



Experiencias de modelización en la formación de futuros profesores de matemática

Mónica E. **Villarreal**

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación

Universidad Nacional de Córdoba

Argentina

mvilla@famaf.unc.edu.ar

Resumen

El desarrollo de actividades y proyectos de modelización matemática en la formación de futuros profesores resulta de vital importancia debido a que, tanto en documentos curriculares para la formación inicial de profesores de matemática, como en documentos curriculares para la educación secundaria, se recomienda la introducción de aplicaciones y modelización para la enseñanza de la matemática. Estudios desarrollados por diversos investigadores indican desde hace tiempo que, si se pretende que los futuros profesores diseñen actividades de modelización para sus clases en la escuela secundaria, es necesario que tengan experiencias de modelización durante su formación inicial, pasando por un ciclo completo de modelización matemática. En base a datos recopilados durante siete años, en esta conferencia presentaré experiencias de modelización llevadas adelante por futuros profesores. Centraré la atención en los contenidos matemáticos que utilizaron o necesitaron aprender para dar cuenta de los problemas formulados, el tipo de temas que seleccionaron, el papel de las tecnologías y las dificultades detectadas en el desarrollo de sus proyectos de modelización.

Palabras clave: educación, matemática, modelización matemática, formación de profesores, tecnologías

Breve introducción: problemática y contexto

Esta conferencia aborda aspectos de la problemática de la formación de futuros profesores de matemática en torno a la modelización matemática como proceso científico y como abordaje pedagógico. Desde hace unos diez años un grupo de docentes e investigadores de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), del cual soy integrante, investiga en torno a la temática del desarrollo profesional de futuros profesores de matemática que llevan adelante proyectos de

modelización¹, esto es, actúan como modelizadores; o que diseñan e implementan actividades de modelización durante el transcurso de sus primeras prácticas docentes en aula. Estas investigaciones han sido desarrolladas con estudiantes² que cursan la carrera de Profesorado en Matemática en la UNC. Esta carrera tiene una duración de 4 años, siendo que el 66% de las disciplinas que componen el plan de estudios son cursos de matemática impartidos por matemáticos, y el 34% restante, cursos de carácter didáctico-pedagógico impartidos por pedagogos o educadores matemáticos.

En las siguientes secciones, se presentan algunas discusiones que vinculan modelización, curriculum y formación inicial de profesores de matemática. Se hace referencia a los desafíos que implica la modelización para el trabajo docente y se describe un escenario de modelización particular creado en un contexto de formación inicial de profesores. Finalmente se reportan algunos resultados de investigaciones desarrolladas en ese escenario de modelización.

Modelización y curriculum

Según Kaiser (2014), la importancia de la modelización a nivel internacional se ve reflejada en muchos curriculum nacionales, sin embargo, todavía no es claro cómo integrar la modelización en los procesos de enseñanza y aprendizaje. En el ámbito local (Argentina), y en coincidencia con lo observado por Kaiser, la modelización es mencionada en documentos curriculares destinados a la educación secundaria. Por ejemplo, en el Diseño Curricular para la Educación Secundaria de la Provincia de Córdoba se encuentran propuestas de situaciones de enseñanza relacionadas con la modelización, y se señala que el docente:

- Considerará la **modelización** para resolver problemas tanto externos como internos a la matemática. Además, propiciará el estudio de límites del modelo matemático para explicar un problema o fenómeno que se intenta resolver o explicar. Para que el estudiante pueda describir, analizar o predecir el fenómeno de la realidad modelado (por ejemplo, fenómenos sociales y/o naturales) mediante la matemática puesta en juego, se requiere que los estudiantes observen la realidad; la describan en forma simplificada; construyan un modelo; trabajen matemáticamente con él para arribar a resultados y conclusiones matemáticas; interpreten los resultados; evalúen la validez del modelo para poder explicar esa realidad.
- Incluirá problemas que se modelen matemáticamente para el **tratamiento del álgebra**, acudiendo a generalizaciones y contemplando una perspectiva amplia del álgebra como instrumento de modelización. Desde esta postura, las variables, ecuaciones y funciones, son instrumentos de modelización de problemas desde dentro y fuera de la matemática. Su visión como instrumento de modelización, implica que el docente deberá proponer tareas que apunten a cada uno de los pasos de la modelización matemática: identificación y designación de variables que caracterizan el sistema a modelizar, establecimiento de relaciones entre variables, trabajo a partir de expresiones simbólicas que permiten conocer el sistema modelado, interpretación y aplicación del trabajo realizado con el modelo algebraico. (Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba, 2011, p. 48, énfasis en el original).

En el primer ítem se destaca la propuesta de trabajar tanto con modelización intra-matemática como extra-matemática. Asimismo, se menciona el estudio de los límites de un modelo para explicar un determinado fenómeno de la realidad, y se explicitan las fases de un proceso de modelización. En el segundo ítem, el proceso de modelización se vincula más

¹ Para evitar repeticiones, a veces se usa “modelización” en lugar de “modelización matemática”.

² De no mediar una aclaración, “estudiantes” se refiere siempre a “futuros profesores”.

específicamente al álgebra como instrumento privilegiado para modelizar y se especifica la necesidad de proponer tareas que den cuenta de las fases del proceso para ese caso particular.

Ante las propuestas de enseñanza como las que se acaban de citar, cabe preguntarse, ¿qué perspectiva de modelización subyace en las mismas? Por un lado, el proceso de modelización es visto en estos diseños curriculares como un *vehículo* para aprender matemática (Julie y Mudaly, 2007), lo que se busca es ofrecer aplicaciones de contenidos matemáticos ya estudiados. Aquí puede verse que se denomina modelización al uso de modelos ya creados para resolver ciertos problemas reales. En estos casos estamos en presencia de la aplicación de un modelo matemático ya estudiando que resulta adecuado para resolver un problema. Se trata de lo que Muller y Burkhardt (2007) denominan *aplicaciones ilustrativas*.

Por otro lado, se pone de manifiesto una postura que busca que los estudiantes se adentren en un proceso de modelización y sean creadores de modelos para fenómenos de la realidad. El desarrollo de este proceso en clases de matemática promueve lo que Muller y Burkhardt (2007) denominan *modelización activa*. Estos autores afirman que en este caso puede existir una variedad de herramientas matemáticas útiles para dar cuenta del problema y que elegir las y usarlas apropiadamente es el mayor desafío para los estudiantes. En este caso, interesa la modelización en sí, como actividad matemática y como *contenido* a ser abordado (Julie y Mudaly, 2007). Si se espera que los profesores lleven adelante procesos de modelización activa en sus clases, es necesario que ellos mismos vivan esa experiencia. En esta conferencia me voy a referir a este tipo de experiencia de modelización con futuros profesores de matemática.

Modelización y formación inicial de profesores de matemática

Los requerimientos de diseños curriculares para la educación secundaria en relación con la modelización –tales como los mostrados en la sección anterior–, la existencia de diferentes perspectivas asociadas a ese proceso y la variedad de tareas de modelización destinadas para clases de matemática (ver, por ejemplo, Villa-Ochoa, Castrillón-Yepes, A. y Sánchez-Cardona, 2017) plantean desafíos para la formación de futuros profesores. ¿Qué ambientes de aprendizaje es necesario crear en el ámbito de la formación inicial si se pretende que los futuros profesores tengan condiciones para dar cuenta de requerimientos curriculares en torno a la modelización? Estos desafíos también son mencionados en el contexto internacional y muchos investigadores manifiestan sus preocupaciones, propuestas y reflexiones en relación con la modelización matemática en la formación de futuros profesores.

Doerr (2007) afirma que es necesario que los futuros profesores encuentren “experiencias de modelización que proporcionen una variedad de contextos y herramientas y que los involucren en análisis de meta-nivel de su actividad de modelización” (p. 77). Niss, Blum y Galbraith (2007) enfatizan que, si se pretende que los profesores de matemática incluyan “aplicaciones y modelización en sus agendas de enseñanza de manera eficiente, exitosa y reflexiva, necesitan oportunidades para desarrollar esa capacidad durante su educación inicial y a través de actividades regulares de desarrollo profesional en servicio” (p. 7). Blum (2015) se refiere a la necesidad de proporcionar a los futuros profesores el conocimiento profesional necesario para llevar adelante actividades de modelización y desarrollar experiencias de enseñanza con modelización. Por su parte, Gastón y Lawrence (2015) sostienen que la formación de los futuros profesores debería incluir conocimientos acerca de qué es la modelización matemática, cómo puede ser incorporada en la enseñanza y cómo se pueden evaluar las actividades de modelización. Estos autores afirman que es deseable que los futuros profesores

ganen experiencia significativa con la modelización, sea a través de la realización de actividades de modelización en cursos de matemática, o a través de cursos específicos de modelización. Se puede decir que todos los autores presentados en esta revisión coinciden en la necesidad de ofrecer a los futuros profesores oportunidades para experimentar la modelización durante su formación inicial. La próxima sección presenta una propuesta para la formación inicial de profesores de matemática que pretende atender esa necesidad.

Un escenario de modelización para la formación de futuros profesores

Las recomendaciones de los expertos en relación a la formación de futuros profesores de matemática en torno a la modelización, e incluso la presencia formal de la modelización en los estándares locales para la formación de profesores no garantizan su tratamiento en el trayecto de la formación inicial. La realidad en nuestro contexto local, en particular, en el programa de formación de profesores en la UNC, está lejos de atender esos requerimientos. Los cursos disciplinares específicos de matemática ofrecen escasos ejemplos de aplicaciones de la matemática en la resolución de problemas extra-matemáticos y, además, se brinda poco (o ningún) espacio para la modelización activa.

Dadas las dificultades que significa intentar introducir cambios en los formatos pedagógicos y contenidos de los cursos de matemática que forman parte del plan de estudios del Profesorado en Matemática de la UNC, y a fin de ofrecer oportunidades de vivenciar experiencias con el proceso de modelización matemática, en 2010 decidimos crear un ambiente de aprendizaje especial, un *escenario de modelización*³, en el marco del curso de Didáctica de la Matemática (DM). Desde entonces hemos mantenido esta práctica y hoy en día este escenario de modelización matemática está consolidado.

El curso de DM tiene modalidad anual, se dicta en el tercer año del plan de estudios y se extiende por 30 semanas con dos clases de cuatro horas por semana. En este curso, se estudian diferentes tendencias en educación matemática: resolución de problemas, educación matemática crítica, uso de tecnologías en la educación, modelización matemática.

Nociones de modelo, modelo matemático y proceso de modelización matemática son debatidas en el curso. Las fases de un proceso de modelización matemática son descritas y discutidas con los estudiantes en base al trabajo de Bassanezi (2012). Según este autor, un proceso de modelización consta de varias fases. Comienza con la *selección de un tema o fenómeno del mundo real*⁴, que por algún motivo sea de interés, y continúa con la *formulación de problemas* o preguntas asociadas con el mismo. Posteriormente se inicia una búsqueda de datos o se diseña un experimento para obtenerlos (*experimentación*). Una fase de *abstracción* comienza cuando se seleccionan variables y se levantan hipótesis o conjeturas. Al traducir las preguntas o problemas enunciados en lenguaje natural para el lenguaje matemático, se inicia un proceso de *matematización* para obtener un modelo matemático. La aceptación o rechazo de tal modelo es la *validación*. Si el modelo es rechazado, puede comenzar una fase de *modificación* y un nuevo ciclo se inicia.

Una vez presentadas las fases de un proceso de modelización matemática, se muestran

³ La noción de *escenario de modelización* que aquí se emplea fue desarrollada por Esteley (2014).

⁴ Blum (2003) denomina *mundo real* a “todo lo que tiene que ver con la naturaleza, la sociedad o la cultura, incluyendo la vida cotidiana, así como la escuela y la universidad o disciplinas científicas y académicas diferentes de la matemática” (p. 152, traducción propia).

experiencias de actividades de modelización en diferentes contextos educativos y se resuelven varios problemas que requieren la creación de un modelo. Por último, se invita a los futuros profesores a que desarrollen sus propios proyectos de modelización, siguiendo las fases del proceso y utilizando libremente tecnologías digitales, si así lo desean. Para ello, se pide a los estudiantes que formen pequeños grupos y seleccionen un tema del mundo real de su interés, formulen problemas relacionados con este tema, seleccionen variables, planteen hipótesis, diseñen experimentos (si es necesario), busquen información, recopilen y procesen datos, resuelvan el problema y trabajen en una fase de validación.

Algunas de las actividades relacionadas con los proyectos de modelización son realizadas por los estudiantes de forma autónoma en horarios extra-clase. Los profesores de DM actúan como guías que pueden ayudar a formular o reformular los problemas, informar sobre posibles fuentes de datos y sugerir nuevas preguntas para que los estudiantes se involucren en procesos de modelización más complejos.

Al final del proceso, cada grupo escribe un informe y hace una presentación oral para toda la clase. Durante estas presentaciones, que duran unos 40 minutos, el resto de la clase hace preguntas y comentarios sobre el proyecto que está siendo presentado. En muchos casos, surgen discusiones sobre la modelización como parte de la futura tarea docente en la escuela, o reflexiones sobre el papel de la tecnología en el proceso de modelización. La ejecución de todas las actividades de modelización descritas anteriormente requiere aproximadamente seis semanas.

En síntesis, se puede decir que el escenario propuesto está caracterizado por: (a) la naturaleza abierta de los proyectos a desarrollar, debido a la libre elección de un tema del mundo real para estudiar y formular preguntas; (b) la ausencia de contenidos matemáticos predeterminados que deban ser enseñados, el foco está puesto en la modelización como una actividad matemática que merece ser enseñada en sí misma; (c) el carácter interdisciplinario del trabajo; (d) la promoción de la reflexión sobre la matemática, los modelos creados y el papel social de la matemática y la modelización; y (e) el dominio del proceso completo de modelización. Este escenario creado con fines educativos, también se tornó en un escenario a ser investigado. La próxima sección se refiere a este aspecto.

El escenario de modelización como escenario investigado

Las experiencias de modelización llevadas adelante en el escenario de modelización descrito en la sección anterior, se han registrado de diferentes maneras: informes finales escritos de los estudiantes, notas de campo durante las clases, vídeos de las presentaciones orales finales. Estas fuentes de datos nos han permitido desarrollar diferentes estudios en el periodo 2010-2016. En Villarreal, Esteley y Smith (2015) abordamos las siguientes preguntas de investigación: ¿qué contenidos matemáticos utilizan los futuros profesores en sus proyectos?, ¿qué tipo de temas eligen y por qué razones? y ¿qué dificultades u obstáculos experimentan durante el proceso de modelización? El estudio, se basó en 11 proyectos desarrollados por 41 estudiantes de las cohortes 2010, 2011 y 2012. La Tabla 1 muestra, de manera sintética, el tema de cada proyecto, el tipo de problemática abordada y el contenido matemático involucrado en cada uno.

El análisis reveló que la libre elección de un tema para iniciar un proyecto de modelización fue un obstáculo importante para los estudiantes, pero también fue posible constatar que la creación de escenarios de modelización en el curso de DM habilitó espacios de reflexión en torno al rol docente en tales escenarios.

Tabla 1

Problemáticas abordadas y contenidos matemáticos involucrados en los proyectos de modelización.

Proyectos de modelización de los futuros profesores	Problemática	Contenido matemático
Captación de agua en zonas secas	Socio-económica	Función de dos variables
Consumo de agua en el hogar Consumo de energía eléctrica en el hogar Basura y recolección de residuos reciclables	Ecológica	Estadística Estadística Funciones de proporcionalidad directa e inversa
Tiempo de espera en el comedor universitario Abastecimiento de gas en garrafas en una localidad rural Consumo de soja Transmisión genética y características humanas	Interés personal	Función lineal Función lineal Función lineal Probabilidad
Gastos de viaje escolar de fin de curso	Preocupación didáctica	Programación lineal
Juegos de lotería Recuperación de la inversión para un cierto negocio	Matemática	Probabilidad Funciones exp y log

Fuente: elaboración propia en base a resultados presentados en Villarreal, Esteley y Smith (2015).

En las sucesivas cohortes del curso de DM, a partir de 2010, fue posible observar que el uso de tecnologías digitales fue aumentando de manera significativa en los proyectos de modelización. Así, en Villarreal, Esteley y Smith (2018) se abordaron las siguientes cuestiones: ¿qué tecnologías seleccionan los futuros profesores para utilizar en sus proyectos de modelización, y con qué propósitos?, y ¿en qué fases del proceso de modelización el uso de tecnologías fue significativo? En este trabajo se analizaron 32 proyectos de modelización que involucraron a 108 estudiantes del Profesorado en Matemática a lo largo de siete cohortes consecutivas, entre 2010 y 2016.

Las tecnologías utilizadas en los proyectos se clasificaron en cuatro categorías: Internet, planillas de cálculo, software matemático (GeoGebra, Mathlab) y lenguajes de programación (Python y Octave). El uso de Internet se manifestó en el 75% de los proyectos, principalmente como fuente de datos e información relacionada con el tema elegido. Las planillas de cálculo se emplearon en el 56% de los proyectos. La Tabla 2 muestra una categorización de los propósitos de uso de Internet o planillas de cálculo, indicando la fase del proceso de modelización que se vio enriquecida por ese uso. La tabla pone en evidencia que las fases del proceso de modelización en las cuales estas tecnologías resultaron más significativas fueron las fases de experimentación y de matematización.

El software matemático y los lenguajes de programación se utilizaron principalmente en la fase de matematización y no se crearon categorías específicas ya que los propósitos de uso estaban relacionados con el tema particular de cada proyecto.

Tabla 2

Categorías de usos de Internet y planillas de cálculo y fases del proceso de modelización.

Tipo de tecnología	Propósitos de uso (fase del proceso de modelización)
Internet	Buscar datos o información para iniciar la construcción del modelo (Formulación-Experimentación). Seleccionar variables (Abstracción). Formular o reformular el problema (Formulación-Modificación). Generar datos usando aplicaciones on-line (Experimentación). Validar el modelo (Validación).
Planilla de cálculo	Mostrar datos usando tablas o diferentes tipos de representación gráfica para comunicar resultados (Matematización). Realizar cálculos sencillos utilizando las prestaciones automáticas de las planillas de cálculo (Matematización). Programar funciones personalizadas utilizando las funciones originales de la planilla para realizar cálculos de una manera más eficiente, ejecutar simulaciones o aplicar el modelo creado (Matematización - Validación).

Fuente: elaboración propia en base a resultados presentados en Villarreal, Esteley y Smith (2018).

En los dos artículos aquí citados (Villarreal, Esteley y Smith, 2015, 2018) pueden verse análisis detallados de algunos de los proyectos desarrollados por los estudiantes.

En los años 2017 y 2018, nuevos proyectos de modelización fueron desarrollados por los futuros profesores que cursaban DM. En particular, en 2018, solicitamos a los estudiantes que manifestaran qué habían aprendido durante el proceso. Los futuros profesores reconocían haber aprendido a aplicar contenidos matemáticos ya conocidos y que eso les había permitido dar sentido a esos contenidos (por ejemplo: grafos o regresión lineal). También señalaron como aprendizajes: el manejo de datos de la realidad, el empleo de prestaciones de programación en las planillas de cálculo y la aplicación de lenguajes de programación. Todos los grupos destacaron sus aprendizajes en torno a los temas específicos elegidos (recorridos en parques nacionales de la Patagonia argentina, termotanques solares, autos eléctricos, aborto inducido, viajes en Argentina). En el caso del proyecto dedicado al aborto, la pregunta formulada fue: ¿Cuántos abortos inducidos se producen por año en Argentina? La complejidad de la misma condujo hacia el estudio de un modelo ya existente que presenta la construcción de un multiplicador que es utilizado para estimar el número “real” de abortos a partir de datos proporcionados por hospitales y encuestas a agentes de salud. Así, en el escenario de modelización en el marco de DM, no solo se crearon modelos, sino que también se estudiaron y aplicaron modelos creados por otros.

Concluido el curso de DM, al año siguiente, los estudiantes cursan la materia llamada *Metodología y Práctica de la Enseñanza*, en el marco de la cual desarrollarán sus primeras prácticas docentes en la escuela secundaria. Algunos de los estudiantes que en el año anterior han vivenciado la experiencia de un proyecto de modelización, tendrán la posibilidad de diseñar e implementar propuestas didácticas de modelización en escuelas secundarias. Este es un segundo escenario de modelización para los futuros profesores. Debido a limitaciones de espacio no es posible extenderse en el análisis de este segundo escenario, pero algunos resultados pueden verse

en Villarreal y Esteley (2017); Smith, Esteley y Villarreal (2013); Villarreal y Mina (2013).

Reflexiones finales

Algunos de los proyectos de modelización llevados a cabo por los futuros profesores y sus reflexiones, expresadas durante las presentaciones orales o escritas en el informe final, son evidencia de experiencias transformadoras. En particular, algunos estudiantes dieron sentido a la experiencia previendo posibles implicaciones para su futuro como profesores, tal es el caso de dos estudiantes que, en las conclusiones de su trabajo, escribieron:

Consideramos que es muy importante haber experimentado el proceso de modelización ya que nuestras experiencias personales influirán en la forma en que seremos como profesores en el futuro. Al experimentarlo, sentimos y vivimos el proceso como lo harían nuestros futuros alumnos, y este hecho nos convenció de que la modelización matemática puede ser implementada como una estrategia pedagógica.

La experiencia vivida por los estudiantes les permitió visualizar que la modelización podría ser una propuesta pedagógica en su futuro como profesores. Mientras tanto, también es importante reconocer que no todos los estudiantes vivieron una experiencia transformadora en el escenario de modelización creado en DM. En estos casos, podía observarse que los estudiantes no se involucraban en sus proyectos de modelización.

Diferentes razones pueden explicar estas situaciones: gran demanda de tiempo, dificultad para seleccionar un tema de interés y plantear problemas relacionados con él, dificultad para trabajar en colaboración con colegas. Asimismo, la ausencia de aplicaciones y actividades de modelización extra-matemáticas en los cursos de matemática y el escaso uso de tecnologías en la carrera del Profesorado en Matemática podrían actuar como barreras para la propuesta. Es posible que muchos estudiantes no estuvieran convencidos de la relevancia de la modelización y de la importancia de las tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, o quizás los profesores no fuimos capaces de hacer evidente la esencia de esta propuesta abierta y guiarlos hacia un proceso exitoso.

Es importante reconocer también, que el tipo de actividad de modelización propuesto quizás significa un salto en relación a las actividades matemáticas a las que los estudiantes están acostumbrados. Tal vez sea necesario desarrollar previamente pequeños proyectos, más acotados y sencillos, que aborden las distintas fases de un proceso de modelización de manera más gradual y que preparen el camino para luego poder abordar proyectos de modelización completos. Tal como lo señalan Villa-Ochoa, Castrillón-Yepes, A. y Sánchez-Cardona (2017), los tipos de tareas de modelización matemática recorren un abanico de posibilidades, del cual los proyectos abiertos es solo uno.

A pesar de las dificultades mencionadas, y en base a la evidencia positiva obtenida a lo largo de estos años, puede afirmarse que la implementación de actividades de modelización y el uso de tecnologías proporcionan aportes significativos para la formación inicial, por muchas razones: pueden potenciar el aprendizaje de los estudiantes, pueden contribuir a una educación inclusiva y pueden hacer que los futuros profesores sean sensibles hacia diferentes maneras de dar sentido a la matemática.

Referencias y bibliografía

Bassanezi, R. (2012). *Temas y modelos*. Campinas, Brasil: UFABC.

Blum, M. (2015). Quality teaching of mathematical modelling: what do we know, what can we do? En

- S.J. Cho (Ed.), *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 73-96). Cham: Springer.
- Blum, W. (2003). ICMI Study 14: Applications and modelling in mathematics education—discussion document. *Educational Studies in Mathematics*, 51(1–2), 149–171.
- Doerr, H. M. (2007). What knowledge do teachers need for teaching mathematics through applications and modelling? En W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study* (pp. 69–78). New York: Springer.
- Esteley, C. (2014). *Desarrollo profesional en escenarios de modelización matemática: voces y sentidos*. (Tesis doctoral). Facultad de Filosofía y Humanidades - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de: https://ffyh.unc.edu.ar/editorial/wp-content/uploads/sites/5/2013/05/EBOOK_ESTELEY.pdf
- Gastón, J., & Lawrence, B. (2015). Supporting teachers' learning about mathematical modeling. *Journal of Mathematics Research*, 7(4), 1–11.
- Julie, C., & Mudaly, V. (2007). Mathematical modelling of social issues in school mathematics in South Africa. En W. Blum, P. Galbraith, H.-W. Henn, M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study* (pp. 503–510). New York: Springer.
- Kaiser, G. (2014). Mathematical modelling and applications in education. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 396-403). New York: Springer.
- Ministerio de Educación del Gobierno de la Provincia de Córdoba (2011). *Diseño Curricular. Ciclo Básico de la Educación Secundaria*. Recuperado de: <http://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/EducacionSecundaria/DiseniosCurricSec-v2.php>
- Muller, E. & Burkhardt, H. (2007). Applications and modelling for mathematics. En W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education - The 14th ICMI Study* (pp. 267-274). New York: Springer.
- Niss, M.; Blum, W & Galbraith, P. (2007). Introduction. En W. Blum, P. Galbraith, H.-W. Henn, M. Niss (Eds.) *Modelling and Applications in Mathematics Education. The 14th ICMI Study* (pp. 3-32). New York: Springer.
- Smith, S.; Esteley, C. & Villarreal, M. (2013) Modelización matemática en la formación de futuros profesores: desarrollo de proyectos y prácticas profesionales docentes con modelización. *Actas del VII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática*. Montevideo. p. 4526-4535.
- Villa-Ochoa, J., Castrillón-Yepes, A. & Sánchez-Cardona, J. (2017). Tipos de tareas de modelación para la clase de matemática. *Espaço Plural*, Año XVIII, 36, 219-251.
- Villarreal, M., & Esteley, C. (2017). Futuros profesores de matemática: narrativas de sus primeras prácticas en escenarios de modelización. En D. Fregona, S. Smith, M. Villarreal, F. Viola (Eds.). *Formación de profesores que enseñan matemática y prácticas educativas en diferentes escenarios. Aportes para la Educación Matemática* (pp. 25-50). Córdoba: FAMA-UNC.
- Villarreal, M., Esteley, C., & Smith, S. (2018). Pre-service teachers' experiences within modelling scenarios enriched by digital technologies. *ZDM Mathematics Education*, 50(1-2): 327-341.
- Villarreal, M.; Esteley, M. & Smith, S. (2015) Pre-service mathematics teachers' experiences in modelling projects from a socio-critical modelling perspective. En Stillman, G.; Blum, W. y Biembengut, M. (Eds). *Mathematical Modelling in Education Research and Practice. Cultural, Social and Cognitive Influences* (pp. 567-578). Cham: Springer.
- Villarreal, M. & Mina, M. (2013). Modelización en la formación inicial de profesores de matemática. *Actas de la VIII Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática*. 16 páginas.