



La evaluación en la modelación matemática. Una revisión crítica de literatura

Jonathan **Sánchez-Cardona**
Facultad de Educación, Universidad de Antioquia
Colombia

Jonathan.sanchezc@udea.edu.co

Paula Andrea **Rendón-Mesa**
Facultad de Educación, Universidad de Antioquia
Colombia

Paula.rendon@udea.edu.co

Resumen

La presente revisión crítica de literatura centra su atención en indagar por la evaluación en la modelación matemática, particularmente responde por cuestiones que se relacionan concómo las investigaciones enmodelación matemática tienen en cuenta los intereses y propósitos de formación de los sujetos. La revisión realizó una búsqueda en las bases de datos ERIC, Scielo y Scopus a partir de la cual se seleccionaron 22 documentos que fueron analizados a la luz de cuatro categorías. A partir de los documentos analizados se logró identificar que la tendencia en los reportes de investigación es hacia las estrategias y herramientas para evaluar aprendizajes matemáticos y se deja de lado otros aprendizajes que se pueden alcanzar a través de la modelación.

Palabras clave: Evaluación, formación profesional, modelación matemática.

Introducción

En las últimas dos décadas, la modelación matemática se ha convertido en un dominio de investigación con alto grado de consolidación al interior de la Educación Matemática (Niss, Blum y Galbraith, 2007). Blum y Borromeo-Ferri (2009) señalan que, a través de la modelación, los estudiantes pueden comprender y producir significados de los objetos matemáticos articulados a los fenómenos reales que se estudian. Según Villa-Ochoa, Castrillón-Yepes y Sánchez-Cardona (2017) diferentes tipos de tareas y formas de hacer modelación ofrecen otras posibilidades para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y de la modelación misma. Estos alcances abren caminos para la investigación de las maneras de promoverlos y evaluarlos en la cotidianidad escolar. Tanto en los aprendizajes como en las maneras de evaluarlos existen

desarrollos y amplias discusiones en educación matemática y modelación. En este sentido preguntarse por la evaluación en la modelación matemática exige hacer una revisión de literatura sobre los aportes y avances investigativos que se han desarrollado, de tal forma que las nuevas investigaciones hagan uso de los hallazgos y resultados que otras investigaciones ya han aportado.

En particular Frejd (2013) desarrolló una revisión de literatura sobre los modos de evaluar en modelación matemática. Este estudio ofreció una perspectiva amplia de los enfoques utilizados y sugeridos para evaluar competencias de los estudiantes en los modelos y la modelación matemática. Sin embargo, la pregunta por los procesos y estrategias situadas en los contextos e intereses de los sujetos que participan en diferentes ambientes y tareas de modelación matemática sigue estando abierta. Es por esto, que este documento presenta de la evaluación y la modelación matemática, el método utilizado en la revisión crítica de literatura y las conclusiones centradas en los aportes y avances en la investigación internacional en relación con la evaluación en la modelación matemática.

La evaluación y la modelación matemática

Diferentes autores se han preocupado por la evaluación en la educación matemática, algunos de ellos han desarrollado investigaciones que apuntan a mejorar los procesos evaluativos, tanto en las herramientas e instrumentos utilizados para evaluar las matemáticas como en el constructo teórico (Hošpesová, 2018; Iannone y Jones, 2017; Niss, 1993a, 1993b; Suurtamm et al., 2016). Una de las apuestas en la evaluación de los aprendizajes es que se asuma de carácter formativo debido a que con ella se permite la realimentación constante en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas (Brown y Pickford, 2013; Hamodi, López, y López, 2015).

Las producciones científicas resaltan las diferentes posibilidades que tiene la modelación matemática en los procesos formativos de las matemáticas (Bassanezi, 2002; Niss, Blum, y Galbraith, 2007). La modelación matemática posibilita que los estudiantes relacionen conceptos matemáticos con fenómenos reales, de tal forma que se realizan comprensiones y producen diferentes significados de conceptos matemáticos, también se posibilita el desarrollo de competencias y de visiones de las matemáticas, dado que, al establecer relaciones entre esta área y la realidad, se promueven usos de la matemática como una ciencia útil (Blum y Borromeo-Ferri, 2009).

La pregunta por los aportes que la modelación matemática y la evaluación ofrece a la formación matemática de los estudiantes continúa siendo motor para el desarrollo de investigaciones, más aún, con la diversidad de maneras y perspectivas con las que cuenta la modelación matemática tanto en la investigación como en la cotidianidad escolar (Kaiser, Blomhøj, y Sriraman, 2006; Maaß, 2010; Villa-Ochoa, Castrillón-Yepes, y Sánchez-Cardona, 2017). En este sentido, resulta necesario indagar por los aportes y avances en la investigación internacional con relación a la evaluación en la modelación matemática.

La evaluación en modelación matemáticas no solo se ha ocupado de investigar por los aprendizajes de contenidos y las competencias; sino también, del desarrollo e implementación de procesos. Así, Frejd (2013) en su revisión de literatura se enfocó en indagar por los modos de evaluar en modelación matemática; para tal fin, este autor revisó 76 artículos resultados de investigación y encontró una visión de la evaluación que centra su atención en ciertos momentos particulares y no en todo el proceso desarrollado por los estudiantes. En particular, la revisión

informa que las investigaciones giraron en torno a ¿Cómo evaluar? Y ¿Con qué instrumentos evaluar? y deja de lado componentes situados de la evaluación que responden a cuestionamientos relacionados con el sujeto que se evalúa - ¿A quién se evalúa? -.

Como resultado de su estudio, Frejd (2013) ofreció una perspectiva amplia de los enfoques que utiliza y sugiere para evaluar competencias de los estudiantes en los modelos y la modelación matemática. Sin embargo, la pregunta por los procesos y estrategias relacionadas con las necesidades específicas de formación de los sujetos que participan en diferentes ambientes y tareas de modelación matemática sigue abierta. Este tipo de preguntas es relevante, pues la literatura internacional reconoce la necesidad de desarrollar procesos de modelación matemática que se articulen con los intereses y propósitos de los estudiantes (Borba y Villarreal, 2005), así como a sus necesidades de formación profesional (Rendón-Mesa, 2016; Romo-Vázquez, 2014).

La presente revisión crítica de literatura se centra su atención en las visiones y estrategias que se utilizan para la evaluación en la modelación matemática acorde con los intereses, propósitos y metas de formación de los sujetos involucrados. Por tanto, se propone responder la pregunta ¿Cómo las investigaciones sobre evaluación en modelación matemática han tenido en cuenta los intereses y propósitos de formación de los sujetos? Con el fin de dar respuesta a esta pregunta se analizaron 22 documentos resultado de una búsqueda en las bases de datos ERIC, Scielo y Scopus, así como un proceso de selección acorde con la pregunta antes descrita.

Método

Se realiza una revisión crítica de literatura de la evaluación en los procesos de modelación matemática con la intención de determinar teóricamente las conceptualizaciones y resultados reportados en el campo investigativo. Se resalta la importancia de determinar las diferentes conclusiones a las cuales han llegado investigaciones internacionales, con el fin de sustentar teórica y empíricamente los avances de la evaluación en la modelación matemática. Una revisión crítica de literatura implica analizar las diferentes investigaciones reportadas y cruzar datos con el fin de determinar el estado investigativo en el cual se encuentra determinado tema (Jesson y Lacey, 2006).

La International Commission on Mathematical Instruction en su estudio 14 - ICMI Study 14 - (Blum et al., 2007) recolectó diferentes investigaciones y trabajos desarrollados en evaluación en modelación matemática hasta el año 2007. Por esta razón, en la presente revisión se decidió incluir artículos de revista, capítulos de libro y memorias de eventos a partir del año 2007.

Dado que la búsqueda se centra en los componentes de la evaluación de los aprendizajes en la modelación, se incluyeron investigaciones empíricas que se desarrollaron de la temática en el ámbito de la formación matemática de profesionales, de tal forma que se reporten estrategias, herramientas y conclusiones en relación con la evaluación en la modelación. En la indagación realizada en las bases de datos se utilizaron cinco ecuaciones de búsqueda. Estas ecuaciones fueron necesarias dado que es posible encontrar en la literatura internacional diferentes formas de escritura para referirse a la modelación, como por ejemplo, *modelling* y *modeling*. Así mismo, en las ecuaciones de búsqueda se incluyeron las palabras *assessment*, *evaluation* y *assesing*.

Las cinco ecuaciones de búsqueda utilizadas fueron: i) “Mathematical Modelling” AND “Assessment” AND “education”; ii) “Mathematical Modeling” AND “Assessment” AND “education”; iii) “Mathematical Modelling” AND “evaluation” AND “education”; iv) “Mathematical Modeling” AND “evaluation” AND “education”, y finalmente v) “Mathematical

Modelling” AND “assessing” AND “education”

Se debe agregar que en la base de datos Scopus se delimitó la búsqueda con la ayuda de los filtros Engineering, ComputerScience, Social Science, Mathematics, Medicine, Chemical Engineering, Economics, Econometrics y Finance. Se utilizaron estos filtros dado que el interés de la revisión de literatura se centró en la evaluación en los procesos de modelación matemática en correspondencia con los intereses y propósitos de formación de los sujetos.

El periodo establecido para la inclusión de documentos fue desde el 2007 hasta marzo de 2018. Esta búsqueda arrojó un total de 204 documentos entre capítulos de libro, artículos de revista especializados y memorias de eventos. La información básica de estos documentos (Año, autores, título, palabras clave, abstract-resumen-introducción y revista-libro) se organizó en una hoja de cálculo. A partir de esta organización se delimitaron los siguientes criterios de selección con el fin de constituir el conjunto de documentos que finalmente se analizarían.

Criterios de selección

De los 204 documentos encontrados con las ecuaciones de búsqueda, se procedió a determinar si se repetían documentos. La disposición de la lista de textos en la hoja de cálculo posibilitó la identificación de los documentos duplicados. Después de este proceso quedaron 103 documentos. A continuación, los siguientes criterios fueron determinantes al momento de realizar la lectura del título y abstract-resumen e introducción para determinar la inclusión o no del documento en la revisión de literatura final, i) en el documento se reporta una relación entre la evaluación y la modelación matemática, ii) el propósito del documento se relaciona con la evaluación de los procesos de la modelación matemática, iii) el propósito del documento se relaciona con la enseñanza o el aprendizaje de un saber o conocimiento, iv) el documento no solo presenta y evalúa la aplicación de modelos matemáticos en otros contextos, como la ingeniería y las finanzas, sino que su propósito tiene relación con la formación profesional.

Al momento de realizar una lectura del abstract y título de los 103 documentos a la luz de los cuatro criterios de inclusión, se logró definir un total de 22 documentos. Estos fueron posteriormente analizados a partir de cuatro categorías i) propósito de la evaluación ii) momentos de evaluación iii) estrategia de evaluación y iv) perfil profesional-evaluación. Dicho análisis permitió evidenciar que las estrategias situadas con respecto al perfil profesional de los estudiantes, no es un aspecto que la evaluación en la modelación matemática tenga en cuenta

El análisis de los documentos inició con la lectura de cada documento y su codificación acorde con los criterios presentados en la Tabla 1.

Tabla 1

Categorías para el análisis

Categorías	Preguntas orientadoras
Propósito de la evaluación	¿Qué se evalúa cuando se implementa la modelación matemática?
Momentos de evaluación	¿En cuáles momentos/fases de la modelación matemática se realiza la evaluación?
Estrategia de evaluación	¿Cuáles instrumentos son utilizados en los procesos evaluativos de la modelación matemática?

Perfil profesional – evaluación	¿A quién se evalúa? ¿Qué relación hay entre el perfil profesional y la evaluación implementada?
---------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia. 2018.

Con el fin de dar respuesta a la pregunta que orienta la revisión de literatura se organizaron cuatro categorías para el análisis de los documentos. Cada una de las categorías cuenta con al menos una pregunta que pretende dar cuenta de los diferentes procesos evaluativos reportados en las diferentes investigaciones. Es de resaltar que las categorías descritas en la Tabla 1, se configuraron en la medida en que se realizaba la lectura de los documentos, en particular se trató de responder a preguntas relacionadas con, ¿qué evaluar? ¿Cómo evaluar? ¿Dónde se evalúa? y ¿A quién se evalúa? En este sentido, se resalta que el nombre de las categorías y las preguntas que las orientan se configuraron antes y durante el proceso de lectura de los documentos de la revisión de literatura.

Análisis, resultados y conclusiones

Las anteriores cuatro categorías responden de manera general a los procesos evaluativos que se logran caracterizar en la revisión de los documentos. La primera categoría da cuenta del foco de atención en los procesos de evaluación en la modelación matemática. La segunda de los momentos específicos en los que se realiza la evaluación. La tercera resalta los instrumentos y técnicas utilizadas para realizar los procesos evaluativos y finalmente la cuarta resalta la relación que existe entre el proceso evaluativo desarrollado y el perfil profesional de los sujetos.

Se resalta que la evaluación de la modelación matemática reportada por Aydogan et al., (2017) y Diefes-Dux, et al. (2012) se enfoca en la apropiación que tienen los estudiantes en la solución de un problema que se sustenta en modelos matemáticos. Además, de la forma de comunicación de la solución encontrada. Mientras que el trabajo presentado por Flores, et al. (2016) se enfoca en los conceptos y procedimientos matemáticos que se utilizan para llegar a una solución y validación de un problema. Las investigaciones de Aydogan et al., 2017; Diefes-Dux et al., 2012 y Flores et al., 2016 reportan la importancia que tiene en los procesos de modelación matemática el trabajo en grupo.

En algunas investigaciones (Aydogan et al., 2017; Hoskingson, 2010; Diefes-Dux et al., 2012 y Flores et al., 2016) se evidenció que la evaluación se realiza a lo largo de todo el proceso de modelación matemática, algunos centrados en los procesos matemáticos, otros en los procesos comunicativos, pero como regularidad se identificó que la evaluación no se deja para el final del proceso.

Estos resultados sugieren la necesidad de desarrollar más investigaciones en las que la evaluación no solo se centre en el desarrollo de habilidades, competencias y conocimientos matemáticos; sino que también, se tenga en cuenta los procesos desarrollados por los estudiantes al realizar modelación matemática, donde el centro de interés no sea solo el modelo matemático, sino que se logre valorar el proceso desarrollado. Es decir, las decisiones que se tomaron para comprender, analizar y resolver el fenómeno estudiado.

La literatura que se incluyó en el análisis evidenció que el centro de atención al evaluar la modelación matemática varía dependiendo de los intereses de los profesores y de los currículos institucionales. Así mismo, se identificaron diferentes tipos de herramientas y técnicas para evaluar la modelación. En la mayoría de las investigaciones se identificó la importancia que tiene el trabajo en equipo. Se debe agregar que, en la mayoría de los estudios revisados, las

evaluaciones desarrolladas no tienen en cuenta el perfil profesional de los estudiantes, dado que la concepción de evaluación y las técnicas utilizadas no se sustentan, ni tampoco se relacionan con el perfil profesional de los sujetos. En este sentido la tendencia en la investigación es hacia las estrategias y herramientas para evaluar el aprendizaje de conceptos matemáticos y no otros aprendizajes como la comunicación y argumentación que se pueden alcanzar a través de la modelación.

Agradecimientos

Agradecimientos a los profesores Jhony Alexander Villa Ochoa y Mónica Marcela Parra Zapata y a otros integrantes de la Red Colombiana de Modelación en Educación Matemática por las sugerencias realizadas a las diferentes versiones del documento. También a la Universidad de Antioquia por su apoyo a través del proyecto Estrategias Evaluativas para la Modelación Matemática (CODI-Facultad de Educación).

Referencias

- Aydogan Yenmez, A., Erbas, A. K., Cakiroglu, E., Alacaci, C., & Cetinkaya, B. (2017). Developing teachers' models for assessing students' competence in mathematical modelling through lesson study. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(6), 895–912.
- Bassanezi, R. C. (2002). *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. Sao Paulo: Editora Contexto.
- Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, H.-W., & Niss, M. (Eds.). (2007). *Modelling and Applications in Mathematics Education* (Vol. 10). Boston, MA: Springer US
- Blum, W., & Borromeo-Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45–58.
- Brown, S., & Pickford, R. (2013). *Evaluación de habilidades y competencias en Educación Superior* (Ediciones). Madrid.
- Diefes-Dux, H. A., Zawojewski, J. S., Hjalmarson, M. A., & Cardella, M. E. (2012). A Framework for Analyzing Feedback in a Formative Assessment System for Mathematical Modeling Problems. *Journal of Engineering Education*, 101(2), 375–406.
- Flores, E. G. R., Montoya, M. S. R., & Mena, J. (2016). Challenge-based gamification and its impact in teaching mathematical modeling. En *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality - TEEM '16* (pp. 771–776). New York, New York, USA: ACM Press.
- Frejd, P. (2013). Modes of modelling assessment-a literature review. *Educational Studies in Mathematics*, 84(3), 413–438.
- Hamodi, C., Pastor, V. M. L., & Pastor, A. T. L. (2015). Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior. *Perfiles Educativos*, 37(147), 146–16
- Hoskinson, A. (2010). How to Build a Course in Mathematical – Biological Modeling : Content and Processes for Knowledge and Skill, 9, 333–341.
- Hošpesová, A. (2018). Formative Assessment in Inquiry-Based Elementary Mathematics. In G. Kaiser, H. Forgasz, M. Graven, A. Kuzniak, E. Simmt, & B. Xu (Eds.), *Invited Lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education, ICME-13 Monographs* (pp. 249–268). Cham: Springer.

- Iannone, P., & Jones, I. (2017). Special issue on summative assessment. *Research in Mathematics Education, 19*(2), 103–107.
- Jesson, J., & Lacey, F. (2006). How to do (or not to do) a critical literature review. *Pharmacy Education, 6*(2), 139–148
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM - Mathematics Education, 38*(3), 302–310.
- Maaß, K. (2010). Classification Scheme for Modelling Tasks. *Journal Für Mathematik-Didaktik, 31*(2), 285–311.
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. (2007). Introduction. En W. Blum, P. Galbraith, W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education* (pp. 3–32). Boston, MA: Springer US.
- Niss, M. (1993a). *Cases of Assessment in Mathematics Education. An ICMI Study*. (M. Niss, Ed.), *New ICMI Study Series* (Vol. 1). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Niss, M. (1993b). *Investigations into Assessment in Mathematics Education An ICMI Study*. (M. Niss, Ed.) (Vol. 2). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Rendón-Mesa, P. A. (2016). *Articulación entre la matemática y el campo de acción de la ingeniería de diseño de producto: aportes de la modelación matemática*. Universidad de Antioquia
- Romo-Vázquez, A. (2014). La modelización matemática en la formación de ingenieros. *Educación Matemática, especial* (25 años), 314–338.
- Suurtamm, C., Thompson, D. R., Kim, R. Y., Moreno, L. D., Sayac, N., Schukajlow, S., ... Vos, P. (Sobran iniciales en los nombres) (2016). *Assessment in Mathematics Education. The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education*. Cham: Springer International Publishing
- Villa-Ochoa, J. A., Castrillón-Yepes, A., & Sánchez-Cardona, J. (2017). Tipos de tareas de modelación para la clase de matemáticas. *Espaço Plural, 18*(36), 219–251