y Charters (2007):

PB-1 *¿Cómo se relacionan la caracterización las habilidades matemáticas, científicas y tecnológicas, en los profesores y estudiantes?*

PB-2 *¿En qué medida se aborda la variable de género en las investigaciones de educación matemática con enfoque STEM?*

Siguiendo la técnica de los autores, el alcance sobre las habilidades matemáticas (Resolver problemas, modelar, comunicar y argumentar y representar) y la relación con las componentes científicas y tecnológicas que se discuten en los artículos seleccionados, se define

en base a los siguientes parámetros. Población: Conjunto de artículos que describen los estudios utilizando palabras claves de las preguntas generadas en la primera etapa. Intervención: artículos seleccionados de la base de datos Web of Science, Journal of Education Research y Springer que cumplan los criterios asociados a la población en estudio, generando la base de datos específica en Excel. Diseño del estudio: Definición de la clasificación de temáticas que se desean abordar en el estudio. Resultados: Cantidad y tipo de evidencia relativas al tema, asociados a la clasificación por temáticas y a la base de datos resultante, lo que permite contestar las preguntas de investigación.

3.2. Segunda etapa: creación de base de datos específica

Aquí se muestra la selección de base de datos y búsqueda de artículos categorías de análisis, y la forma como se trabajó cada uno de ellos.

3.2.1. Selección de base de datos y búsqueda de artículos

La selección de artículos se focaliza según cuatro parámetros o categorías asociados a las preguntas de búsqueda planteadas: Género (PB-2), Habilidades (Ciencias/matemáticas, Tecnológicas/matemáticas) asociados a la Resolución de problemas y Modelización (PB-1 y PB-2), Estudiantado y Profesorado (PB-1), finalmente Nivel Básico y Medio de escolaridad (PB-2). Para ello, la estrategia de búsqueda consistió en expresiones booleanas tipo AND y OR en cada una de las bases de datos consideradas en este estudio. En la búsqueda se utilizan palabras claves seleccionadas por el grupo de investigación, lo que sirve como criterio de búsqueda en la colección principal de la Web of Science, Journal of Education Research y Springer. Se consideraron como posibles candidatos los artículos que se encuentren dentro de las temáticas de clasificación para el período 2012-2018. El Cuadro 1 muestra los resultados de la base de datos (Excel) depurada y específica (42 artículos), considerando un artículo en solo una clasificación.

Cuadro 1 – Resultado de la búsqueda según base de datos.

Bases de Batos	Género	Resolución de Problemas y Modelización (*)	Profesor I/C/O formación Inicial, Continua o Ingeniería	Estudiantes	Nivel (B/M) Básico y Medio
Web of Science	7	5	9	11	14
Journal of Education Research	0	4	7	5	3
Springer	1	3	11	0	5
Artículos seleccionados BD	8	2	27	16	22
Total artículos depurados	42	42	42	42	42
% Artículos Seleccionados V/S Total	19%	5%	64%	38%	52%

Fuente: Elaboración de los autores (2020).

(*) En este conteo se consideró aquellos artículos que tratan ambos temas.

Para la selección de los artículos según los temas de clasificación definidos, se consideran solo aquellos que fue posible obtenerlos en extenso, por obtención directa desde la búsqueda, o bien, solicitud a la biblioteca de la Universidad Católica del Maule en el caso que forme parte de la selección. Finalmente, la búsqueda estableció una población de 127 artículos y, todos ellos, con acceso mediante un dropbox en una planilla Excel creada para este caso.

Restricciones y clasificación de la búsqueda: Los artículos analizados en el ámbito del estudio declaran explícitamente algunas competencias STEM asociadas a creatividad y trabajo colaborativo, pero se ha constatado que no son explícitos al declarar habilidades matemáticas, científicas y tecnológicas. Las habilidades matemáticas que se trabajan en el estudio son: Resolución de Problemas (del mundo real), Modelización y Comunicar y Argumentar y Representar, como otro elemento de análisis se revisa si los artículos incorporan género, contabilizándolo en la clasificación.

Para el caso de los artículos de modelización y resolución de problemas, se consideró realizar una búsqueda de artículos con énfasis en estas habilidades matemáticas que hicieran, además, mención al enfoque STEM en la clasificación A (matemática/ciencia), B (matemática/tecnología), C (matemática e ingeniería) y D (matemática, ciencia y tecnología). Para el caso del profesorado, se han seleccionado aquellos artículos con énfasis en: formación Inicial, Continua o Ingeniería (clasificación: I/C/O) y, en el caso del estudiantado, en forma general. Todas las clasificaciones y su interacción se muestran en un esquema en la Figura 2.

3.2.2. Depuración de la selección de artículo por inclusión y exclusión

Para obtener la muestra de artículos de la base de datos específica, en primera instancia se utiliza el criterio de inclusión. El criterio de inclusión se aplica realizando un análisis sobre el título, resumen y palabras claves, obteniendo de esta manera, el mayor número de trabajos que aportan contribuciones significativas sobre las temáticas de clasificación, es decir, en base a los estudios que permitan responder a las preguntas asociada a la búsqueda, quedándonos con el 33% del total de artículos seleccionados (42/127).

En una segunda instancia se siguió el criterio de exclusión, el que se aplica realizando un análisis del resumen, introducción y conclusiones, considerando la lectura completa del artículo en el caso de que las temáticas de clasificaciones no estuviesen claras en dichos apartados. De esta manera, se obtuvo un total de 37 artículos. En esta fase, además, se trabajó con una investigadora experta, quien tuvo la opción de incorporar algún artículo que a su juicio debía estar presente en la base de datos específica del estudio, lo que dio lugar a la incorporación de 5 artículos de la base de datos Springer, llegando a un total de 42 artículos (las referencias de estos artículos se muestran en "Anexo de artículos trabajados en el estudio"). Cabe destacar que se consideran aquellos artículos que pueden ser contabilizados en más de una clasificación.

Dicho esto, de los 42 artículos seleccionados, 5 corresponden año 2012, 2 al año 2013, 3 al año 2014, 6 al año 2015, 5 al año 2016, 11 al año 2017 y 10 al año 2018, siendo el 33% de los documentos válidos para el estudio de una selección de 127 artículos. No se consideró el año 2019 porque es el período de trabajo del estudio.

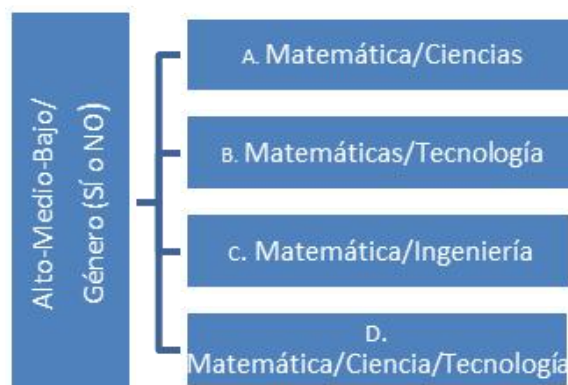
3.3. Tercera etapa: relación de categorías de análisis

En este apartado se clasifica cada artículo de forma independiente y se generan gráficas de resultado que apoyan el análisis de la temática abordada en este estudio.

3.3.1. Crear correlación de la fuente de datos seleccionados

Una vez generada la base de datos específica se analiza cada artículo seleccionado según la clasificación o categorías de análisis y las preguntas PB-1 y PB-2, aquí se consideró una estrategia de gráfica y análisis de: a) Agrupar en niveles, de acuerdo al aporte que entrega cada artículo seleccionado que incorpora temáticas de las preguntas de búsqueda: Alto (3), Medio (2) y Bajo (1); y b) si considera la variable género (Sí/No). La Figura 2 muestra cada clasificación y su contribución del enfoque STEM trabajado en el artículo. Los artículos de modelización, resolución de problemas y actitudes y/o concepciones, se clasifican, además, en forma independiente con etiquetas de “A” para matemática/ciencia, “B” para matemática/tecnología, “C” para matemática/ingeniería y “D” para matemática/ciencia/tecnología. En el mismo contexto, las mismas etiquetas A, B, C y D se agrupan verificando si estas abordan la variable de género, especificando un “Sí” (lo aborda) o un “No” (no lo aborda).

Figura 2 – Esquema de temáticas de clasificación para los artículos con enfoque STEM.



Fuente: Elaboración de los autores (2020).

La clasificación utilizada para definir la profundidad en como abordan las temáticas los artículos seleccionados para este trabajo, es evaluada del “1” al “3”, donde “1” es de contenido “Bajo” y no entrega información muy útil para responder las preguntas planteadas, “2” etiquetado como “Medio” y son artículos que su información y conclusión ayuda a responder algunas de las preguntas planteadas y “3” que su etiqueta significa “Alto” son los artículos en los cuales los objetivos siguen completamente nuestro estudio y las preguntas de investigación que se

plantearon. Las siglas M/B clasifican como “M” aquellos artículos que abordan temáticas de formación de profesores (inicial o continua) en la educación media (secundaria) y “B” aquellos artículos que abordan temáticas de formación de profesores (inicial o continua) en la educación básica (primaria).

A partir del término de estas etapas, se procede a generar gráficas según la clasificación requerida y dar respuestas a las preguntas de investigación planteadas.

3.3.2. Procesos de la revisión sistemática

Tras definir el sistema de temáticas de clasificación (en columnas) por artículo incorporado en la base de datos específica Excel, la última etapa corresponde al análisis de los datos en clasificaciones parciales que permiten distinguir distintas dimensiones. Los resultados de esta etapa se pueden observar desde la Figura 3 a la 6, donde se visualizan distintas gráficas y, de alguna forma, dan respuesta a las preguntas de búsqueda que se espera responder en este estudio.

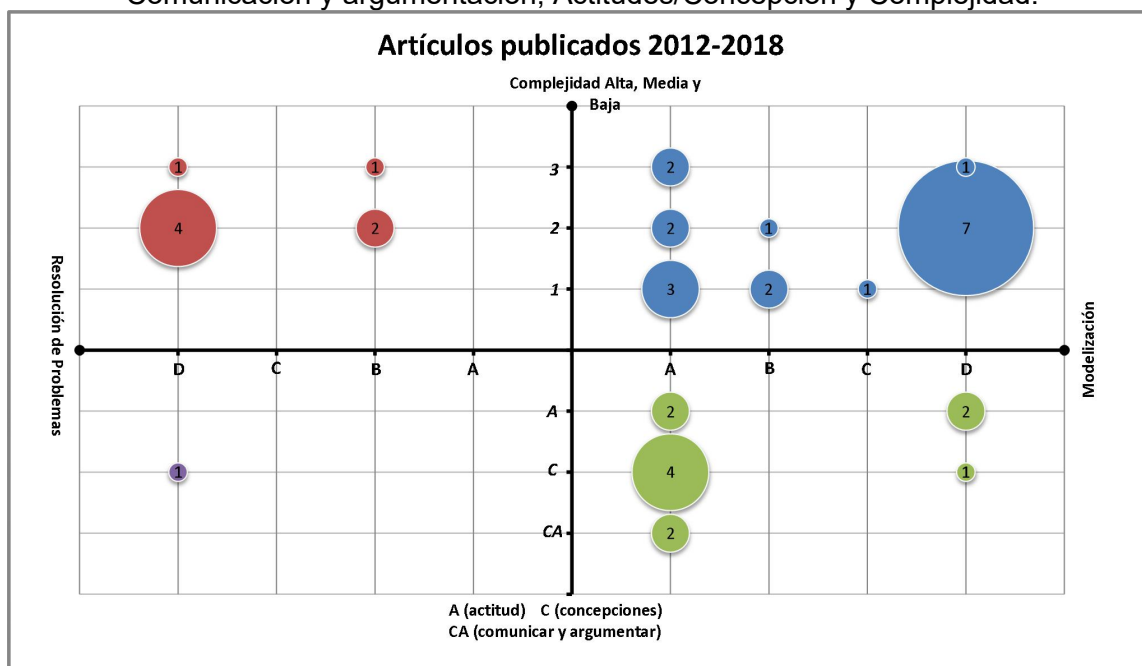
En la Figura 3 parte superior se puede observar que, en Modelización, respecto a la clasificación A, B, C y D (antes definida) existen artículos con un nivel de complejidad que pueden dar respuestas a las preguntas PB-1 y PB-2. En “A” según nivel de complejidad, se encuentran 3 artículos en Bajo, 2 en Medio y 2 en Alto. Asimismo, para “D” con nivel de complejidad Medio 7 artículos y 1 en Alto. Por otra parte, se observa que, existen pocos artículos que se encuentran distribuidos en la clasificación “B” 2 en Bajo y 1 en Medio, en el caso de “C” solo un artículo en complejidad de Bajo. En el análisis de Resolución de Problemas respecto de la clasificación (A, B, C y D), se observa 1 artículo en “D” con un nivel de complejidad Alto y 4 en un nivel Medio. En la clasificación “B” se encontraron 2 artículo en complejidad Medio y 1 en Alto. Se puede deducir de esta gráfica, que sería interesante generar investigaciones asociadas a la Clasificación “C” tanto en la modelización como en la resolución de problemas y en “A” para esta última, aportando nuevo conocimiento en estas temáticas.

En la Figura 3 parte Inferior en la clasificación “A”, “B” y “C” no se encuentran artículos que mencionen actitud, concepciones, comunicación y argumentar en de Resolución de problemas, solo se encuentra 1 artículo en comunicar para la clasificación “D”. La clasificación “B” y “C” no manifiestas artículos en modelización y en la clasificación “A” se presenta 2 artículos en actitud, 4 en concepción y 2 en comunicar y argumentar, para la clasificación “D” se muestran 2 y 1 en actitud y concepción respectivamente. Tal como lo muestran estos resultados aquí hay incipiente investigación, por lo que es relevante indagar en estas temáticas.

En la Figura 4 parte inferior, se cruzan las variables anteriores incorporando la cantidad de artículos que centran su foco en el nivel de educación Medio (secundaria) y Básico (primaria), contabilizando un total de 11 artículos (parte inferior del gráfico). De ellos, 1 artículo aborda la Modelización considerando la clasificación “D” y 1 en “B”, ambos en el nivel de enseñanza media

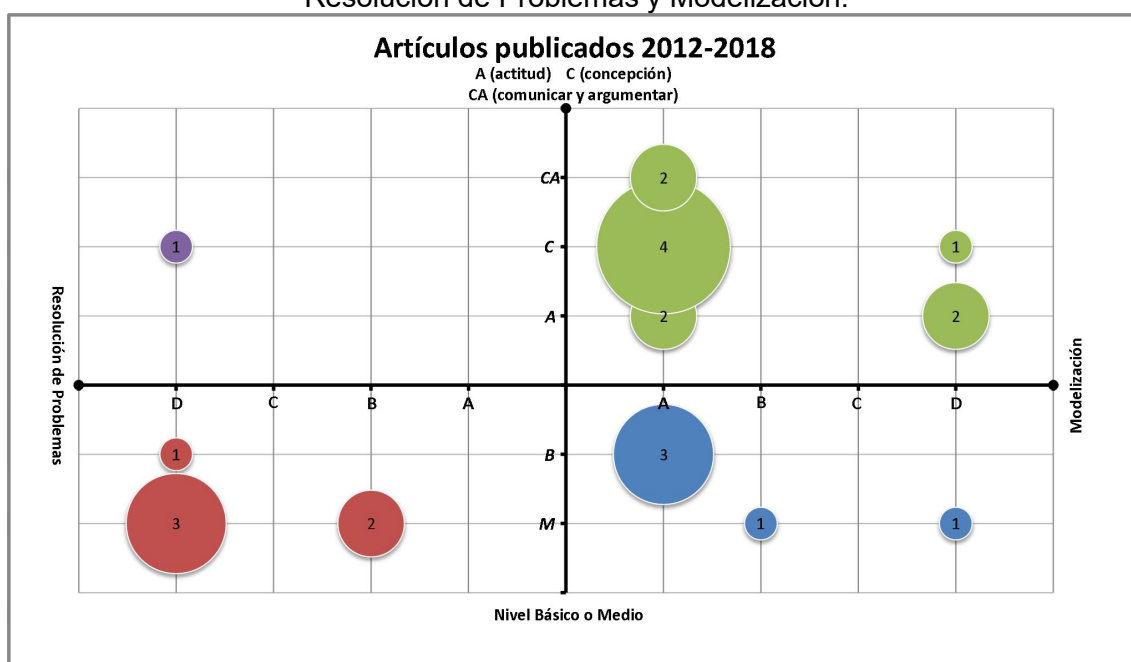
(M). Asimismo, se observa 3 artículos de clasificación “A” en el nivel de Enseñanza Básica (B). En el caso de la Resolución de Problemas y Modelización, para la clasificación “A”, “B”, “C” y “D”, se observan 3 artículos en la clasificación “D” y 2 en “B” en el nivel de enseñanza Media (M) y 1 artículo en la clasificación “D” en el nivel de enseñanza Básica (B). Se puede deducir de esta gráfica, que sería interesante generar investigaciones asociadas a la clasificación “A” y “C” para la resolución de problemas y para la Modelización en “C”, aportando con ello en estas temáticas.

Figura 3 – Gráfica de clasificación A, B, C y D v/s Modelización, Resolución de Problemas, Comunicación y argumentación, Actitudes/Concepción y Complejidad.



Fuente: Elaboración de los autores (2020).

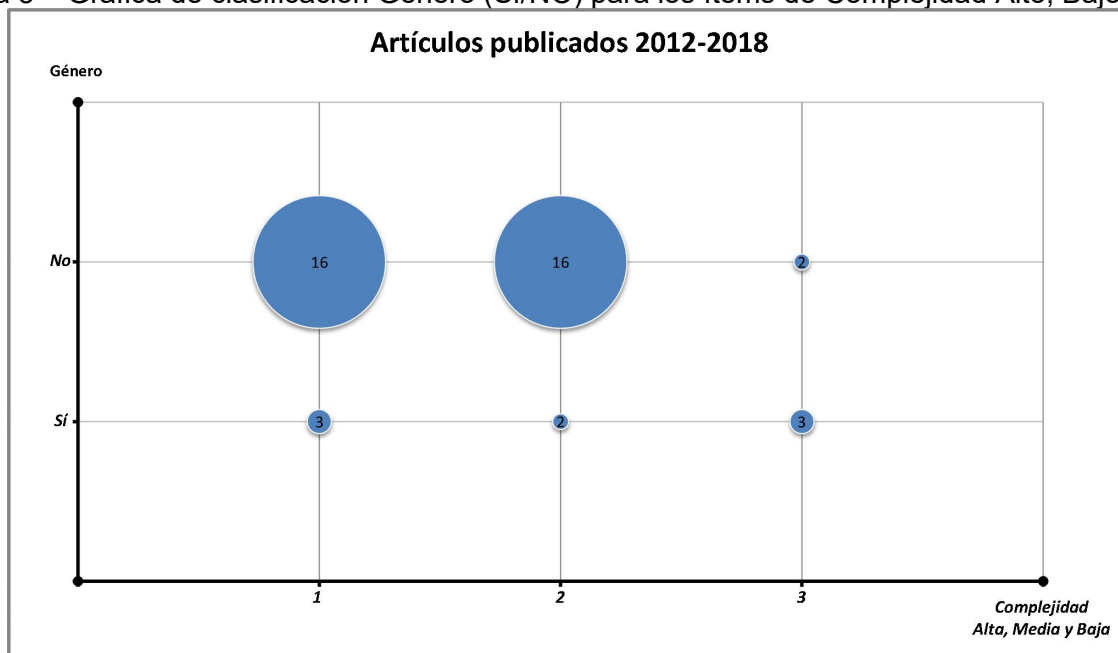
Figura 4 – Gráfica de clasificación Enseñanza Media (M) y Básica (B) para los ítems de Resolución de Problemas y Modelización.



Fuente: Elaboración de los autores (2020).

La Figura 5, muestra el resultado del análisis de los artículos que abordan la temática de género, se visualizan 3 artículos con nivel de complejidad Bajo según el propósito de búsqueda, 2 con nivel de complejidad Medio y 3 con nivel de complejidad Alto, es decir, con una muestra de 42 artículos solo 8 incorporan la variable de género en su investigación. Se puede deducir de esta gráfica, que sería interesante generar investigaciones asociadas a la clasificación de género, ya que según los artículos seleccionados existen incipientes trabajos en ello pudiendo aportar nuevo conocimiento en estas temáticas.

Figura 5 – Gráfica de clasificación Género (Sí/NO) para los ítems de Complejidad Alto, Bajo Medio.

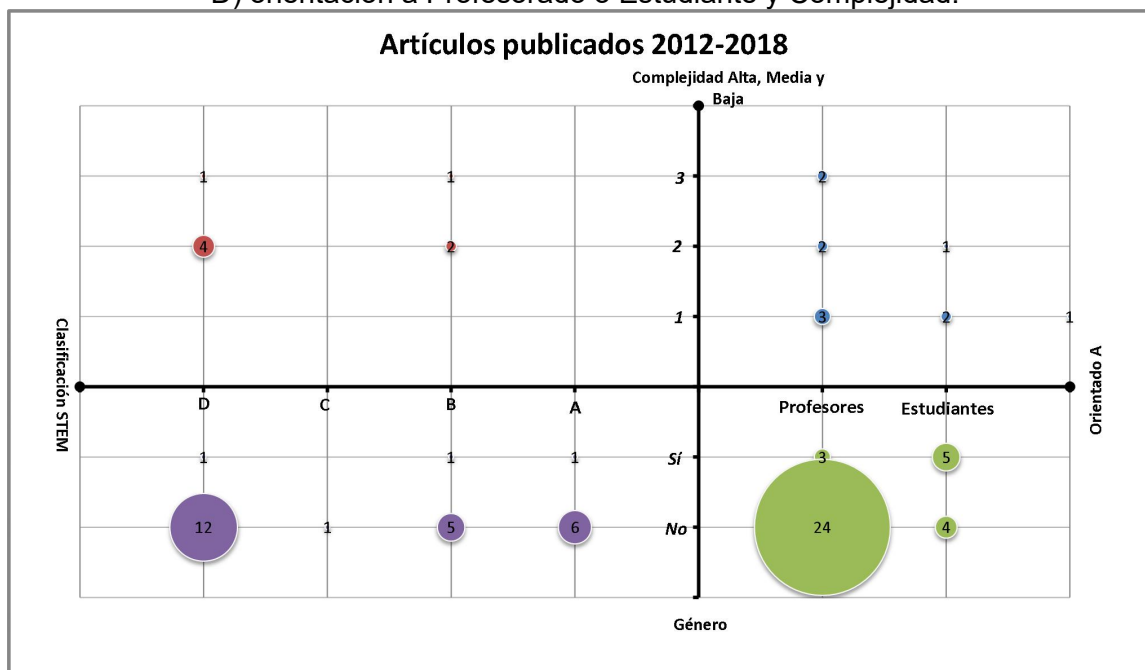


Fuente: Elaboración de los autores (2020).

La Figura 6 evidencia los resultados de aquellos artículos que focalizan su estudio en profesores de matemática y/o estudiantes de dicha disciplina. Los datos reportan que son escasas las investigaciones en dichas temáticas que abordan la variable de género (de un total de 42 artículos), pues se observa 3 estudios con foco en profesores de matemática y género y 5 en estudiantes y género, lo mismo ocurre con la clasificación “A”, “B” y “D” asociada a STEM donde se encontró solo un artículo en cada uno y ninguno en la clasificación “C” que aborden el tema.

Finalmente, en un análisis general de las Figuras 5 y 6, se puede deducir que, sí el tema género no ha sido abordado por los artículos seleccionados en este estudio, con ello generar propuestas de investigación se pueden aportar a la enseñanza de las matemáticas, siendo esta temática relevante en las áreas de STEM.

Figura 6 – Gráfica de clasificación Género (Sí/NO) para los ítems de Clasificación STEM (A, B, C y D) orientación a Profesorado o Estudiante y Complejidad.



Fuente: Elaboración de los autores (2020).

4. Conclusiones

La metodología de revisión sistemática permite analizar los artículos que forman parte de la base de datos creada con los propósitos específicos y patrones de análisis del estudio, cuyos resultados permiten responder las preguntas de búsqueda planteadas para este caso. A continuación, a modo de conclusión se examina cada una de las preguntas:

PB-1 *¿Cómo se relacionan la caracterización las habilidades matemáticas, científicas y tecnológicas, en los profesores y estudiantes?*

El análisis de la muestra consideró las categorías “A” matemáticas/ciencia, “B” matemática/tecnología y “D” matemática/ciencia/tecnología, con el propósito de identificar el foco de articulación disciplinar que predomina desde la educación matemática. Con ello, se puede concluir que el enfoque integral establecido en la categoría “D” es el más abordado, seguido del enfoque “A” y luego “B”, en el caso de “C” casi no hay representatividad (Figura 3 y 4).

Además, la Figuras 3 muestra que se debe profundizar en investigaciones con clasificación “A” (para matemáticas y ciencia), “B” (para matemáticas y tecnología) y D (matemática, ciencia y tecnología). ya que en la gran mayoría de los artículos se centran en abordar el tema con un nivel de complejidad Bajo y Medio, en cambio para la clasificación “C” (para matemática e ingeniería) solo se encontró a nivel Bajo. También, a partir de los datos analizados evidencian la existencia de un mayor número de estudios que abordan la modelización con enfoque STEM, en segundo lugar, encontramos estudios que abordan la resolución de problemas con enfoque STEM y, en menor medida, aquellos que abordan la habilidad de comunicar y argumentar con dicho enfoque.

Por sobre estos últimos estudios, se encuentran aquellos que abordan la educación matemática con enfoque STEM desde el ámbito de las concepciones y actitudes.

Por otra parte, de los 42 artículos que componen la muestra, 27 se centran en la enseñanza (profesor) y 16 en el aprendizaje (estudiante). Asimismo, los resultados dan cuenta que 7 artículos tratan la temática en el nivel de enseñanza media (secundaria) y 4 en el nivel de enseñanza básica (primaria).

Finalmente, la respuesta a esta pregunta y considerando los artículos de estudio, existe evidencia de que la caracterización STEM requiere de investigaciones a nivel de profesorado y estudiantes que contribuyan a un aporte a la enseñanza de las matemáticas focalizando la modelización y la resolución de problemas.

PB-2 ¿En qué medida se aborda la variable de género en las investigaciones de educación matemática con enfoque STEM?

Respecto a esta pregunta como lo muestra la Figura 5 y 6, se observa que solo 8 de 42 artículos aborda la variable de género en sus propuestas y, de ellos, solo 3 fueron categorizados con un nivel de complejidad alto para del presente estudio, es decir, los datos reportados dan cuenta de la necesidad de contar con mayor investigación que aborde la temática de género en estudios con un enfoque STEM y que ello sea un aporte a la educación matemática.

La mirada global de las gráficas expuestas permite determinar la necesidad de diseñar e implementar nuevas investigaciones y muestren resultados que consideren el análisis de las relaciones entre enseñanza y aprendizaje de la matemática en contextos STEM, con un enfoque en la modelización y resolución de problemas para el profesorado y estudiantes, aportante en la variable género, pues estos campos de investigación se abordan en la actualidad por separado.

Agradecimientos

El estudio fue financiado por el Fondo Nacional de Investigación y Desarrollo en Educación FONIDE FON1700070 del Ministerio de Educación de Chile, denominado “Atendiendo a la Diversidad de Género. Caracterización de las Habilidades Matemáticas/Científicas/Tecnológicas en Establecimientos Municipalizados mediante la intervención de futuros/as profesores/as en el contexto de sus prácticas tempranas y profesionales”, ejecutado en el período 2018-2019.

Referencias

- ARAVENA, M.; CAAMAÑO, C.; GIMÉNEZ, J. Modelos matemáticos a través de proyectos. **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, v. 11, n. 1, p. 49-92, mar. 2008. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=335111103>.
- BLUM, W.; NISS, M. Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects - State, trends and issues in mathematics instruction. **Educational Studies in Mathematics**, v. 22, n. 1, p. 37-68, feb. 1991. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf00302716>.

BREDA, A.; SECKEL, M. J.; FONT, V.; PINO-FAN, L. Concepciones de profesores chilenos sobre la creatividad matemática. **Acta Latinoamericana de Matemática Educativa**, v. 31, n. 1, p. 690-697, 2018.

CASIS, M.; RICO, N.; CASTRO, E. Motivación, autoconfianza y ansiedad como descriptores de la actitud hacia las matemáticas de los futuros profesores de educación básica de Chile. **PNA**, v. 11, n. 3, p. 181-203, abr. 2017. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6110868>.

CHAMORRO, M. C.; BELMONTE, J. M.; LLINAREAS, S.; RUIZ, M. L.; VECINO, F. **Didáctica de las matemáticas para primaria**. España: Pearson Educación, 2003.

HALLSTRÖM, J.; SCHÖNBORN, K. J. Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. **International Journal of STEM Education**, v. 6, n. 22, 28 jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. UK: Thechnical Report EBSE, 2007.

KITCHENHAM, B.; BUDGEN, D.; PEARL BRERETON, O. Using mapping studies as the basis for further research - A participant-observer case study. **Information and Software Technology**, v. 53, n. 6, p. 638-651, jun. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.12.011>.

NICOLÁS, C.; URRUTIA, A.; VALENZUÉLA-FERNANDEZ, L.; GILLAFUENTE, J. Systematic mapping on social media and its relation to business. **European Research on Management and Business Economics**, v. 24, n. 2, p. 104-113, mayo-ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iemeen.2018.01.002>.

OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. **PISA 2006: Marco de la evaluación - Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura**. Madrid: Santillana Educación, 2006. Disponible: <https://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf>.

OECD. **PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems**. v. V. Paris: OECD Publishing, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en>.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: VISAGGIO, G.; BALDASSARRE, M. T.; LINKMAN, S.; TURNER, M. (Eds.). **EASE'08: Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering**. Italia: Association for Computing Machinery, jun. 2008, p. 68-77.

RITZ, J. M.; FAN, S.-C. STEM and technology education: International state-of-the-art. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 25, n. 4, p. 429-451, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-014-9290-z>.

SCOTT, J. El género: una categoría útil para el análisis histórico. In: LAMAS, M. (Comp.). **El género, la construcción social de la diferencia sexual**. México, DF: PUEG, 1996, p. 265-302.

THOMPSON, A. Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of the research. In: GROUWS, D. A. (Ed.). **Handbook of research in mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics**. Nueva York: Macmillan Publishing Co, Inc, 1992, p. 127-146.

VILLA-OCHOA, J. A.; ALENCAR, E. S. de. Un paronama de investigações sobre modelación matemática en Colombia y Brasil. **Revista de Educação Matemática**, São Paulo, v. 16, n. 21, p. 18-37, ene./abr. 2019. Disponible: <https://www.revistasbemsp.com.br/index.php/REMat-SP/article/view/215>.

ZAPATA, M. A.; BLANCO, L. J.; CAMACHO, M. Análisis de las Concepciones de los Estudiantes para Profesores sobre las Matemáticas y su Enseñanza-Aprendizaje. **Bolema**, Rio Claro (SP), v. 26, n. 44, p. 1443-1466, dic. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-636X2012000400015>.

Anexos: Artículos de la base de datos de investigación

1. Nausheen Pasha-Zaidi, Ernest Afari. (2015). Gender in STEM Education: an Exploratory Study of Student Perceptions of Math and Science Instructors in the United Arab Emirates. *International Journal of Science and Mathematics Education*. Springer.
2. Elvia Castro-Félix, Harry Daniels. (2018). The social construction of a Teacher Support Team: an experience of university lecturers' professional development in STEM. *Journal of Education for Teaching*. Routledge. WOS.
3. Lynnette Michaluk, Rachel Stoiko, Gay Stewart, John Stewart. (2017). Beliefs and Attitudes about Science and Mathematics in Pre-Service Elementary Teachers, STEM, and Non-STEM Majors in Undergraduate Physics Courses. *Journal of Science Education and Technology*. Springer.
4. Kristin L. Cook, Sarah B. Bush. (2018). Design thinking in integrated STEAM learning: Surveying the landscape and exploring exemplars in elementary grades. *School Science and Mathematics*. WILEY. WOS.
5. Gijsbert Stoet, David C. Geary. (2018). The Gender-Equality Paradox in Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education. *Psychological Science*. SAGE. WOS.
6. Joseph A. Kitchen, Gerhard Sonnert, Philip M. Sadler. (2017). The impact of college- and university-run highschool summer programs on students' end of highschool STEM career aspirations. *Science Education*. WILEY. WOS.
7. Erica L. Smith, Carolyn A. Parker, David McKinney, Jeffrey Grigg. (2018). Conditions and decisions of urban elementary teachers regarding instruction of STEM curriculum. *School Science and Mathematics*. WILEY. WOS.
8. Karen A. Blotnicky, Tamara Franz-Odenaal, Frederick French and Phillip Joy. (2018). A study of the correlation between STEM career knowledge, mathematics self-efficacy, career interests, and career activities on the likelihood of pursuing a STEM career among middle school students. *International Journal of STEM Education*. Springer.
9. Colleen M. Ganley, Casey E. George, Joseph R. Cimpian, Martha B. Makowski. (2018). Gender Equity in College Majors: Looking Beyond the STEM/Non-STEM Dichotomy for Answers Regarding Female Participation. *American Educational Research Journal*. AERA. WOS.
10. Jay Stratte Plasman, Michael A. Gottfried. (2016). Applied STEM Coursework, High School Dropout Rates, and Students With Learning Disabilities. *Educational Policy*. SAGE. WOS.
11. Anne Harris, Leon R. de Bruin. (2017). Secondary school creativity, teacher practice and STEAM education: An international study. *Journal of Educational Change*. Springer.

12. Dan Goldhaber, Trevor Gratz, Roddy Theobald. (2017). What's in a teacher test? Assessing the relationship between teacher licensure test scores and student STEM achievement and course-taking. *Economics of Education Review*. Elsevier. WOS.
13. Mubarak K. Al Salami, Carole J. Makela, Michael A. de Miranda. (2015). Assessing changes in teachers' attitudes toward interdisciplinary STEM teaching. *International Journal of Technology and Design Education*. Springer.
14. Melony Allen, Angela W. Webb, Catherine E. Matthews. (2016). Adaptive Teaching in STEM: Characteristics for Effectiveness. *Theory Into Practice*. Routledge. WOS.
15. Tayeb Brahim, Akila Sarirete. (2015). Learning outside the classroom through MOOCs. *Computers in Human Behavior*. Elsevier. WOS.
16. Engin Karahan, Sedef Canbazoglu Bilici, Aycin Unal. (2015). Integration of Media Design Processes in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education. *Eurasian Journal of Educational Research*. Ani Yayincilik. WOS.
17. Renee O. Hawkins, Tai Collins, Colleen Hernan, Emily Flowers. (2016). Using Computer-Assisted Instruction to Build Math Fact Fluency An Implementation Guide. *Intervention in School and Clinic*. SAGE. WOS.
18. Peter Frejd, Christer Bergsten. (2018). Professional modellers' conceptions of the notion of mathematical modelling: ideas for education. *ZDM*. Springer.
19. Paul Hernandez-Martinez, Pauline Vos. (2017). "Why do I have to learn this?" A case study on students' experiences of the relevance of mathematical modelling activities. *ZDM*. Springer.
20. Márcia Jussara Hepp Rehfeldt, Gabriela Rabaioli Rama, Gabriel Bavaresco, Elise Cândida Dente. (2018). FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES NA TENDÊNCIA DA MODELAGEM MATEMÁTICA POR MEIO DE UM VÍDEO. *REPesquiseduca*.
21. Marina V. Krutikhina, Vera K. Vlasova, Alexander A. Galushkin, Andrey A. Pavlushin. (2017). Teaching of Mathematical Modeling Elements in the Mathematics Course of the Secondary School. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. MODESTUM. WOS.
22. Louis S. Nadelson, Janet Callahan, Patricia Pyke, Anne Hay, Matthew Dance, Joshua Pfister. (2013). Teacher STEM Perception and Preparation: Inquiry-Based STEM Professional Development for Elementary Teachers. *The Journal of Educational Research*. Routledge. JCR.
23. Kerry Bissaker. (2014). Transforming STEM Education in an Innovative Australian School: The Role of Teachers' and Academics' Professional Partnerships. *Theory Into Practice*. Routledge. JCR.

24. Kent J. Crippen, Leanna Archambault. (2012). *Scaffolded Inquiry-Based Instruction with Technology: A Signature Pedagogy for STEM Education*. Computers in the Schools. Routledge. JCR.
25. Elizabeth A. Ring, Emily A. Dare, Elizabeth A. Crotty, Gillian H. Roehrig. (2017). *The Evolution of Teacher Conceptions of STEM Education Throughout an Intensive Professional Development Experience*. Journal of Science Teacher Education. Routledge. JCR.
26. Tang Wee Teo , Kaijie Justin Ke. (2014). *Challenges in STEM Teaching: Implication for Preservice and Inservice Teacher Education Program*. Theory Into Practice. Routledge. JCR.
27. Louis S. Nadelson, Anne L. Seifert. (2017). *Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future*. The Journal of Educational Research. Routledge. JCR.
28. Cynthia Oropesa Anhalt, Ricardo Cortez, Amy Been Bennett. (2018). *The Emergence of Mathematical Modeling Competencies: An Investigation of Prospective Secondary Mathematics Teachers*. Mathematical Thinking and Learning. Routledge. JCR.
29. Jennifer A. Czocher. (2016). *Introducing Modeling Transition Diagrams as a Tool to Connect Mathematical Modeling to Mathematical Thinking*. Mathematical Thinking and Learning. Routledge. JCR.
30. Carl Toews. (2012). *Mathematical Modeling in the Undergraduate Curriculum*. PRIMUS. Taylor & Francis. JCR.
31. Dag Wedelin, Tom Adawi, Tabassum Jahan, Sven Andersson. (2015). *Investigating and developing engineering students' mathematical modelling and problem-solving skills*. European Journal of Engineering Education. Taylor & Francis. JCR.
32. Serife Sevinc, Richard Lesh. (2017). *Training mathematics teachers for realistic math problems: a case of modeling-based teacher education courses*. ZDM. Springer.
33. Rachael Eriksen Brown, Christopher A. Bogiages. (2017). *Professional Development Through STEM Integration: How Early Career Math and Science Teachers Respond to Experiencing Integrated STEM Tasks*. International Journal of Science and Mathematics Education. Springer.
34. Vince Geiger, Joanne Mulligan, Liz Date-Huxtable, Rehez Ahlip, D. Heath Jones, E. Julian May, Leanne Rylands, Ian Wright. (2018). *An interdisciplinary approach to designing online learning: fostering pre-service mathematics teachers' capabilities in mathematical modelling*. ZDM. Springer.
35. Courtney K. Baker and Terrie M. Galanti. (2017). *Integrating STEM in elementary classrooms using model-eliciting activities: responsive professional development for mathematics coaches and teachers*. International Journal of STEM Education. Springer.

-
36. Minjung Ryu, Nathan Mentzer, Neil Knobloch. (2018). Preservice teachers' experiences of STEM integration: challenges and implications for integrated STEM teacher preparation. *International Journal of Technology and Design Education*. Springer.
 37. Cynthia Oropesa Anhalt, Ricardo Cortez. (2015). Developing understanding of mathematical modeling in secondary teacher preparation. *Journal Mathematics Teacher Education*. Springer.
 38. Gloria Ann Stillman, Werner Blum, Maria Salett Biembengut. (2015). *Mathematical Modelling in Education Research and Practice*. Springer.
 39. Richard Lesh, Peter L. Galbraith, Christopher R. Haines, Andrew Hurford. (2010). *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies*. Springer.
 40. Gilbert Greefrath, Katrin Vorhölter. (2016). *Teaching and Learning Mathematical Modelling*. Springer.
 41. Gloria Ann Stillman, Gabriele Kaiser, Werner Blum, Jill, P. Brown. (2013). *Teaching Mathematical Modelling Connecting to Research and Practice*. Springer.
 42. Gabriele Kaiser, Werner Blum, Rita Borromeo Ferri, Gloria Stillam. (2011). *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling*. Springer.