

Comparación de Tendencias sobre la Modelización Matemática entre Latinoamérica y el Resto del Mundo: Una Revisión Bibliográfica

Comparison of Mathematical Modeling Trends between Latin-America and the Rest of the World: A Literature Review

Fredy **Peña** Acuña*

 ORCID iD 0000-0002-6880-8124

Armando **Solares** Rojas**

 ORCID iD 0000-0002-3478-1736

Armando **Preciado** Babb***

 ORCID iD 0000-0002-2810-7702

Andrea **Ortiz** Rocha****

 ORCID iD 0000-0003-1831-1037

Resumen

Presentamos una comparación de tendencias sobre la modelización matemática entre Latinoamérica y el resto del mundo a través de un análisis documental de 561 escritos, publicados entre 1980 y mediados de 2021, entre artículos de las principales revistas de investigación a nivel internacional y capítulos de libros. El análisis se centró en las perspectivas de modelización, los contenidos educativos y las poblaciones en las que se enfocan los documentos revisados. Los resultados de este análisis dan cuenta de tendencias globales y permiten identificar características específicas de las publicaciones latinoamericanas que contrastan con las publicaciones en el resto del mundo; sin embargo, este estudio también da cuenta de tendencias locales que no se extienden a toda la región.

Palabras clave: Modelización/modelación matemática. Investigaciones latinoamericanas. Investigación documental.

Abstract

* Doctor en ciencias del Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados (Cinvestav/México). Profesor de vinculación especial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. E-mail: fredy.pena@cinvestav.mx.

** Doctor en Ciencias del Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados (Cinvestav/México). Investigador titular del departamento de Matemática Educativa del Cinvestav, Ciudad de México, México. E-mail: asolares@cinvestav.mx.

*** Doctor en Matemática Educativa de la Universidad Simon Fraser. Profesor asociado de la Escuela de Educación Werklund de la Universidad de Calgary, Calgary, Canadá. E-mail: apprecia@ucalgary.ca.

**** Maestra en Desarrollo Educativo de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN/México). Estudiante de doctorado del departamento de Matemática Educativa del Cinvestav, Ciudad de México, México. E-mail: yudi.ortiz@cinvestav.mx.

We present a comparison of mathematical modeling trends between Latin-America and the rest of the world through the analysis of 561 publications, including articles from major international journals in educational research and book chapters. The analysis focused on the modeling perspectives, the educational content, and the targeted population of the revisited documents. The results of the analysis show global tendencies and allow the identification of characteristics specific to the Latin-American publications that contrast with the publications from the rest of the world; however, this study also gives an account of local tendencies that do not extend to the whole region.

Keywords: Mathematical modeling. Research in Latin America. Documentary research.

1 Introducción

Desde hace más de seis décadas, la modelización matemática ha ganado un lugar importante en distintos países del mundo (NISS; BLUM; GALBRAITH, 2007), incluyendo su incorporación explícita en programas de estudio (KAISER, 2020). Sin embargo, existe una amplia pluralidad de perspectivas, concepciones y propósitos en torno a lo que es la modelización matemática y su manera de introducirse en los sistemas educativos (ABASSIAN, *et al.*, 2020; KAISER; SRIRAMAN, 2006; KAISER, 2020; PRECIADO, *et al.*, 2018). Hemos observado que, en las propuestas curriculares, no suelen hacerse explícitos la perspectiva, los propósitos y, menos aún, las diferencias con otras concepciones educativas de modelización matemática. Esta observación es consistente con lo reportado por Borromeo-Ferri (2013) quien identificó diferentes aproximaciones a la modelización en programas de estudio en Europa. En el presente artículo consideramos necesario reconocer y discutir esta pluralidad de miradas educativas sobre la modelización matemática.

Consideramos importante hacer una revisión sistemática de la bibliografía de investigación en modelización matemática teniendo en cuenta las distintas perspectivas, los contenidos educativos y las poblaciones estudiadas (e. g., estudiantes, maestros o profesionistas). Decidimos enfocarnos en las investigaciones realizadas en Latinoamérica con el propósito de identificar características específicas de la región, y lo hacemos mediante una comparación con las características de las investigaciones realizadas en el resto del mundo. Si bien Latinoamérica es una región diversa y extensa, creemos que este estudio cobra relevancia dadas las similitudes culturales, políticas y sociales de la región, tales como las lenguas en común (español y portugués), la religión principalmente católica, la literatura, la historia de colonización, la diversidad étnica de pueblos originarios, y el mestizaje de estos pueblos con europeos y africanos que llegaron durante la conquista (ver por ejemplo URIATE, 2019).

2 Antecedentes

Iniciamos esta sección con una breve reseña del desarrollo de la modelización matemática en la educación (para una revisión histórica más profunda sugerimos consultar KAISER, SRIRAMAN, 2006; NISS, 1987; NISS; BLUM; GALBRAITH, 2007); continuamos con una descripción de las distintas perspectivas de modelización identificadas en las principales revisiones internacionales del tema; y concluimos con una discusión sobre las revisiones de literatura que reportan una metodología sistemática. Destacamos el trabajo que se ha realizado en Latinoamérica con la finalidad de contrastar la modelización matemática en la educación de esta región con el resto del mundo.

2.1 Avances en la importancia de la modelización matemática

De acuerdo con Niss, Blum y Galbraith (2007) hacia finales de los años 1950 surgieron dos movimientos de naturaleza distinta a los que se remontan los orígenes de la modelización matemática en el ámbito escolar. El primero, denominado *Matemáticas modernas* se planteó el objetivo de proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para usar las matemáticas en contextos del mundo real. El otro, cuyo objetivo era el abordar con seriedad las aplicaciones de las matemáticas, hasta el punto de que los estudiantes fueran capaces de abordar por sí mismos situaciones problemáticas abiertas y desconocidas, comenzó en entornos de ingeniería y ciencias, y se extendió a otros campos durante las siguientes décadas.

En 1983, se celebró por primera vez la Conferencia Internacional sobre la Enseñanza de Modelización Matemática y Aplicaciones, ICTMA¹, por sus siglas en inglés. A partir de ese año, esta conferencia se ha realizado, de manera bienal, convocando a académicos de todo el mundo y promoviendo la difusión y publicación de las investigaciones en el tema.

Referente a Latinoamérica, Biembengut (2009) y Araújo (2010) dan cuenta de una amplia actividad en la modelización matemática, en Brasil, desde la década de los setenta, que se refleja en tesis de posgrado, publicaciones en congresos y experimentos didácticos de modelización matemática, encontrando una importante tendencia sociocultural heredada por el trabajo de Ubiratan D'Ambrosio (ver, por ejemplo, D'AMBROSIO, 2015). Malheiros (2012) presenta una revisión que compara el trabajo realizado en Brasil con el de otras regiones, concluyendo que existen intersecciones entre las diferentes perspectivas de investigación,

¹ <https://www.ictma.net/>

hecho que favorece la interlocución y proporciona espacios de reflexión que contribuyen a la consolidación de las propias posturas.

Regresando a la investigación a nivel internacional, encontramos que, durante las últimas dos décadas, ha crecido de manera importante el número de artículos de investigación, grupos de trabajo y encuentros sobre la modelización matemática. Muestra de ello son, por ejemplo, el grupo de discusión *Reto Internacional de la Modelización Matemática* (IMMC, por sus siglas en inglés) del XIII Congreso Internacional sobre Educación Matemática (ICME-13, por sus siglas en inglés); los grupos de trabajo *Modelos y Modelización* y *Modelización Matemática en la Edad Temprana* del congreso anual que celebra el Grupo Internacional para la Psicología de la Matemática Educativa, Capítulo de Norteamérica (PME-NA, por sus siglas en inglés); y el grupo de trabajo *Aplicaciones y Modelización* del Congreso de Investigación en Educación Matemática Europea (CERME, por sus siglas en inglés) cuyos trabajos se han recopilado en los números especiales que han dedicado al tema revistas como *ZDM Mathematics Education* (volumenes 38, números 2 y 3, y 50, números 1-2 y 7). Como muestra de las actividades internacionales referentes a la modelización matemática en educación, cabe resaltar la realización, en 2004, en Alemania, del 14º Estudio ICMI denominado *Aplicaciones y modelización en educación matemática*, publicado más adelante en la serie de libros *ICMI Studies* (NISS; BLUM; GALBRAITH, 2007). Finalmente, es importante hacer mención de los más de veinte libros publicados, derivados de las conferencias ICTMA realizadas hasta el año 2019².

Por su parte, en Latinoamérica también se ha incrementado, recientemente, la actividad de la modelización matemática en la educación, como se evidencia a través de la creación de grupos como el *Centro de Modelamiento Matemático*, creado en 2000 en la Universidad de Chile³, y la *Red Colombiana de Modelación en Educación Matemática*, creada en 2008 en el 9º Encuentro colombiano de matemática Educativa en Valledupar, Colombia⁴; así como de los grupos de trabajo y mesas de discusión realizadas en el marco de congresos regionales como el grupo de *Modelización en Educación Matemática* de la *Conferencia Interamericana de Educación Matemática* (CIAEM)⁵, el Grupo de Trabajo 10 sobre Modelagem Matemática de la Sociedade Brasileira Educação Matemática⁶, creado en 2001, las distintas mesas de discusión

² Serie de libros denominada *International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling* publicados por Springer y correspondiente a las conferencias ICTMA.

³ <https://www.cmm.uchile.cl>

⁴ <https://recomem.com>

⁵ <https://ciaem-iacme.org>

⁶ <http://www.sbembrasil.org.br/sbembrasil/>

y talleres realizados en la Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa (RELME)⁷, así como la *Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática*⁸, realizada de manera bienal en Brasil, desde 1999. Resaltamos el número 43 del volumen 26 de la revista *Bolema*, dedicado a la modelización matemática. Cabe mencionar, también, que hasta el momento Brasil es el único país latinoamericano que ha sido sede del ICTMA.

2.2 Perspectivas en modelización matemática

Para esta revisión usamos la clasificación de perspectivas de la modelización propuesta por Kaiser y Sriraman (2006), basada en publicaciones procedentes de las conferencias de ICME y de ICTMA e identificando seis perspectivas. La *perspectiva realista* pone énfasis en la resolución de problemas en contextos reales, más allá del desarrollo de matemáticas, se interesa en involucrar a los sujetos en la actividad profesional de modelizar. La *perspectiva educativa* considera que la modelización debe responder a propósitos prácticos, científicos y matemáticos enmarcados en un programa educativo. Esta se distingue de la perspectiva realista en el sentido de que suele tener un objetivo curricular que va más allá de la aplicación de las matemáticas.

La *perspectiva contextual*, también llamada *model-eliciting*, se centra en actividades de resolución de problemas usando principios de diseño instruccional basados en el constructivismo. En esta perspectiva, un modelo matemático no es concebido como resultado de matematizar el mundo real, como lo hacen las perspectivas anteriores, sino como una herramienta conceptual que se desarrolla desde un sistema matemático proveniente de una situación real específica (ABASSIAN *et al.*, 2020).

La *perspectiva socio-crítica* enfatiza la necesidad de desarrollar una postura crítica frente a problemáticas sociales, propone el uso de modelos matemáticos como herramientas que permiten entender los fenómenos y, eventualmente, presentar estrategias de solución basadas en un análisis crítico de la problemática.

La *perspectiva epistemológica* se centra en el desarrollo de teorías matemáticas a partir de modelos que se generan desde un fenómeno de interés e incluye la construcción de modelos intra-matemáticos. A diferencia de las otras perspectivas, esta perspectiva no requiere partir de una situación fuera de las matemáticas (ABASSIAN *et al.*, 2020). Estas cinco perspectivas han

⁷ <https://clame-relme.org>

⁸ <http://eventos.sbem.com.br/index.php/cnmem/2019>.

sido comparadas y contrastadas recientemente por Abassian *et al.* (2020), quienes elaboran en sus diferencias teóricas y sus propósitos.

Kaiser y Sriraman (2006) presentan, además, la *perspectiva cognitiva* que se centra en aspectos cognitivos de los procesos de modelización matemática; esta perspectiva es considerada como una *meta-perspectiva*, en el sentido de que los aspectos que aborda están presentes en las otras perspectivas, pero poniendo atención tanto a los procesos cognitivos de individuos durante el proceso de modelización como a la promoción de los procesos del pensamiento matemático, para ello, esta perspectiva usa esquemas del ciclo de modelización que describen el ideal del proceso de modelización en los sujetos.

La perspectiva sociocrítica ha jugado un papel preponderante en Brasil, por lo que es conveniente profundizar un poco más en ésta, dado nuestro interés en Latinoamérica. Stillman, Blum y Biembengut (2015) señalan que la perspectiva sociocrítica constituye una postura latinoamericana única para la modelización, aunque autores de otras regiones del mundo han hecho trabajo compatible con esta perspectiva (véase, por ejemplo, JULIE; MUDALY, 2007; CIRILLO; BARTELL; WAGER, 2016). Los autores resaltan la contribución de las etnomatemáticas a esta perspectiva, pues consideran que proponen una estrategia para la construcción de sistemas de conocimiento en contextos culturales diversos. En relación con las etnomatemáticas y la modelización matemática, D'Ambrosio afirma lo siguiente:

A través de modelos, los humanos intentan dar explicaciones de mitos y misterios, y estas explicaciones se organizan como artes, técnicas, teorías, como estrategias para explicar y tratar con hechos y fenómenos. Estas estrategias han sido organizadas históricamente, en diferentes grupos, en diferentes contextos espaciales y temporales, que son el soporte de las culturas, como sistemas de conocimiento (D'AMBROSIO, 2015, p. 43).

Así que, tanto por la cantidad de publicaciones realizadas como por sus contribuciones a temas de debate vigentes en la modelización matemática, las investigaciones realizadas desde la perspectiva sociocrítica son de importancia significativa en la región de Latinoamérica.

2.3 Revisiones bibliográficas previas que describen una metodología

Hemos notado que varias revisiones bibliográficas no discuten aspectos metodológicos. Por ello, en este artículo decidimos discutir aspectos metodológicos de estados del arte que dan cuenta de una revisión sistemática. Específicamente, nos enfocamos en el tamaño de las muestras, los criterios de selección y las unidades de análisis. Dado el límite de extensión para artículos, no presentamos descripciones detalladas de las revisiones ni discutimos sus

resultados. Nuestro propósito es ubicar la contribución de nuestra revisión dentro de la bibliografía.

La primera publicación en la que identificamos una metodología de análisis en una revisión literaria es el trabajo realizado por Frejd (2013), quien presentó un estudio cualitativo sobre la evaluación de competencias para la modelización, el cual incluye medidas de coincidencia entre codificadores (GUEST; MACQUEEN; NAMEY, 2012). Para la revisión se seleccionaron 76 documentos provenientes de las memorias del ICTMA 15, del grupo de trabajo de modelización de CERME, del ICMI 14 y los números 2 y 3 del volumen 38 de la revista *ZDM Mathematics Education* publicados en 2006, concernientes a modelización matemática. De los resultados de este estudio se destaca una mayor presencia de estudios empíricos (35 documentos revisados) en contraste con una minoría que aborda aspectos teóricos de la evaluación (cuatro del total).

De forma similar, Geiger y Frejd (2015) hicieron una revisión sobre las orientaciones teóricas y la diversidad de las formas de entender la modelización basada en 252 capítulos de los libros del ICTMA y las memorias del ICME publicados entre 2002 y 2011. Dentro de sus resultados destacan la presencia de un mayor número de publicaciones con enfoques teóricos locales que con enfoques generales, lo que interpretan como un aumento de madurez en la investigación en el campo. Detallan, también, algunos vacíos (*White spots*, por su traducción en inglés) en enfoques teóricos que aún no se han incluido en el campo de la modelización pero que, potencialmente, podrían ayudar a explicar fenómenos asociados a la modelización en el campo de la educación matemática. Esta revisión detalla elementos metodológicos que incluyen, también, las medidas de coincidencia de los codificadores independientes, así como criterios de discusión para resolver las discrepancias en el análisis de documentos.

Otra revisión que detalla una metodología para el análisis y la selección de los documentos es la que presentaron English, Bergman y Mousoulides (2016), para la cual seleccionaron 37 publicaciones de las memorias de las conferencias del *Grupo Internacional para la Psicología de la Educación Matemática* (conocido como PME por sus siglas en inglés), realizadas entre los años 2005 y 2015. Los autores realizaron un estudio cualitativo en el cual identificaron cuatro temas: perspectivas en modelos y modelización, aproximaciones curriculares en la promoción de competencias de modelización, la inclusión de procesos genéricos, y aproximaciones a modelos y modelización en formación docente.

En la revisión de Schukajlow, Kaiser y Stillman (2018) se presenta un conteo de reportes de investigación relacionados con la modelización matemática en educación, donde identifican el tipo de metodología (cuantitativa, cualitativa o mixta) y los sujetos de investigación

(estudiantes, maestros o ambos). Se revisaron 874 artículos de tres revistas especializadas, entre los años 2012 y 2017, encontrando que solo 28 abordan a la modelización matemática. La revisión también incluyó 155 documentos de las memorias del ICTMA correspondientes a los años 2011, 2013 y 2015, encontrando que para ambas muestras (183 artículos y memorias) se evidencia una alta prevalencia de estudios de carácter empírico (86% y 83% respectivamente), de los cuales, la mayoría (92% del total de estudios empíricos) tiene una postura metodológica de tipo cualitativo, que contrasta con el bajo número de estudios cuantitativos en este tema.

Otras revisiones de literatura han buscado caracterizar, con una metodología de trabajo sistemática, las tendencias de trabajo en modelización matemática en distintos lugares del globo, tal es el caso, por ejemplo, de la revisión de Ferrando (2019) quien encuentra características importantes sobre las tareas que se usan en contextos de modelización a distintos niveles de escolaridad en España.

Finalmente, mencionamos dos revisiones sistemáticas relacionadas con la modelización matemática presentadas en la 14^a conferencia ICME, en 2021, las cuales no habían sido publicadas en el momento de la escritura de este artículo, por lo que no tenemos los datos precisos de sus metodologías. Kawakami y Arleback (2021) presentaron una revisión literaria sobre la modelización estadística en estudios empíricos, enfocándose tanto en el desarrollo de las competencias de modelización como en la enseñanza de contenidos específicos. La segunda revisión bibliográfica es una revisión anunciada por Kaiser (2021) y Stillman *et al.* (2021) que se enfoca en la discusión actual sobre el desarrollo de las competencias de modelización y que incluye tanto artículos de revistas como libros especializados.

Finalizamos esta sección enfatizando la contribución de nuestro estudio a la literatura. Por un lado, no hemos identificado revisiones bibliográficas sistemáticas que incluyan los criterios que hemos usado en la revisión que presentamos en este artículo: población estudiada, contenido educativo y perspectivas de modelización. Por el otro lado, el volumen de documentos de esta revisión (561) rebasa las cantidades de documentos que abordan a la modelización matemática en las revisiones previas. Así, este trabajo contribuye tanto con la literatura a nivel internacional sobre el tema como con la identificación de tendencias específicas en Latinoamérica.

3 El Estudio

Con base en los antecedentes presentados y con el propósito de identificar tendencias específicas de la modelización matemática en la educación en Latinoamérica, abordamos las siguientes preguntas de investigación en este estudio.

- ¿Cuáles son los países de Latinoamérica con un mayor número de publicaciones internacionales sobre la modelización matemática, y cómo es la producción de publicaciones en comparación con la de otros países del resto del mundo?
- ¿Cuál es la frecuencia de las publicaciones referentes a las distintas perspectivas de modelización, las poblaciones que estudian, y los contenidos educativos en Latinoamérica sobre modelización matemática en educación, y cómo es la producción de publicaciones en comparación con la de otros países del resto del mundo?

Dado que existe una gran producción de publicaciones relacionadas con la modelización matemática, decidimos buscar las publicaciones en inglés más relevantes a nivel internacional, por lo que elegimos, por una parte, algunos de los libros más citados en las investigaciones sobre el tema y, por otra parte, las revistas de investigación con los rangos más altos en las jerarquizaciones internacionales de impacto. Excluimos publicaciones en memorias de congresos, ya que las publicaciones en revistas académicas son más detalladas y están sujetas a procesos más rigurosos de arbitraje.

Los seis libros que elegimos son los de la serie *International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling* publicados hasta mayo de 2021 por Springer (<https://www.springer.com/series/10093>) que integran las publicaciones presentadas en las conferencias más recientes del ICTMA, así como el libro correspondiente al 14 *ICMI Study* (BLUM *et al.*, 2007).

Para la selección de las revistas consideramos las jerarquizaciones ofrecidas por Toerner y Arzarello (2012), y por Williams y Leatham (2017) quienes establecen diversos criterios de clasificación, no ligados exclusivamente al ranking SJR (*Scimago Journal & Country Rank*). Elegimos las que aparecen con rangos de impacto más altos en ambas publicaciones. Así, consideramos para esta revisión a las siguientes revistas (en orden alfabético) *Educational Studies in Mathematics* (ESM); *For the Learning of Mathematics* (FLM); *Journal for Research in Mathematics Education* (JRME); *Journal of Mathematical Behavior* (JMB); *Journal of Mathematics Teacher Education* (JMTE); *Mathematical Thinking and Learning* (MTL); y *ZDM Mathematics Education* (ZDM)

Seleccionamos todos los artículos publicados hasta mediados del año 2021 que surgieran de una búsqueda en la que usamos como palabras clave *modeling*, *modelling* o *model*

incluidas en los títulos. También, incluimos todos los artículos publicados en los números especiales dedicados a modelización. Descartamos los artículos que no se refieren a la modelización matemática (por ejemplo, que usan la palabra *modelo* pero no presentan investigaciones en modelización matemática, como en *modelo teórico*), así como las introducciones a los números especiales y las reseñas de libros relativos al tema.

Para la selección de publicaciones de Latinoamérica consideramos necesario usar un criterio de rigor equivalente al de las otras revistas basado en los factores de impacto y rangos identificados por otros autores. Así, incluimos las revistas *Bolema*, *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa (RELIME)* y *Educación Matemática*, que son las revistas especializadas en matemática educativa con los rangos más altos (0.329, 0.241 y 0.186, respectivamente) en esta región de acuerdo con *Scimago Journal Ranking* (<https://www.scimagojr.com>). Estas tres revistas también figuran como las tres con los rangos más altos en la región de acuerdo con Andrade-Molina, Montecino y Aguilar (2020). Reconocemos, también, que existen revistas en español con iguales o superiores índices de ranqueo y que tienen alta participación de autores latinos, no obstante, decidimos restringirnos a las revistas de origen latinoamericano dado el carácter regional que deseamos imponer en esta revisión.

Las palabras clave que usamos para la búsqueda de los artículos en estas revistas fueron equivalentes a las de la revisión de los artículos en inglés. Por un lado, buscamos artículos, hasta mediados de 2020, que incluyeran en el título las palabras: modelo, modelización, modelación y modelaje (en los idiomas usados en estas revistas). Por otro lado, se descartaron los artículos que no se refieren a la modelización matemática en educación, o bien que son introducciones de los números especiales o reseñas de libros. Sin embargo, en este artículo nosotros nos referimos a estos estudios como *modelización matemática* en lugar de *modelación matemática* debido a que la Real Academia de la Lengua Española (RAE) distingue los términos *modelizar* y *modelar*. El primero se refiere, directamente, a construir un modelo o esquema teórico de algo, mientras que el segundo tiene un uso más amplio como formar una figura con cera, barro u otra materia blanda o configurar o conformar algo (BORRAMEO-FERRI; MENA-LORCA, J.; MENA-LORCA, A., 2021).

Revisamos un total de 561 publicaciones (390 capítulos de libros y 171 artículos). Clasificamos las publicaciones teniendo en cuenta el país donde trabajaban los primeros autores al momento de realizar la publicación, lo cual nos permitió enfocarnos en las publicaciones sobre modelización matemática encabezadas por investigadores de Latinoamérica (y nos referimos a ellas simplemente como publicaciones latinoamericanas). Así, encontramos un total

de 112 publicaciones de Latinoamérica (45 capítulos de libro y 67 artículos), 449 publicaciones del resto de los países (345 capítulos de libro y 104 artículos) y cuatro artículos en los que colaboraron tanto autores de Latinoamérica como del resto del mundo. Decidimos incluir estas cuatro publicaciones en las 449 publicaciones del resto del mundo, ya que los investigadores que figuran como primer autor en estas contribuciones no se encontraban vinculados a universidades latinoamericanas.

Otra diferenciación en los artículos, que vale la pena resaltar, es la distribución de autores vinculados a universidades latinas que publican en revistas internacionales y los autores vinculados a universidades internacionales que publican en revistas latinas, esta distribución puede observarse con detalle en la Tabla 1.

Tabla 1 -Distribución de artículos por región de los autores y de la revista

	Autores latinos	Autores no latinos	Total
Revistas Latinas	56	11	67
Revistas no latinas	11	93	104
Total	67	104	171

Fuente: elaboración propia

La Tabla 1 muestra una presencia cercana al 10% tanto de autores no latinos en revistas latinas como de autores latinos en revistas no latinas. Es importante aclarar que, de las once publicaciones de autores no latinos realizadas en revistas latinas, diez corresponden a autores vinculados a universidades españolas (y un vinculado a una universidad francesa). Este hecho da cuenta de la relevancia de las revistas latinas en España, pero también permite suponer la relación en el sentido contrario, es decir, que existan un considerable número de publicaciones de autores latinos en revistas españolas, lo que implica un sesgo importante en esta investigación, así como una posible ruta para expandir este estudio. Sin embargo, resaltamos el hecho de que la decisión de revisar únicamente revistas latinas obedece al carácter más local que quisimos imprimir para esta parte de la revisión de literatura.

Los documentos revisados se clasificaron en los siguientes campos: población de estudio, contenido educativo, perspectiva de modelización y país de la publicación. La población corresponde al grupo de personas que fueron el foco de cada publicación, que abarcó desde estudiantes en diversos niveles educativos, hasta maestros en formación o trabajadores en alguna empresa. El contenido educativo corresponde a los contenidos matemáticos, tales como *álgebra*, *geometría* y *estadística*, así como los contenidos de otras áreas, a los que llamamos *ciencia e industria*. Algunas investigaciones incluyeron más de un tipo de contenido matemático mientras que otras no especificaron un contenido más allá de la modelización

matemática, por lo que las clasificamos como *otros*. Para la perspectiva en modelización se usó la clasificación ofrecida por Kaiser y Sriraman (2006).

Consideramos pertinente asignar a cada publicación una clasificación única en cada campo (país, población, contenido educativo y postura de modelización) para establecer porcentajes siempre en relación con el total de publicaciones. Para los países, usamos el país de la institución del primer autor correspondiente a la fecha de publicación. Para el caso de los contenidos educativos, decidimos determinar el contenido principal de la publicación, ya sea por la extensión dedicada, el impacto de los resultados presentados, o algún otro aspecto importante de la investigación específica. La clasificación de Kaiser y Sriraman (2006) incluye cinco categorías que son mutuamente excluyentes y una sexta categoría, la perspectiva cognitiva, que puede aparecer en conjunto con alguna de las otras cinco. Por esta razón, usamos las cinco categorías mutuamente excluyentes como criterio principal para la clasificación de las publicaciones. Las publicaciones que consideran una perspectiva cognitiva de la modelización matemática pero que no indican alguna de las otras cinco perspectivas se clasificaron como cognitivas.

La clasificación de las publicaciones se realizó dividiendo el trabajo entre los miembros del equipo. Sin embargo, en los casos en los que no se especifica explícitamente una perspectiva de la modelización, la clasificación de publicaciones según los criterios de Kaiser y Sriraman (2006) requirió de una interpretación de los documentos. Por este motivo, decidimos adoptar técnicas que garantizan confiabilidad en estudios en los que participan varios codificadores (GUEST; MACQUEEN; NAMEY, 2012). Específicamente, usamos la triangulación y la discusión abierta. La triangulación consistió en clasificar independiente un subconjunto de los documentos por cada uno de los miembros del equipo para, después, comparar y discutir las diferencias entre las clasificaciones hasta llegar a un consenso. Este proceso se repitió hasta obtener una coincidencia del 100% entre los miembros del equipo. Después de la triangulación, se repartió el trabajo en el equipo de modo que cada documento fuera revisado por al menos dos integrantes del equipo. La discusión abierta (CHINH *et al.*, 2019) consistió en identificar las discrepancias y discutir las con todo el grupo hasta llegar a un consenso.

4 Resultados

A continuación, en las Tablas 2 y 3 presentamos los resultados del análisis de datos que nos proporcionan elementos para contestar la primera pregunta de investigación, relativa a los países de Latinoamérica con mayor número de publicaciones, y a su comparación con la

producción del resto del mundo. La Tabla 2 desglosa las frecuencias de los siete países del mundo con mayor número de publicaciones, de un total de 36 países que tienen participación en nuestra base de datos. Los conteos que se registran en la Tabla 2 corresponden al 72% del total de publicaciones. Los demás países de nuestra revisión que no aparecen en esta tabla no llegan individualmente al 3.5% del total de las publicaciones de nuestra base de datos.

Tabla 2 - Países con mayor número de publicaciones sobre modelización

País	Número de publicaciones	En revistas no latinas y libros	En revistas latinas
Alemania	117 (20.8%)	117	0
Estados Unidos	80 (14.2%)	80	0
Brasil	72 (12.8%)	37	35
Australia	67 (11.9%)	67	0
Japón	25 (4.4%)	25	0
Reino Unido	21 (3.7%)	21	0
México	21 (3.7%)	11	10

Fuente: elaboración propia

Si bien la Tabla 2 permite comparar el número de publicaciones en dos países de Latinoamérica (Brasil y México) con el número de publicaciones en los países con mayor producción (Alemania, Australia y Estados Unidos), es importante recordar que estos datos incluyen a tres revistas que se publican en Latinoamérica, lo cual implica un incremento del número de publicaciones de esta región comparado con las publicaciones de los países del resto del mundo que se publican en inglés, el cual se puede ver reflejado en la cuarta columna, este asunto impone un sesgo de la información del cual somos conscientes. Otro dato que resalta de la Tabla 2 es el mayor número de publicaciones de Brasil comparado con el de México.

La Tabla 3 se enfoca en la frecuencia de las publicaciones de países de Latinoamérica, solo incluyendo a los cinco países con un mayor número de publicaciones. Cabe resaltar que el total de las publicaciones de Brasil fueron realizadas, exclusivamente, por autores brasileños, mientras que una buena cantidad (20% para ser precisos) de las publicaciones de los otros países de Latinoamérica fueron realizadas en colaboraciones internacionales, principalmente entre países latinos. Fuera de esta tabla, pero con publicaciones en nuestra revisión, tenemos a Venezuela y Ecuador (con una publicación cada uno). El resto de los países latinoamericanos no figura en nuestra base de datos.

Tabla 3 - Países de Latinoamérica con mayor número de publicaciones sobre modelización

País	Número de publicaciones
Brasil	72 (64.2%)
México	21 (18.7%)
Chile	8 (7.1%)

Argentina	5 (4.4%)
Colombia	4 (3.5%)

Fuente: elaboración propia

La contundente mayoría que ocupan Brasil y México en la cantidad de publicaciones nos llevó a considerar los conteos subsiguientes para Latinoamérica diferenciando estos dos países del resto. Esto nos permite distinguir las tendencias locales (para Brasil y México) de las tendencias regionales en toda Latinoamérica (cuando hay características compartidas de una manera más homogénea en esta región). En adelante, las tablas que se muestran incluyen columnas con los conteos exclusivos de Brasil y de México, los conteos del resto de Latinoamérica y una columna final con la información del resto de los países del mundo que identificamos en nuestra revisión.

La Tabla 4 muestra las frecuencias de acuerdo con la población que fue el objetivo de estudio en cada publicación. Los documentos clasificados como *no determinada* corresponden a las publicaciones que no hacen referencia a alguna población específica, tales como las discusiones teóricas (DOERR; ÄRLEBÄCK; MISFELDT, 2017) o revisiones literarias como las presentadas previamente en este artículo. El orden de los renglones en la tabla corresponde a la frecuencia identificada para las publicaciones en el resto del mundo (excepto por la categoría de no determinada), permitiendo una fácil comparación con las frecuencias en la región. Los porcentajes se presentan redondeados para reducir el espacio de la tabla, por este motivo, la suma de los porcentajes no es 100% en algunas columnas.

Tabla 4 - Publicaciones por población

Población	Latinoamérica				Resto del mundo
	Brasil	México	Resto de Latinoamérica	Total de Latinoamérica	
Estudiantes de secundaria	5 (7%)	3 (14%)	9 (47%)	17 (15%)	166 (37%)
Docentes	12 (17%)	4 (19%)	5 (26%)	21 (19%)	48 (11%)
Estudiantes universitarios	19 (26%)	9 (43%)	1 (5%)	29 (26%)	46 (10%)
Estudiantes de posgrado	2 (3%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (2%)	45 (10%)
Estudiantes de primaria	2 (3%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (2%)	35 (8%)
Docentes en formación	6 (8%)	1 (5%)	1 (5%)	8 (7%)	33 (7%)
Adultos no estudiantes	1 (1%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1%)	5 (1%)
Matemáticos	2 (3%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (2%)	2 (0.4%)
Modeladores profesionales	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (0.4%)
No determinada	23 (32%)	4 (19%)	3 (16%)	30 (27%)	67 (15%)
Totales	72 (100%)	21 (100%)	19 (100%)	112 (100%)	449 (100%)

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 4 se puede notar una considerable mayoría de publicaciones para estudiantes de educación secundaria, tanto en el *resto del mundo* (los países del mundo sin Latinoamérica) como en el *resto de Latinoamérica* (sin considerar Brasil ni México). En contraste con esta tendencia en estudiantes de secundaria, las publicaciones de Brasil y México se centran, mayoritariamente, en los estudiantes universitarios en los casos en que es posible identificar una población en particular. También vale la pena resaltar que las publicaciones dedicadas a los docentes ocupan el segundo lugar tanto para toda Latinoamérica (Brasil, México y el resto de Latinoamérica) como para el resto del mundo. El alto porcentaje de publicaciones con población no determinada tanto en México como en Brasil se debe a que muchos de estos documentos son revisiones literarias o artículos teóricos.

La Tabla 5 muestra la clasificación de los contenidos educativos abordados en las publicaciones. La mayor parte de estos contenidos corresponden a ramas concretas de las matemáticas o a competencias de la modelización. Sin embargo, también identificamos aplicaciones de la modelización en la ciencia y la industria en donde el foco principal no es un contenido matemático específico o las competencias de la modelización. Por ejemplo, Zavala, Alarcón y Benegas (2010) describen un programa de formación docente de modelización enfocado en física, sin hacer énfasis en un contenido matemático específico o en las competencias de la modelización. De forma similar, Yoshimura (2015) describe un caso en el que estudiantes de bachillerato abordan un problema relacionado con ganancias y gastos de una compañía de energía eléctrica, enfocándose en los aspectos específicos de la industria, sin especificar un contenido matemático o un enfoque explícito en las competencias de la modelización. Las publicaciones que no especifican un contenido matemático en particular, pero hacen referencia explícita a las competencias de modelización, las clasificamos como *competencias de modelización*. Además, identificamos muchas publicaciones que no se especifican contenidos, tales como las revisiones bibliográficas y de artículos teóricos sobre la modelización matemática en la educación, las cuales clasificamos como *no determinado*.

Tabla 5 - Publicaciones por contenido

Contenido	Latinoamérica				Resto del mundo
	Brasil	México	Resto de Latinoamérica	Total de Latinoamérica	
Competencias de modelización	16 (22%)	1 (5%)	3 (16%)	20 (18%)	137 (30%)
Álgebra	3 (4%)	4 (19%)	3 (16%)	10 (9%)	36 (8%)
Estadística y probabilidad	3 (4%)	0 (0%)	1 (5%)	4 (3%)	30 (7%)
Cálculo	16 (22%)	11 (52%)	2 (10%)	27 (24%)	26 (6%)
Geometría	1 (1%)	1 (5%)	1 (5%)	3 (3%)	25 (5%)

Aritmética	2 (3%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (2%)	20 (4%)
Ciencia e industria	2 (3%)	0 (0%)	1 (5%)	3 (2%)	18 (4%)
Otras	2 (3%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (2%)	8 (2%)
No determinado	27 (37%)	4 (19%)	8 (42%)	39 (35%)	149 (33%)
Totales	72 (100%)	21 (100%)	19 (100%)	112 (100%)	449 (100%)

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 5 se puede observar que las competencias de la modelización aparecen como el contenido más frecuente en las publicaciones del resto del mundo, así como en las publicaciones del resto de Latinoamérica. En cambio, en México y Brasil el cálculo es el contenido que se presenta con mayor frecuencia. Al igual que el caso de la población presentado en la Tabla 4, podemos ver un gran número de publicaciones tanto en México como en Brasil en las que no se puede identificar un contenido específico, tales como documento teóricos o revisiones de la literatura.

Para finalizar, la Tabla 6 presenta una clasificación de las perspectivas de modelización matemática. Esta tabla incluye un renglón que titulamos *no determinada*, en el cual incluimos las publicaciones para las cuales no nos fue posible determinar una perspectiva de modelización específica, como es el caso de las revisiones bibliográficas que incluyen varias perspectivas de modelización o algunos artículos en los que no se especifica una perspectiva particular y no se cuenta con elementos suficientes para inferir una perspectiva de modelización, como el estudio realizado por Pereira de Oliveira y Barbosa (2010), que si bien da cuenta de evidencia empírica de tensiones experimentadas por maestros en su práctica docente relacionadas con modelización, no pudimos distinguir una perspectiva específica en el documento.

Tabla 6 - Publicaciones por perspectiva de modelización

Perspectiva de modelización	Latinoamérica				Resto del mundo
	Brasil	México	Resto de Latinoamérica	Total de Latinoamérica	
Educativa	14 (19%)	7 (33%)	4 (21%)	25 (22%)	159 (35%)
Realista	6 (8%)	0 (0%)	2 (11%)	9 (8%)	87 (19%)
Contextual	5 (7%)	8 (38%)	3 (16%)	16 (14%)	84 (19%)
Cognitiva	6 (8%)	1 (5%)	0 (0%)	7 (6%)	36 (8%)
Epistemológica	2 (3%)	2 (9%)	4 (21%)	6 (5%)	16 (3%)
Sociocrítica	29 (40%)	1 (5%)	2 (11%)	32 (28%)	12 (3%)
No determinada	10 (14%)	2 (9%)	3 (16%)	13 (12%)	55 (12%)
Totales	72 (100%)	21 (100%)	19 (100%)	112 (100%)	449 (100%)

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 6 se puede apreciar que la perspectiva de modelización con mayor presencia en México es la contextual, mientras que en Brasil es la sociocrítica. Esto contrasta con el hecho

de que, para el resto de Latinoamérica las perspectivas educativa y epistemológica son las más frecuentes, y para el resto del mundo la educativa y la realista son las perspectivas dominantes.

5 Análisis de Resultados

Los resultados anteriores nos permiten dar cuenta de tendencias de la modelización matemática en Latinoamérica, en las publicaciones que revisamos, identificando algunas de las características de los trabajos tanto a nivel regional como a nivel local, específicamente en Brasil y México. En los conteos de las Tablas 2 y 3 sobresale Brasil como el país con un mayor número de publicaciones sobre modelización en Latinoamérica (64% de las publicaciones de la región). Esto es consistente tanto con la tradición brasileña identificada por Biembengut (2009) y Araújo (2010), como con las publicaciones y eventos internacionales que han tenido lugar en este país, como se menciona en secciones previas de este artículo.

México es el segundo país en la región con un mayor número de publicaciones acerca del tema (19% de las publicaciones de la región). Después de México, los demás países de Latinoamérica tienen porcentajes de publicaciones menores al 8% cada uno. La prominencia de las cantidades de publicaciones de Brasil y México (83% del total de publicaciones de la región latinoamericana) coincide con el hecho de que las revistas consultadas en la región de Latinoamérica son publicadas en México y Brasil. Por eso, es importante tener en cuenta estas características y hechos al diferenciar (de manera ponderada) las investigaciones que se realizan en estos dos países respecto a las publicaciones de los demás países de la región.

La comparación de las publicaciones de Latinoamérica con las del resto del mundo permite distinguir varias características específicas del trabajo realizado en la región. En primer lugar, en los conteos por país de la Tabla 2 se puede apreciar que en los países de Latinoamérica la producción de publicaciones es mucho menor que en otros países como Alemania, Australia y Estados Unidos. A pesar de que es indiscutible la importancia de los volúmenes de las publicaciones y las tradiciones de investigación en el tema en estos países (tanto en esta como en las otras revisiones del estado del arte referidas), es necesario tomar en cuenta que nuestras elecciones metodológicas implican que la selección de documentos se realizó con publicaciones mayoritariamente en inglés y que quedó de lado una gran cantidad de publicaciones en otros idiomas o regiones; por ejemplo, las publicaciones reportadas en las memorias de los congresos regionales, publicadas en español o portugués, o revistas españolas (como Enseñanza de las Ciencias o la revista Union) en las que varios autores Latinoamericanos realizan publicaciones.

En segundo lugar, en la Tabla 4 se puede observar que mientras en el resto del mundo (los países no latinoamericanos) el mayor número de publicaciones se enfoca en los estudiantes de secundaria (con 37% del total de las publicaciones del resto del mundo), en México y Brasil la población en la que más se enfocan las publicaciones son los estudiantes universitarios (con un 26% y un 43% del total de las publicaciones, respectivamente). Esta cantidad de publicaciones en México y Brasil contrasta con el número de publicaciones del resto del mundo enfocadas en los estudiantes universitarios (el 10% de las publicaciones correspondientes, como se muestra en la columna *Resto del mundo* de la Tabla 4). Por otra parte, en Latinoamérica y el resto del mundo aparecen en segundo lugar los documentos que se centran en los docentes, con 26% del total de las publicaciones, contrastando con el 11% de publicaciones del resto del mundo enfocadas en docentes.

En tercer lugar, observamos en la Tabla 5 diferencias importantes respecto a los contenidos abordados en las publicaciones revisadas. Mientras que el contenido predominante en el resto del mundo son las competencias de modelización (30% del total de las de esta región), el contenido predominante en Latinoamérica es el cálculo (con el 24% de las publicaciones latinoamericanas). Es notable el contraste respecto al contenido educativo, que alcanza tan solo el 6% de las publicaciones en el resto del mundo. Consideramos que la gran cantidad de estudios dedicados al cálculo en las investigaciones latinoamericanas, predominantemente en México y Brasil, está vinculada al enfoque en la población de estudiantes universitarios de las investigaciones en esta región.

Si bien las investigaciones de los países latinoamericanos analizadas en este estudio presentan varias características similares entre ellas, que contrastan con las investigaciones del resto del mundo, también hay características locales específicas de las investigaciones de algunos países latinoamericanos que no se presentan en toda la región. Por ejemplo, a partir del análisis de los conteos presentados en la Tabla 4, encontramos que México tiene un porcentaje considerablemente mayor de publicaciones enfocadas en estudiantes universitarios (43% de sus publicaciones) comparado con los porcentajes en Brasil (26% de sus publicaciones) y en el resto de Latinoamérica, donde solo encontramos un artículo que trabaja con esta población.

Por otro lado, en Latinoamérica no encontramos una perspectiva predominante en cuanto a la modelización. Si bien la Tabla 6 indica una mayor frecuencia de publicaciones en la región que se adhieren a la perspectiva sociocrítica (28% de las publicaciones latinoamericanas), este porcentaje se debe a la alta cantidad de publicaciones que siguen esta perspectiva en Brasil (40% de las publicaciones brasileñas), en contraste con la cantidad de publicaciones que se adhieren a la perspectiva sociocrítica en México (5% de las publicaciones

mexicanas) y el resto de Latinoamérica (11% de las publicaciones en el resto de los países latinoamericanos). Además, incluso en las investigaciones brasileñas hay una cantidad significativa que se adhiere a la perspectiva educativa: 19% de las publicaciones de Brasil. En el caso de México, las dos perspectivas más sobresalientes son la contextual (38% de la producción mexicana) y la educativa (33% de la producción mexicana).

Finalmente, queremos señalar la importancia de que en la mayoría de las publicaciones de nuestra revisión no se hace explícito algún contenido matemático específico. El elevado número de artículos que se enfocan en el desarrollo de las competencias de modelización sin aludir a algún contenido específico nos sugiere que tanto en Latinoamérica como en el resto del mundo la modelización matemática se ha desarrollado como un campo de trabajo independiente que no se asocia a un contenido matemático particular.

6 Conclusiones

En esta revisión literaria de la modelización matemática identificamos tanto tendencias generales como características locales de la investigación en Latinoamérica, contrastadas con publicaciones en el resto del mundo. Encontramos que los enfoques y las características de un número importante de las publicaciones latinoamericanas no siguen las tendencias de la investigación desarrollada en el resto del mundo; esto sucede, específicamente, en cuanto a la población en la que se enfocan las investigaciones, los contenidos que se abordan, y las perspectivas de modelización que asumen.

Esta revisión es innovadora respecto a los conteos referentes a las poblaciones, los contenidos y las perspectivas de modelización así como la cantidad de documentos incluidos en revisiones previas (ENGLISH; BERGMAN; MOUSOULIDES, 2016; FREJD, 2013; GEIGER; FREJD, 2015; SCHUKAJLOW; KAISER; STILLMAN, 2018). Si bien el hecho de que tanto México como Brasil tienen una mayor presencia en las publicaciones en el tema es conocido por algunos miembros de la comunidad del ICTMA, este estudio proporciona datos empíricos basados en publicaciones relevantes sobre la modelización matemática. Este estudio no solo identifica tendencias de la modelización matemática en Latinoamérica, sino que también da cuenta del estado general en el resto del mundo.

Otro de los resultados que coincide con las revisiones previas corresponde a la importancia de la tradición brasileña en la modelización (ARAÚJO, 2010), entre las que resultan especialmente relevantes las investigaciones realizadas desde la perspectiva sociocrítica, como lo han señalado Stillman, Blum y Biembengut (2015). Sin embargo, también

notamos que, más que una perspectiva latinoamericana, se trata de una perspectiva predominantemente brasileña.

En cuanto a los alcances y las limitaciones de nuestro estudio, es importante reconocer que algunas de las decisiones tomadas restringieron el espectro de búsqueda de publicaciones. Si bien esto era necesario para delimitar claramente el *corpus* de las publicaciones a analizar, al definir los filtros dejamos fuera un número de publicaciones en modelización matemática en Latinoamérica. Asimismo, la elección de las características que decidimos considerar para la revisión dejó fuera aspectos importantes de las publicaciones, como las posturas teóricas, las metodologías de investigación, el diseño de tareas, entre otros.

Por ende, resaltamos la necesidad de continuar con este tipo de revisiones bibliográficas donde se tomen en cuenta los aspectos que quedaron fuera del alcance de este trabajo. Un estudio más detallado incluyendo publicaciones en memorias de congresos locales, en revistas en español no latinoamericanas y/o revistas en la región con rangos bajos, o sin rango en las bases de datos internacionales, podrían servir para presentar un panorama más detallado del trabajo de la modelización matemática en la Latinoamérica.

Referencias

- ABASSIAN, A.; SAFI, F.; BUSH, S.; BOSTIC, J. Five different perspectives on mathematical modeling in mathematics education. **Investigations in Mathematics Learning**. Greensboro, v. 12, n. 1, p. 53-65, 2020.
- ANDRADE-MOLINA, M.; MONTECINO, A.; AGUILAR, M. S. Beyond quality metrics: Defying journal rankings as the philosopher's stone of mathematics education research. **Educational Studies in Mathematics**, Switzerland, v. 103, n. 3, p. 359-374, mar. 2020.
- ARAÚJO, J. Brazilian research on modelling in mathematics education. **ZDM Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 42, n. 3-4, p. 337-348, mar. 2010.
- BORRAMEO-FERRI, R. Mathematical modelling in European education. **Journal of Mathematics Education at Teachers College**, Nueva York, v. 4, n. 2, p. 18-24, nov. 2013.
- BORRAMEO-FERRI, R.; MENA-LORCA, J.; MENA-LORCA, A. **Fomento de la Educación – STEM y la Modelización Matemática para Profesores**: Fundamentos, ejemplos y experiencias. Santiago de Chile: Kassel University Press, 2021.
- BIEMBENGUT, M. S. 30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **Alexandria**: revista de educação em ciência e tecnologia, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 07-32, 2009.
- BLUM, W.; GALBRAITH, P. L.; HENN, H. W.; NISS, M. **Modelling and applications in mathematics education**: The 14th ICMI study. Shanghai: Springer, 2007.
- BOLEMA - Boletim de Educação Matemática. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. v. 26, n. 43. ISSN: 1980-4415.

CHINH, B.; ZADE, H.; GANJI, A.; ARAGON, C. Ways of qualitative coding: A case study of four strategies for resolving disagreements. *In: BREWSTER, S.; FITZPATRICK, G. (eds.). In: **Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems***. New York: The Association for Computing Machinery, 2019. p. 1-6.

CIRILLO, .; BARTELL, T. G.; WAGER, A. A.. Teaching mathematics for social justice through mathematical modeling. *In: HIRSCH, C.; McDUFFIE, A. (eds.). **Annual perspectives in mathematics education: Mathematical Modeling and Modeling Mathematics***. Virginia: National Council of Teachers of Mathematics, 2016. p. 87-96.

D'AMBROSIO, U. Mathematical modelling as a strategy for building-up systems of knowledge in different cultural environments. *In: STILLMAN, G. A.; BLUM, W.; BIEMBENGUT, M. S. (eds.). **Mathematical modelling in education research and practice: Cultural, social and cognitive influences***. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 35-44.

DOERR, H. M., ÄRLEBÄCK; J. B.; MISFELDT M. Representations of modelling in mathematics education. *In: STILLMAN, G. A.; BLUM, W.; KAISER, G. (eds.). **Mathematical Modelling and Applications: Crossing and Researching Boundaries in Mathematics Education***. Cham: Springer, 2017. p. 71-81.

ENGLISH, L.; BERGMAN, A.; MOUSOULIDES, N. Reflections on progress in mathematical modelling research. *In: GUTIÉRREZ, A.; LEDER, G. C.; BOERO, P. (eds.). **The Second Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education***. Rotterdam: Sense Publishers, 2016. p. 383-413.

FERRANDO, I. Avances en las investigaciones en España sobre el uso de la modelización en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. *In: MARBÁN, J. M.; ARCE, M.; MAROTO, A.; MUÑOZ-ESCOLANO, J. M.; ALSINA, A. (eds.). **Investigación en Educación Matemática XXIII***. Valladolid: Universidad de Valladolid, 2019. p. 43-64.

FREJD, P. Modes of modelling assessment—A literature review. **Educational Studies in Mathematics**, Dordrecht, v. 84, n. 3, p. 413-438, 2013.

GEIGER, V.; FREJD, P. A reflection on mathematical modelling and applications in a field of research: Theoretical orientations and diversity. *In: STILLMAN, G. A.; BLUM, W.; BIEMBENGUT, M. S. (eds.). **Mathematical Modelling in Educational Research and Practice: Cultural, social and cognitive influences***. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 161-171.

GUEST, G.; MACQUEEN, K. M.; NAMEY, E. E. **Applied thematic analysis**. California: Sage Publications, 2012.

JULIE, C.; MUDALY, V. Mathematical modelling of social issues in school mathematics in South Africa. *In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.L.; HENN, HW.; NISS, M. (eds.). **Modelling and applications in mathematics education***. Boston: Springer, 2007. p. 503-510.

KAISER, G. The teaching and learning of mathematical modelling: A description of the current state-of-the-art. *In: **MATHEMATICAL APPLICATIONS AND MODELLING IN MATHEMATICS EDUCATION***, 14, 2021, Shanghai. **Conferencia: ICME 14**, Julio 2021. Resumen online.

KAISER, G. Mathematical modelling and applications in education. *In: LERMAN, S. (ed.). **Encyclopedia of Mathematics Education***. 2ed. Cham: Springer, 2020. p. 553-561.

KAISER, G.; SRIRAMAN, H. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. **ZDM Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 3, p. 302-310, Jun. 2006.

KAWAKAMI, T.; ARLEBACK, J. B. The rationales of statistical modelling in education research from a mathematical modelling perspective. *In: MATHEMATICAL APPLICATIONS AND MODELLING IN MATHEMATICS EDUCATION*, 14, 2021, Shanghai. **Conferencia: ICME 14**, Julio 2021. Resumen online.

MALHEIROS, A. P. Pesquisas em Modelagem Matemática e diferentes tendências em Educação e em Educação Matemática. **Bolema-Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 26, n. 43, p. 883-905, Agosto, 2012.

NISS, M. Applications and modelling in the mathematics curriculum—state and trends. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, London, v. 18, n. 4, p. 487-505, 1987.

NISS, M.; BLUM, W.; GALBRAITH, P. Introduction. *In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H. W.; NISS, M. (eds.). Modelling and applications in mathematics education*. The 14th ICMI study. Nueva York: Springer. 2007. p. 3-32.

PEREIRA de OLIVEIRA, A. M.; BARBOSA, J. C. Mathematical modeling and the teachers' tensions. *In: LESH, R.; GALBRAITH, P. L.; HAINES, C. R.; HURFORD, A. (eds.). Modeling students' mathematical modeling competencies*. Boston: Springer, 2010. p. 511-517.

PRECIADO, A. P.; SOLARES, A.; PEÑA, F.; ORTIZ, Y. A.; SANDOVAL, M.; SORIANO, R.; CARRIÓN, V.; FARRUGIA, M. Exploring perspectives on mathematical modelling: A literature survey. *In: PROCEEDINGS OF THE 42ND CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR THE PSYCHOLOGY OF MATHEMATICS EDUCATION*, Umeå, BERGQVIST, E.; ÖSTERHOLM, M.; GRANBERG, C.; SUMPTER, L. (Eds.), v. 4, p. 3-10. 2018.

SCHUKAJLOW, S.; KAISER, G.; STILLMAN, G. Empirical research on teaching and learning of mathematical modelling: a survey on the current state-of-the-art. **ZDM Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 50, n. 1-2, p. 5-18, 2018.

STILLMAN, G. A.; BLUM, W.; BIEMBENGUT, M. S. **Mathematical modelling in education research and practice: Cultural, social and cognitive influences**. Cham: Springer International Publishing, 2015.

STILLMAN, G.; ARAÚJO J. de L.; DOMINGUEZ, A.; IKEDA T.; SCHUKAJLOW, S. The teaching and learning of mathematical modelling and interdisciplinary mathematics educations. *In: MATHEMATICAL APPLICATIONS AND MODELLING IN MATHEMATICS EDUCATION*, 14, 2021, Shanghai. **Conferencia: ICME 14**, Julio 2021. Resumen online.

TOERNER, G.; ARZARELLO, A. Grading mathematics education research journals. **Newsletter of the European Mathematical Society**, Helsinki, [s.v.], n. 86, p. 52-54, 2012.

EQUIPO EDITORIAL, ETECÉ. Cultura Latinoamericana. 2018. Disponible en: <https://www.caracteristicas.co/cultura-latinoamericana/> Acceso en: 22 de junio de 2023.

WILLIAMS, S. R.; LEATHAM, K. R. Journal quality in mathematics education. **Journal for Research in Mathematics Education**, Reston, v. 48, n. 4, p. 369-396, 2017.

YOSHIMURA, N. Mathematical modelling of a social problem in Japan: The income and expenditure of an electric power company. *In: STILLMAN, A. G.; BLUM W.; BIEMBENGU, M. S. (eds.). Mathematical Modelling in Education Research and Practice: Cultural, Social and Cognitive Influences*. Cham: Springer, 2015. p. 251-261.



ZAVALA, G.; ALARCÓN, H.; BENEGAS, J. A Professional Development Course with an Introduction of Models and Modeling in Science. *In*: LESH, R., GALBRAITH, P., HAINES, C., HURFORD, A. (eds.). **Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies**. Boston: Springer, 2010. p. 491-500.

Submetido em 08 de Novembro de 2021.
Aprovado em 16 de Dezembro de 2022.