

## ALGUNAS REFLEXIONES ACERCA DE LA MODELACIÓN Y LA FORMACIÓN MATEMÁTICA EN EL NIVEL SUPERIOR

**Milton Rosa, Arnaldo Mendible; Ruth Rodríguez; Jaime Arrieta, Jhony A. Villa-Ochoa**

Universidade Federal de Ouro Preto. (Brasil)

Universidad de Antioquia. (Colombia)

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (México)

Universidad Autónoma de Guerrero, (México)

Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada. (Venezuela)

milton@cead.ufop.br; arnmen2005@yahoo.com; ruthrdz@itesm.mx; jaime.arrieta@gmail.com;

jhony.villa@udea.edu.co

**Palabras clave:** modelación matemática, necesidades de formación

**Key words:** mathematical modelling, training needs in mathematics

### RESUMEN

En las últimas tres décadas la modelación en Educación Matemática viene consolidándose como un dominio de investigación que se preocupa por la formación matemática de los estudiantes en los distintos niveles de escolaridad. El presente artículo recoge algunas reflexiones, experiencias e investigación que sus autores han desarrollado cuando indagan por la modelación matemática en la formación matemática en el nivel universitario. Para ello, se harán explícitas algunas necesidades, dimensiones y tipos de contextos, situaciones o fenómenos que pueden generar procesos de modelación acordes con los requerimientos que emergen de los programas de formación de algunos profesionales. Finalmente se presentan algunos desafíos para futuras investigaciones.

### ABSTRACT

In the last three decades, modeling on mathematics education has been consolidating as a domain of research that is concerned with the mathematical training of students at various educational levels. This article describes some reflections, experiences and research that the authors have developed when inquire by mathematical modeling in mathematics education at university level. To do this, some needs, dimensions and types of contexts, situations or phenomena that can generate modeling processes consistent with the emerging requirements of training programs make explicit some professionals. Finally some challenges for future research are presented.

## ■ Introducción

En la literatura internacional existe un amplio debate frente a las implicaciones que tiene el aprendizaje de las matemáticas cuando los estudiantes, en los diferentes niveles escolares, se ven involucrados en ambientes de modelación matemática. La discusión frente a los enfoques que deben permear la formación matemática en programas de formación de profesores, de ingenieros, administradores y otros profesionales sigue en aumento a medida que nuevos requerimientos van surgiendo en el desempeño laboral de estos profesionales. Así por ejemplo, Sunthonkanokpong (2011) ha argumentado que los ingenieros del futuro han de ser aprendices a lo largo de la vida y deben poseer habilidades para delimitar y resolver problemas, tanto como para ponerlos en contextos socio-técnicos y operacionales; por su parte, las demandas impuestas por el entorno social a los estudiantes, sugiere la formación de un profesor de matemáticas capaz de identificar situaciones propias del contexto de los estudiantes y proveer estrategias para solucionar, diseñar y resolver problemas que sean significativos para ellos (Villa-Ochoa y López, 2011).

El presente documento recoge algunas reflexiones, experiencias e investigación que sus autores han desarrollado cuando indagan por la modelación matemática en la formación matemática en el nivel universitario. Aspectos como la dimensión crítica de la modelación matemática, el papel mediador de la tecnología y la modelación en el aprendizaje de la matemática, serán temas abordados en este documento; de igual manera, la preocupación por los contextos/situaciones/fenómenos/ o problemas que pueden estudiarse en el aula de clase de matemáticas será otra de las cuestiones que se derivaran de los aportes presentados en este documento.

## ■ Modelación matemática en la formación de los ingenieros

En los últimos años, diversos estudios se han enfocado en repensar la formación de los ingenieros de tal manera que se desarrollen en los estudiantes no solo competencias de naturaleza matemática sino también otra índole, por ejemplo: *colaborativas, de comunicación, de pensamiento holístico* (Fisher, 2001; Rodríguez y Bourguet, 2014); *de aplicación* (Bourn & Neal, 2008). Para todo ello, es necesario tomar en cuenta las prácticas de modelación de los ingenieros en sus áreas de especialidad y, eventualmente, en el día a día de su profesión.

En sus diferentes trabajos, Rodríguez (2010, 2013) ha indagado por los avances de la investigación en el estudio de las prácticas de diversas ramas de la Ingeniería, de tal forma que eso permita entender la modelación realizada por profesionales y posteriormente a partir de éstas poder diseñar y proponer secuencias de aprendizaje para la clase de Matemáticas que permita al alumno no solo construir significados de los objetos matemáticos en juego sino que además le permita desarrollar habilidades transversales e importantes en su formación tales como comunicación, negociación, pensamiento crítico, resolución de problemas, de innovación y de uso eficiente de la tecnología (Rodríguez, Quiroz e Illanes, 2013).

En particular en Rodríguez (2013) se describe la manera en que se ha decidido diseñar actividades de aprendizaje en el aula que permitan al alumno, en un primer momento, trabajar o manipular una “realidad” y posteriormente matematizar a partir de ésta. Las maneras en que esta investigadora y su equipo de trabajo han indagado por la manipulación física o computacional ha sido a través de la

experimentación con sensores de temperatura, voltaje y movimiento los cuales a través de una conexión con una calculadora graficadora permiten al alumno “ver” cómo fenómenos de naturaleza térmica, eléctrica y de movimiento producen una respuesta frente a la perturbación de sistemas físicos. La forma de “ver” el fenómeno a veces es de manera física (sentir como se calienta o enfría agua hirviendo); ver cómo se prende un foco en un circuito eléctrico o cómo se comporta un objeto suspendido a un resorte pero principalmente a través de una gráfica que muestra al alumno cómo varía una magnitud conforme avanza o cambia otra (generalmente el tiempo). En un primer momento el interés para Rodríguez (2013) y su equipo colaborador ha radicado en modelar fenómenos físicos debido a que una buena parte de los estudiantes estudian carreras donde entender estos fenómenos es de gran importancia. Por otro lado, cuando la experimentación en clase no es posible, se han decidido explorar también una serie de simulaciones generalmente libres en la red para estos propósitos (ejemplo: Phet de la Universidad de Colorado).

Como pueden observarse en los trabajos de Rodríguez, existe un interés en que la formación matemática de los futuros ingenieros (y en general otros profesionales) atienda a las necesidades estos los futuros profesionales; ello implica también poner atención a las disposiciones que tienen los profesores para promover el uso de la modelación en sus aulas de clase; en el siguiente apartado, se presentan algunas reflexiones frente a este aspecto.

#### ■ Algunos aspectos para el ejercicio docente a través de la modelación matemática

Uno de los aspectos que ocupan al docente de matemáticas, en cualquier área de formación profesional, es la búsqueda de estrategias y medios para usar y dar sentido a los conocimientos matemáticos descritos en los programas académicos. Sin embargo, como Mendible y Ortiz (2007a, 2007b) han argumentado, en esta búsqueda el docente puede enfrentarse a un conjunto de adversidades (económicas, tecnológicas, sociales, entre otras), frente a lo cual, en algunas ocasiones, conlleva a albergarse en prácticas expositivas y rutinarias derivadas en paradigmas tradicionales; contrarias a las ejemplificadas anteriormente por Rodríguez (2013).

Como alternativa frente a la situación anteriormente presentada, Mendible y Ortiz (2007a, 2007b) han sugerido la modelación matemática como filosofía de trabajo educativo, en la que la investigación se convierte en fuente de conocimiento práctico cuando se coloca al estudiante en contexto adecuado. Conforme se ha mencionado anteriormente, es necesario que los profesores e investigadores en educación matemática en carreras de ingeniería, administración, etc., tenga en cuenta las necesidades que los contextos locales y globales imponen a estos profesionales. En particular, los profesores están llamados a ambientar y diseñar estratégicamente sus cursos de tal manera que se reconozca algunas de las funciones principales, entre ellas, la Planificación (Prescripción), Administración (Ejecución) y Evaluación (Valoración) (Mendible y Ortiz, 2007b). Otros aspectos que han de tenerse en cuenta para el desarrollo de ambientes de modelación matemática son:

- Identificar las competencias fundamentales de esa carrera, contempladas en el perfil del egresado.
- Identificar las rutinas de trabajo que esas competencias poseen en el ámbito laboral.
- Realizar una indagación bibliográfica acerca de esas o algunas de esas rutinas convertidas en métodos.

- Compilar recursos y materiales útiles en esa labor.
- Recopilar diseños de modelos físicos y matemáticos, que el docente evalúa como pertinente al plan de cátedra.
- Presentar a los estudiantes, en forma de proyectos a ser desarrollados por ellos, la construcción de un modelo (físico o matemático).

Estos y otros aspectos han de conjugarse en los diferentes ambientes escolares en los cuales la modelación matemática cumpla ese papel de articulación entre las matemáticas y el futuro desempeño profesional (Mendible y Ortíz, 2007a). Más allá de los aspectos conceptuales, la modelación matemática en la formación profesional también puede atender a otros aspectos en relación con los contextos en los cuales se desenvuelve; en el siguiente apartado se discutirán aspectos de la dimensión crítica y reflexiva de la modelación matemática.

### ■ La dimensión crítica y reflexiva de la modelación en la enseñanza superior

En la Educación Superior, Rosa y Orey (2007) han señalado que es importante que el trabajo en modelación sea direccionado para:

- Comprender el significado de las situaciones problemas presentadas, para que los alumnos entiendan el conocimiento matemático como una herramienta para la comprensión de la resolución de los problemas que surgen en el día a día.
- La vinculación de la vida cotidiana de los alumnos en las actividades curriculares para que puedan verificarlas en los ambientes social, cultural, político, natural y económico en los cuales están inseridos.

El enfoque crítico y reflexivo de la modelación es importante para proporcionar reflexiones críticas sobre el papel de la elaboración de un modelo para la resolución de situaciones problemas que aquejan a la sociedad. Los principales objetivos de este enfoque son (Rosa, Reis, y Orey, 2012):

- Proporcionar a los estudiantes las herramientas educativas necesarias para que como ciudadanos en formación, sean capaces de actuar, modificar, cambiar y transformar la propia realidad.
- Iniciar el aprendizaje en matemáticas a partir del contexto sociocultural de los alumnos, proporcionándoles el desarrollo del razonamiento lógico y de la creatividad.
- Facilitar el aprendizaje de conceptos que ayuden a los alumnos a desarrollar el conocimiento matemático para que puedan comprender el contexto social, histórico y cultural en el cual están inmersos.

El uso de la dimensión crítica y reflexiva de la modelación en la enseñanza superior se basa en la comprensión y el entendimiento de la realidad en la que los estudiantes se colocan a través de la reflexión, el análisis y la acción crítica sobre esa realidad. Cuando se toman de la realidad los sistemas que existen dentro de ella, los alumnos comienzan a estudiarlos simbólicamente, sistemáticamente, analíticamente y críticamente (Rosa y Orey, 2003). En ese caso, partiendo de una determinada situación problema, los alumnos pueden hacer hipótesis, probarlas, corregirlas, hacer inferencias, generalizar, analizar, concluir y tomar decisiones sobre el objeto de estudio

Para que se produzca el conocimiento matemático, es importante que la modelación sea concebida como un entorno de aprendizaje en el que los estudiantes investiguen situaciones provenientes de la realidad. En ese entorno, se destaca la importancia de incluir las situaciones provenientes del cotidiano y de otras áreas del conocimiento (Rosa y Orey, 2003). Eso permite a los alumnos intervenir en la propia realidad con la obtención de una representación matemática de la situación estudiada por medio de debates críticos y reflexivos en la elaboración de los modelos matemáticos.

La dimensión crítica y reflexiva de la modelación matemática es un proceso que envuelve la interacción de la realidad y de las matemáticas a través de estrategias de enseñanza que permiten una acción pedagógica que busca ofrecer un análisis crítico de la realidad en la que están inseridos los alumnos. En esa concepción, la realidad sólo puede entenderse en una perspectiva holística, ya que el conocimiento matemático se origina a partir de la realidad y que para ella se direcciona, produciendo el ciclo *dambrosiano* de conocimiento (Rosa y Orey, 2007):

***Realidad → Individuo → Acción → Realidad***

El saber se construye contextualizado mientras surge de la experiencia, siendo reforzado por los significados de la cultura en la que están insertos los individuos. La dimensión crítica y reflexiva de la modelación de las matemáticas conduce a un tipo de aprendizaje que es una relación dialógica, porque la enseñanza y el aprendizaje tienen sus raíces en la inserción histórica de los profesores y los alumnos. Esos procesos tratan de desvendar el comportamiento individual, social y cultural de los elementos del grupo al resolver los problemas que se presentan en la vida cotidiana.

### ■ El rol de la modelación en la profesionalización del profesorado de matemáticas

Un aspecto que toma relevancia al analizar la modelación matemática en la formación universitaria tiene que ver con los argumentos por los cuales se debe incluir dicha práctica en las aulas de clase. En el campo de la formación profesores se pueden esgrimir al menos dos argumentos.

El primero de los argumentos está en relación con el contraste de la currícula de los niveles básico y secundario y la currícula de las instituciones que ofertan la formación de profesores. Así, en algunos países latinoamericanos han incorporado a la modelación en sus currícula de educación primaria y secundaria. Por ejemplo, el Ministerio de Educación Chileno ha considerado a la modelación como una de las cuatro habilidades básicas a desarrollar a lo largo de la escolaridad básica y secundaria (MINEDUC, 2013), en Colombia la modelación se asume como uno de los procesos que posibilita el desarrollo del pensamiento matemático (Ministerio de Educación Nacional, 2006) y en México, la Reforma de la Educación Secundaria establece que “cada estudiante interprete y explique procesos sociales, económicos, financieros, culturales y naturales para tomar decisiones individuales o colectivas que favorezcan a todos” (Secretaría de Educación Pública, 2011, p. 32). Sin embargo, es poca la evidencia que puede encontrarse acerca de las posibilidades que las instituciones que ofertan formación de profesorado de matemáticas hacen para incluir la modelación en sus currícula. Dos ejemplos son la licenciatura en educación primaria de las Escuelas Normales de México (SEP-DGESPE, 2012) y la licenciatura en Pedagogía en Matemáticas e Informática Educativa de la Universidad Católica Silva Henríquez de Chile, UCSH (UCSH, 2010).

El segundo argumento radica en torno a las competencias que exigen de los estudiantes diferentes organismos. Pisa plantea seis niveles de competencia matemática y es, en los últimos tres, donde se incluye la modelación explícitamente. Cuarto nivel: “los alumnos pueden trabajar con eficacia con modelos explícitos”. Quinto nivel: “los alumnos saben desarrollar modelos y trabajar con ellos en situaciones complejas”. Sexto nivel: “los alumnos saben formar conceptos, generalizar y utilizar información basada en investigaciones y modelos de situaciones de problemas complejos” (OECD, 2004, p. 47).

Los resultados de Pisa 2012 indican bajos resultados de los estudiantes en los países latinoamericanos; por tanto si se quiere acceder a los niveles más altos del nivel de competencias de Pisa el asunto de la incorporación de prácticas de modelación es clave. Pero ¿qué prácticas de modelación? Se han hecho esfuerzos en la dirección de vincular la vida cotidiana con el aula de matemáticas; pero, si queremos que la modelación corresponda a una aproximación que vincule la escuela con su entorno, nuestros estudios se deben centrar en las prácticas de modelación de diferentes comunidades, en las interacciones durante su ejercicio y las herramientas matemáticas que construyen y utilizan. En este sentido estudiamos las prácticas de modelación que médicos, ingenieros bioquímicos y otros profesionales realizan en el ejercicio de su profesión. Estos estudios son motivados por la intención de construir diseños de aprendizaje basados en estas prácticas y con posibilidades de integrarlas al aula de matemáticas.

Un ejemplo de ello es el estudio sobre prácticas de reproducción de microalgas para alimentación de camarón que ingenieros pesqueros ejercen en el noroeste de México (Ulloa, 2013). Con base en el estudio de esta práctica se elabora un diseño de aprendizaje basado en la modelación con ecuaciones diferenciales del crecimiento de dextrosa en el Instituto Tecnológico de Acapulco (Galicia y Arrieta, 2005). La “trasposición” de prácticas de modelación de la comunidad de profesionales a la escuela no es inmediata, pues la naturaleza misma de los contextos no permiten trasladar por ejemplo, las intenciones de la práctica. Los elementos que consideramos para esta “transposición” son las herramientas matemáticas que utilizan, los procedimientos que desarrollan, los argumentos que esgrimen y las intenciones.

Esta forma de abordar la modelación sugiere concebirla como una práctica que articula dos entidades, con la intención de intervenir en una de ellas a partir de la otra. La diversidad, tanto de las entidades que intervienen en la articulación como de la naturaleza de la intervención, hacen posible identificar a la modelación como una práctica recurrente en diferentes comunidades. En esta práctica el modelo no existe independiente de la actividad humana. Se manifiesta como modelo en tanto se usa para intervenir en otra entidad que, a partir de este momento, se llama lo modelado. Si bien la interacción con la entidad a modelar es necesaria, la suficiencia se logra con la intervención sobre ella, a partir de la actividad con el modelo. Es en esta intervención que se establece el acto de modelar. La articulación de diferentes modelos con el fenómeno, da lugar a redes de modelos que potencian la actividad humana para la intervención.

### ■ Consideraciones finales

Este artículo es un trabajo colectivo que recoge algunas reflexiones producidas por sus autores a través de la investigación en modelación matemática en la educación terciaria; en el documento se intenta reflejar intereses de investigación acordes a la diversidad de necesidades que se ubican en las nacionalidades de sus autores. En particular, este artículo ofrece cuatro aspectos fundamentales de la modelación matemática en la formación universitaria, a saber: (i) la atención sobre el rol de la modelación, la tecnología y la experimentación en la comprensión de las nociones matemáticas, (ii) aspectos que pueden tenerse en cuenta en el diseños de contextos didácticos con modelación, (iii) la dimensión crítica y reflexiva y (iv) la necesidad de “transponer” cierto tipo de prácticas de modelación a la formación de profesores de matemáticas. En suma, este artículo ofrece una mirada interesante sobre las necesidades de formación y los tipos de actividades que pueden llevarse a cabo a través de la modelación matemática en la diversidad de contextos nacionales.

Como se puede colegir de las aportaciones anteriores, existe una diversidad de situaciones/fenómenos/problemas que se proponen como punto de partida para la modelación. Así por ejemplo, el contexto de experimentación en otras disciplinas (e.g. Física) genera un ambiente propicio para fines educativos como el aprendizaje de conceptos matemáticos (e.g. las Ecuaciones diferenciales). De otro modo, contextos laborales asociados al que hacer de los futuros profesionales, se defienden como un aspecto importante cuando la modelación buscar articularse a las necesidades de formación de cierto tipo de profesionales. En contraste con ello, aceptar la diversidad de fenómenos, situaciones o problemas que los mismos estudiantes eligen según sus intereses sería un aspecto que produciría maneras diversas de desarrollar la modelación matemática y pondría de relieve una dimensión crítica y reflexiva en la que se valora el rol de las matemáticas en la sociedad. Finalmente, también se llama la atención en el hecho que el análisis de prácticas de modelación de otros profesionales puede defenderse como una herramienta para que profesores de matemáticas reconozcan en ellas una manera de comprender, a través de las prácticas, la manera en que la matemática puede apuntar al resolver problemas de otros profesionales.

En consecuencia, muchas preguntas continúan abiertas o con aproximaciones que no son suficientes para determinar maneras de actuación con modelación matemática en el aula de clase, por tanto, se requiere de más investigación al respecto. De manera particular, cuestionamientos frente a la manera la modelación matemática se articula a las necesidades de formación de los futuros profesionales sigue siendo vigente y se requiere de más ejemplos que develen las posibilidades, limitaciones y modos de implementación de la modelación en la formación matemática en los niveles universitarios. Adicionalmente, la investigación centrada en dicha articulación, requiere tener presente la diversidad de requerimientos que la sociedad impone a los profesionales, de ese modo, la investigación ha de proporcionar mayores aproximaciones y comprensiones situadas en la realidad nacional, social y cultural de los profesionales.

### ■ Referencias bibliográficas

- Bourn, D. & Neal, I. (2008). *The Global Engineer. Incorporating global skills within UK Higher Education of Engineers*. Engineers against Poverty. Leading Education and Social Research. Institute of Education. University of London.
- Fisher, D. (2001). *Lessons in Mathematics: a Dynamic Approach*. Recuperado en: [http://www.iseesystems.com/store/college\\_university/MathBook.aspx](http://www.iseesystems.com/store/college_university/MathBook.aspx)
- Galicia, A. y Arrieta, J. (2005). Modelación de la evolución de la levadura: un estudio de las prácticas sociales del ingeniero bioquímico. En J. Lezama; M. Sánchez; J.G. Molina (Eds.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 18, (pp. 503-509). México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C.
- INEE, (2012). México en Pisa 2012. Resumen ejecutivo. Recuperado el 8 de marzo de 2013 de: [http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/11149/1/images/Mexico\\_PISA\\_2012\\_Resumen\\_Ejecutivo.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/11149/1/images/Mexico_PISA_2012_Resumen_Ejecutivo.pdf)
- Mendible, A. y Ortiz, J. (2007a). Estudiantes de ingeniería y Competencias en Modelización Matemática. Una aproximación crítica al estado del arte. En J. Ortiz y M. Iglesias (Eds), *Memorias del VI Congreso Venezolano de Educación Matemática* (pp. 605-614). Maracay: ASOVEMAT.
- Mendible, A. y Ortiz, J. (2007b). Modelización Matemática en la Formación de Ingenieros. La Importancia del Contexto. *Enseñanza de la Matemática*, 12-16 (Número Extraordinario), 133-150.
- MINEDUC, (2013). *Programas de Estudio de Enseñanza Básica y Media*. Recuperado el 8 de marzo de 2013 de: [http://www.mineduc.cl/index5\\_int.php?id\\_portal=47&id\\_contenido=17116&id\\_seccion=3264&c=10](http://www.mineduc.cl/index5_int.php?id_portal=47&id_contenido=17116&id_seccion=3264&c=10)
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2006). *Estándares Básicos de Competencias*. Bogotá: Magisterio
- OECD (2004). *Learning for tomorrow's world: First result from PISA 2003*. París: OECD.
- Secretaría de Educación Pública (2011). *Plan de estudios 2011*, Educación Básica. Recuperado el 8 de marzo de 2013 de [http://basica.sep.gob.mx/reformasecundaria/doc/programas/2011/plan\\_estudios\\_2011\\_web.pdf](http://basica.sep.gob.mx/reformasecundaria/doc/programas/2011/plan_estudios_2011_web.pdf)
- Rodríguez, R. (2010). Aprendizaje y Enseñanza de la Modelación: el caso de las ecuaciones diferenciales. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 13 (4-I), 191-210. México.
- Rodríguez, R. (2013). Innovation in the Teaching of Mathematics for Engineers through Modeling and Technology: a Mexican Experience. *Proceedings of the American Society of Engineering Education (ASEE) International Forum*. Atlanta, GA: USA.
- Rodríguez, R. y Bourguet, R. (2014). Diseño interdisciplinario de Modelación Dinámica usando Ecuaciones Diferenciales y Simulación. *Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Education (LACCEI 2014)*. Guayaquil, Ecuador.
- Rodríguez, R., Quiroz, S. e Illanes, L. (2013). Competencias de modelación y uso de tecnología en Ecuaciones Diferenciales. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 26. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Rosa, M., y Orey, D. C. (2003). Vinho e queijo: etnomatemática e modelagem! *BOLEMA*, 16(20), 1-16.
- Rosa, M., y Orey, D. C. (2007). A dimensão crítica da modelagem matemática: ensinando para a eficiência sócio-crítica. *Revista Horizontes*, 25(2), 197-206.
- Rosa, M., Reis, F. S., y Orey, D. C. (2012). A modelagem matemática crítica nos cursos de formação de professores. *Acta Scientiae*, 14(2), 158-184.



- SEP -DEGESPE (2012). *Plan de estudios de la Licenciatura en Educación primaria 2012*. Recuperado el 8 de marzo de 2013 de [http://ens.edu.mx/archivos/ReformaCurricular/malla\\_curricularPreescolar.htm](http://ens.edu.mx/archivos/ReformaCurricular/malla_curricularPreescolar.htm).
- Sunthonkanokpong, W. (2011). Future global visions of engineering education. *Procedia Engineering*, 8, 160–164. Doi:10.1016/j.proeng.2011.03.029
- UCSH (2010). *Plan de estudios de la licenciatura en Pedagogía en Matemáticas e Informática Educativa*. Recuperado el 8 de marzo de 2013 de <http://ww3.ucsh.cl/resources/upload/605ae0b05b56a5a19fd19c7c97f61708.pdf>
- Ulloa, J. (2013). *Las prácticas de modelación y la construcción de lo exponencial en comunidades de profesionales: un estudio socioepistemológico*. Tesis doctoral no publicada. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN. México
- Villa-Ochoa, J. A., & López, C. M. J. (2011). Sense of reality through mathematical modelling. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp.701-711). New York: Springer.