



EVALUACIÓN FORMATIVA DEL CONOCIMIENTO DE LOS FUTUROS PROFESORES SOBRE MODELACIÓN MATEMÁTICA

Jhony Alexander Villa-Ochoa¹, Jonathan Sánchez-Cardona², Paula Andrea Rendón-Mesa³

Conocimiento del profesor sobre la modelación matemática

La modelación matemática puede concebirse como un proceso en el que se interrelacionan dos dominios, uno denominado las matemáticas y el otro denominado “el resto del mundo”, también llamado “el mundo real”. En esa interrelación se pueden identificar subprocesos y fases, por las cuales que atraviesa un modelador y diferentes fines y alcances de los modelos en relación con el dominio en el que tuvo origen.

La integración de la modelación en la clase de matemática se ha defendido por las oportunidades para la formación de los estudiantes, parte de ello tendría que ver con fomentar en los estudiantes actitudes creativas, principalmente en la resolución de problemas, para la formación y el desarrollo de algunas competencias, promover y mejorar un potencial crítico en los estudiantes, para el uso de las matemáticas en otros contextos, preparar a los estudiantes para que puedan practicar, aplicar matemáticas y usar modelos en diferentes asignaturas, no solamente para solucionar problemas de la vida real sino también de otras disciplinas (Lingefjärd, 2006; Villa-Ochoa, 2015). En correspondencia con estos alcances, se destaca el papel que tienen los profesores para promoverlos y para promover el aprendizaje de la modelación y de las matemáticas a través de la modelación.

En la literatura internacional se han destacado características de los conocimientos que los profesores deberían alcanzar sobre la modelación matemática (Cetinkaya, Kertil, Erbas, Korkmaz, Alacaci, y Cakiroglu, 2016; Villarreal, Esteley, y Smith, 2018; Villa-Ochoa, 2015) y de los ambientes en los que se puede constituir ese conocimiento (Romo-Vázquez, Barquero, y Bosch, 2019; Rosa y Orey, 2019). Una parte de la investigación señala que los profesores que pretenden enseñar a través de la modelación matemática deben desarrollar un conocimiento de las matemáticas, de los tipos de tareas y lo que esas tareas pueden promover en sus estudiantes, un conocimiento de las demandas cognitivas de las tareas. Se destaca que los profesores también deberían desarrollar un conocimiento sobre cómo organizar el discurso del aula, cómo poder gestionar la clase a través de la modelación, cómo propiciar intervenciones, gestionar y promover las interacciones entre los diferentes estudiantes, cómo proporcionar un *feedback* de lo que los estudiantes van desarrollando de tal manera que por un lado, les permita orientar su desarrollo, pero

¹ Ph.D. en Educación en el Área de Educación Matemática, Universidad de Antioquia, Colombia

² Mg. en Educación en el Área de Educación Matemática, Universidad de Antioquia, Colombia

³ Ph.D. en Educación en el Área de Educación Matemática, Universidad de Antioquia, Colombia



también, que esa orientación sea lo suficientemente apropiada para que el estudiante pueda desarrollar de forma autónoma su trabajo matemático.

Para Cetinkaya et al. (2016), la literatura también sugiere que los profesores deben tener capacidades para reconocer posibles maneras de desarrollar cierto tipo de problemas y cómo esas maneras pueden ser productivas en el aprendizaje o cuales de ellas pueden ser no tan productivas. Promover también un conocimiento de esos enfoques, o esas formas de resolución de problemas que a veces emergen de las mismas tareas aun cuando previamente no se tengan a disposición. Ese conocimiento sobre la modelación matemática también implicaría allí una conjunción entre conocimientos matemáticos y conocimientos extra matemáticos. También se destaca la importancia de promover un conocimiento de la tecnología que permita integrarse y reorganizar las maneras en las que se hace la modelación matemática (Cetinkaya et al., 2016; Villarreal et al., 2018) y de la integración con otras disciplinas (Carmona-Mesa, Cardona Zapata, y Castrillón-Yepes, 2020).

Evaluación formativa del conocimiento del profesor.

Con el ánimo de promover el conocimiento de los futuros profesores de matemáticas, el Grupo de Investigación MATHEMA-FIEM ha diseñado e implementado varios cursos en Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Antioquia, uno de ellos enfoca en el desarrollo del conocimiento de la modelación matemática. En este curso, los estudiantes deben desarrollar un proyecto de modelación, participar en diferentes tipos de tareas y diseñar planes de clase. Estas estrategias tienen el propósito de valorar la constitución de ese conocimiento y, al mismo tiempo, busca promoverlos; por tanto, se consideran como estrategias de evaluación formativa.

En el marco de este curso, la reflexión sobre la evaluación sea ha convertido en un elemento importante para el diseño del curso, pero también para la investigación que se desarrolla sobre la formación de profesores en modelación matemática. En la literatura internacional sobre evaluación del conocimiento de los profesores pueden identificarse varios énfasis; uno de ellos, se enfoca en la acreditación y en la certificación de los profesores, allí la evaluación su conocimiento puede asociarse a la necesidad de generar cierto tipo de certificaciones, de aplicar a pruebas de ingreso, sostenimiento o de ascenso en el cargo. En Mesa y Leckrone (2020) pueden identificarse seis proyectos de evaluación del conocimiento del profesor tanto en pre-servicio como en servicio. Entre los objetos allí declarados se encuentra la acreditación de un conocimiento matemático, general, pedagógico, especializado, entre otros. En su documento, Mesa y Leckrone (2020) describen los marcos teóricos, tipos de prueba e instrumentos que se han utilizado en este tipo de evaluación.

Otro énfasis en la evaluación del conocimiento del profesor está, no solo en la acreditación, sino también en su formación; es decir, no solamente se quiere reconocer cuál es ese conocimiento, sino que al mismo tiempo se busca promoverlo. Allí, el rol de la evaluación formativa y, de alguna manera, de la evaluación sumativa cobra sentido. En la literatura sobre esta evaluación sobresalen los trabajos de Black



y William (1998; 2009) quienes ofrecen herramientas para el diseño, la intervención e investigación sobre la evaluación formativa. De acuerdo con los autores, este tipo de evaluación, también denominado “evaluación para el aprendizaje”, exige a los profesores y a los estudiantes una interpretación y uso de las evidencias sobre los desempeños que tienen los estudiantes para tomar decisión frente a los procesos que se siguen. En el marco del curso de formación de futuros profesores, los formadores actúan como profesores y los futuros profesores actúan como estudiantes. Esta doble mirada sobre estos roles permite comprender y promover formas de participación e interacciones que se presentarán más adelante en este documento.

Para Black y Wiliam (1998; 2009), la evaluación formativa se considera como una práctica que busca una mejora continua de la enseñanza y del aprendizaje; su importancia radica en que permite una revisión continua del proceso, la toma de decisiones sobre las estrategias y la reformulación de los aspectos necesarios para obtener mejores aprendizajes y resultados. En relación con los ambientes, los autores documentan la importancia de establecer metas de aprendizaje y declarar los alcances que se quieren evaluar; es decir “el qué” se quiere lograr a través de la formación. Se propone también una recopilación de la información de los logros y de los conocimientos que los estudiantes van desarrollando, la delimitación de las estrategias y de un plan a través del cual se quiere alcanzar esos propósitos. En el caso del curso de modelación matemática, también se busca promover la participación de los estudiantes (futuros profesores) en esa delimitación, en las etapas y en la construcción de los instrumentos de evaluación.

Diseño un ambiente para la evaluación formativa en un curso de modelación para futuros profesores

Con base en los planteamientos descritos en el apartado anterior, en el curso se ha diseñado un conjunto de estrategias de evaluación formativa. Ello incluye clarificar cuáles son los propósitos, las intenciones del curso y las metas de aprendizaje. Los formadores (profesores del curso) argumentan la importancia de esas metas y de las metodologías que implementarán, también describen las tareas y demás actividades que los futuros profesores desarrollarán a lo largo del curso. Finalmente describen las tareas y productos que se deben entregar en cada sesión de clase y los que se entregarán al finalizar el curso.

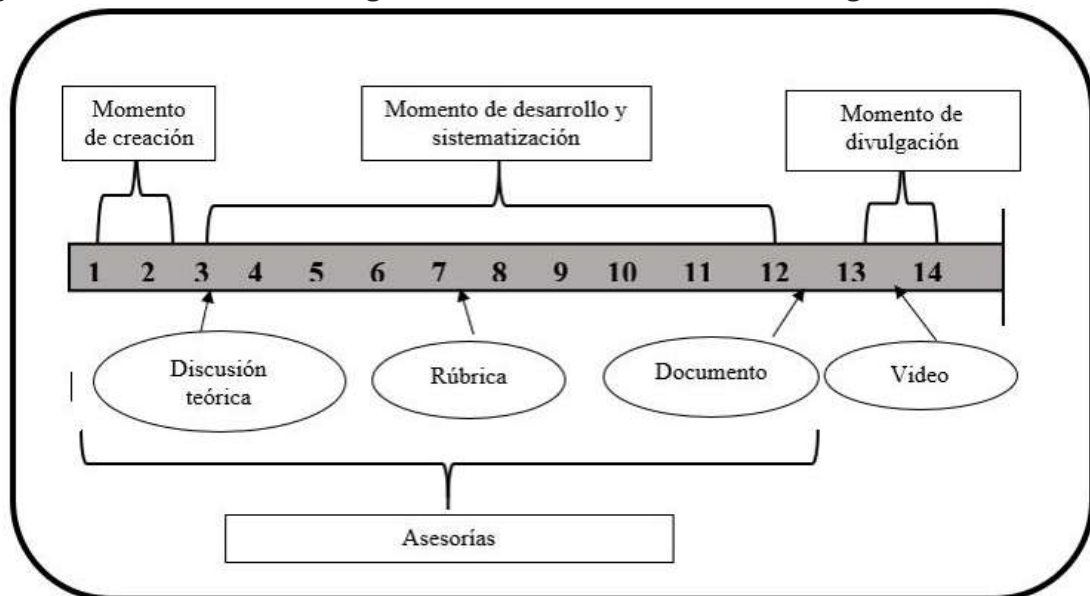
En la primera semana de clase, se busca reconocer los aprendizajes y el conocimiento que los futuros profesores han alcanzado sobre la modelación matemática; con base en ello, se reorganiza la planeación de las actividades, se ajustan los ambientes, se toman decisiones sobre el tipo de tareas que se deben implementar, los contenidos a enseñar, sobre cómo valorarlos y hacerles seguimiento durante el curso; ello incluye una retroalimentación continua de los logros de los futuros profesores y una valoración de cómo ello se alinea con los objetivos propuestos. Se realizan asesorías continuas en las que se contextualizan las tareas, se problematizan los avances y acciones desarrolladas, se promueve la interacción con expertos (Rendón-Mesa, Duarte, Villa-Ochoa, 2016).

De acuerdo con los planteamientos de Black y Wiliam (2009), también se hace un reconocimiento de la actuación de los futuros profesores como recursos de formación para los demás participantes del curso; esto significa pensar en cómo ellos mismos cuestionan, hacen recomendaciones sobre lo que vienen desarrollando sus compañeros. En este curso, el reconocimiento de la actuación de los estudiantes como recursos de formación para los demás implicó promover la participación en la construcción de los criterios de evaluación y, por tanto, en el diseño de rúbricas.

El curso se desarrolla en 64 horas de clase distribuidas en 16 semanas. En la Figura 1 se presenta una distribución de las actividades evaluativas que se realizan durante las primeras 14 semanas; las dos semanas finales se destinan a una presentación y discusión de los proyectos y planes de clase. El desarrollo de proyectos incluye un momento de creación en el que los estudiantes deben identificar tres temáticas o problemas sobre lo pudieran trabajar en sus proyectos. El momento de desarrollo y sistematización los estudiantes diseñan, valida e implementan la estrategia para resolver sus problemas o situaciones de interés. El tercer momento, denominado de divulgación, incluye estrategias para la comunicación de los resultados a través de presentaciones orales, documentos escritos y un video.

Entre la sexta y octava semana se diseñan las rúbricas de evaluación. Los futuros profesores participan de esa construcción; los aportes en esta participación deben estar apoyados en las discusiones teóricas y en la propia experiencia que previamente han enfrentado en el curso. En esta participación, los futuros profesores ponen en juego sus aprendizajes sobre la modelación a través de proyectos y los alcances que se esperan en la formación matemática de los estudiantes.

Figura 1. Diseño de las estrategias de evaluación formativa a lo largo del curso



Fuente: Sánchez-Cardona (2020)

A manera de ejemplo



Uno de los proyectos desarrollados en el curso consistió en una estrategia que un grupo de estudiantes desarrolló para aumentar el número de seguidores de una cuenta de Instagram. Este proyecto se desarrolló a partir de una necesidad personal de una de las integrantes del equipo que trabajaba como modelo y, por tanto, su reconocimiento profesional depende del número de seguidores que tenga y de la influencia que logre en redes. En ese proyecto, los estudiantes delimitaron variables, entre ellas, número de seguidores, el tiempo de duración de la estrategia, el tipo de contenido a divulgar, la cantidad de seguidores obtenido por cada tipo de publicación, el número de visitas y de vistas del perfil, el alcance que tendrían esas publicaciones, el tipo de comentarios que hacen los seguidores, entre otras.

A lo largo del curso, principalmente en las asesorías, los formadores hacían cuestionamientos sobre el tipo de datos que van a obtener, las relaciones entre las variables, los procedimientos matemáticos/estadísticos que utilizarían, las maneras de validación de los resultados, entre otros. En el caso particular de este proyecto, el equipo utilizó la estadística para organizar, representar los datos, para generar tablas de frecuencia, pero también para calcular probabilidades que se iban generando en algunas variables, por ejemplo, entre el tipo de publicación y el número de seguidores alcanzado. Ello permitió a los estudiantes determinar los tipos de contenido que tienen mayor y menor alcance y una proyección para alcanzar la meta trazada. Los estudiantes encontraron en la aplicación Instagram Business una oportunidad para poder acceder a una cuenta empresarial y poder llevar el día a día de estos alcances. Otros detalles de los alcances de las estrategias de evaluación para el aprendizaje de la modelación se encuentran en Sánchez-Cardona (2020).

Consideraciones finales

A nivel general, se puede reconocer los aportes que tienen las asesorías para promover un conocimiento sobre la naturaleza de la modelación matemática, de las estrategias, procedimientos y fases para el desarrollo de proyectos. También se valora su potencial para promover argumentaciones y formas de comunicación del conocimiento producido durante el curso y durante el desarrollo de proyectos. Estas argumentaciones y formas de comunicación emergen de las continuas problematizaciones que hacen los formadores a los futuros profesores; ya que, según Rendón-Mesa et al. (2016), estas problematizaciones remiten a los estudiantes a enfocarse y reflexionar sobre lo que están haciendo, del porqué lo están haciendo, cómo lo están haciendo y del impacto que esperan alcanzar.

También se puede valorar un doble rol de los proyectos de modelación. Estos proyectos no se conciben como un producto final para determinar los conocimientos que desarrollaron los estudiantes; más allá de ello, se busca que a través de los proyectos se puedan promover conocimientos; en ese sentido, se consolida como una estrategia de evaluación formativa. Por otro lado, los proyectos también integran otro tipo de estrategias de evaluación formativa, por ejemplo, las asesorías, estrategias de coevaluación, retroalimentación continua.

Finalmente, se resaltan las oportunidades y condicionamientos que tiene la participación de los estudiantes en la elaboración de las rúbricas. Uno de los elementos que se ha encontrado es que esa participación de alguna manera permite dar sentido a los elementos que Black y William han resaltado sobre el empoderamiento de los estudiantes frente a sus propios procesos; esto se da porque los estudiantes conocen lo que se les va a evaluar, ellos mismos están de acuerdo y han formulado los criterios de evaluación; por tanto, en función de ellos, canalizan sus esfuerzos para lograrlos. Sin embargo, también se ha observado algunas limitaciones en términos de que parece condicionar otros tipos de conocimientos que están implícitos pero que los estudiantes no los ponen en evidencia en sus proyectos. Ello sugiere otras reorganizaciones de la creación de las rúbricas y de nuevos estudios que muestren que esa participación, por un lado, puede seguir generando un empoderamiento de los futuros profesores, pero, por otro lado, condicione pero que no inhiba otros conocimientos importantes en los procesos de modelación.

Referencias

- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>
- Carmona-Mesa, J. A., Cardona Zapata, M. E., y Castrillón-Yepes, A. (2020). Estudio de fenómenos físicos en la formación inicial de profesores de Matemáticas. Una experiencia con enfoque STEM. *Uni-pluriversidad*, 20(1), e2020101. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.02>
- Lingefjärd, T. (2006). Faces of mathematical modeling. *ZDM*, 38(2), 96-112
- Mesa, V., y Leckrone, L. (2020). Assessment of Mathematics Teacher Knowledge. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 66–69). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_13
- Rendón-Mesa, P. A., Duarte, P. V. E., & Villa-Ochoa, J. A. (2016). Articulación entre la matemática y el campo de acción de la ingeniería de diseño de producto: componentes de un proceso de modelación matemática. *Revista de La Facultad de Ingeniería U.C.V.*, 31(2), 21–36.
- Romo-Vázquez, A., Barquero, B., y Bosch, M. (2019). El desarrollo profesional online de profesores de matemáticas en activo: una unidad de aprendizaje sobre la enseñanza de la modelización matemática. *Uni-pluriversidad*, 19(2), 161–183. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.19.2.09>



- Rosa, M., y Orey, D. C. (2019). Mathematical modelling as a virtual learning environment for teacher education programs. *Uni-pluriversidad*, 19(2), 80–102. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.19.2.04>
- Sánchez-Cardona, J. (2020). *Evaluación formativa y modelación matemática en la formación de futuros profesores de matemáticas*. Trabajo de Investigación (Maestría en Educación), Medellín: Universidad de Antioquia
- Villa-Ochoa, J. A. (2015). Modelación matemática a partir de problemas de enunciados verbales: un estudio de caso con profesores de matemáticas. *Magis, Revista Internacional de Investigación En Educación*, 8(16), 133. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m8-16.mmpe>
- Villarreal, M. E., Esteley, C. B., y Smith, S. (2018). Pre-service teachers' experiences within modelling scenarios enriched by digital technologies. *ZDM - Mathematics Education*, 50(1–2), 327–341. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0925-5>