

## **Competencia modelación matemática: concepciones y situación diagnóstica en carreras de Ingeniería**

### *Conceptions of Mathematical Modeling Competence, and a Diagnosis of its Situation in Engineering Degrees*

Jairo Ramón Beltrón Cedeño<sup>1\*</sup>

Lourdes María Hernández Rabell<sup>2</sup>

Teresa de Jesús Carrasco Jiménez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de La Habana «José Antonio Echeverría», ISPJAE, Cuba.

\*Autor para la correspondencia. jbeltron@utm.edu.ec

#### **RESUMEN**

Esta investigación tuvo como propósito determinar qué concepción de competencia, de competencia matemática y competencia modelación matemática debe asumirse en contextos de formación para carreras de ingeniería, a partir del análisis de diferentes posiciones y criterios afines de destacados investigadores en este campo. Asimismo, se presenta un diagnóstico del nivel de desarrollo de la competencia modelación matemática en los cursos de ingeniería en la Universidad Técnica de Manabí. Los resultados evidenciaron un bajo nivel de desarrollo de esta competencia en los estudiantes y un insuficiente tratamiento metodológico dado por los profesores para potenciarla. Esta investigación busca con intencionalidad el perfeccionamiento de la enseñanza de la matemática en estas carreras potenciando la competencia modelación matemática. Para ello se requieren de tareas docentes que favorezcan un aprendizaje desarrollador en ambientes flexibles, de colaboración e interactividad mediadas con recursos tecnológicos, que vinculen al estudiante a situaciones de la ingeniería a través de la modelación.

**Palabras clave:** didáctica de la matemática, diagnóstico, educación superior.

## **ABSTRACT**

*This research was aimed at determining what conception of competence, mathematical competence, and mathematical modeling competence should be adopted in engineering degrees, by examining different views thereon held by distinguished researchers in this field. A diagnosis of to what extent mathematical modeling competence is used in engineering courses at the Technical University of Manabí is made. The results showed that engineering students failed to have this competence to a large extent, and that professors didn't have the proper methodology to enhance it. This research was also aimed at improving mathematics teaching, by enhancing mathematical modeling competence. For this, teaching activities which help developmental learning in flexible, collaborative environments are needed, as well as technology-mediated interaction putting students in real-life engineering situations through modeling.*

**Keywords:** *didactics of mathematics, diagnosis, higher education, mathematical modeling.*

Aceptado: 14/10/2018

Recibido: 14/03/2019

## **INTRODUCCIÓN**

Fortalecer la preparación matemática en estudiantes de ingeniería constituye un desafío para las Instituciones de Educación Superior Latinoamericanas (IESL). Proyectos educativos en la primera década del siglo XXI dedicaron esfuerzos por mejorar la calidad de la educación a través de enfoques que propiciaran el desarrollo de competencias en los estudiantes. El proyecto europeo Tuning, buscando puntos comunes de referencia de la rica diversidad educativa europea y latinoamericana, así como el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (PISA-OCDE) son ejemplos de ello e involucran a no pocas universidades latinoamericanas.

La situación del aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas en las IESL es motivo de preocupación para profesores, directivos, organismos educativos y, muy particularmente, para los propios estudiantes que llegan a sentir frustración por los bajos índices que alcanzan.

Resultados obtenidos en evaluaciones internacionales del proyecto PISA, antes mencionado, que contó con la participación de 540 000 estudiantes de 72 países participantes, de ellos 8 latinoamericanos, y cuyo propósito fue la medición de competencias en tres asignaturas, entre ellas la Matemática, arrojaron que en todos los países

latinoamericanos que colaboraron los estudiantes presentan un rendimiento de competencias matemáticas por debajo del nivel promedio (490 puntos) de la OCDE (Beltrón *et al.*, 2017 y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE, 2018).

Ambas fuentes corroboran que hay dificultades latentes en el Proceso de Enseñanza Aprendizaje (PEA) de esta ciencia y en el nivel alcanzado de desarrollo de competencias matemáticas, lo que muestra una considerable dificultad no solo en su dominio por los estudiantes, sino también en su tratamiento por los profesores, pues no potencian las tareas docentes que se emplean en el PEA. En estudios realizados en países latinoamericanos existe una elevada proporción de estudiantes cuyo rendimiento está por debajo del nivel básico en Matemáticas. Esta situación incentivó a los autores de este trabajo a precisar y fundamentar las exigencias de qué concepción de competencia, de competencia matemática y de competencia modelación matemática deben asumirse en carreras de ingeniería para, una vez entendidas y aceptadas por la comunidad académica y dada la intencionalidad de la presente investigación, se pueda llegar en una etapa posterior a proponer vías adecuadas para incitar a los profesores a superarse en el camino de trabajarlas en las tareas que diseñan para sus clases de matemáticas e ingenierías. Esto es indispensable en el mundo actual, caracterizado por el desarrollo de la ciencia, la tecnología, lo cual repercute en situaciones problemáticas cotidianas, muchas de las cuales para ser resueltas se apoyan en la modelación a través del lenguaje matemático.

Por ser de interés especial en la presente investigación el estado que presentan los estudiantes de carreras de ingeniería en competencias matemáticas y, de manera particular, en la competencia modelación matemática en la Universidad Técnica de Manabí (UTM), Ecuador, el trabajo que se presenta refiere y fundamenta las concepciones de competencia asumidas.

## **DESARROLLO**

Las leyes y políticas públicas en países latinoamericanos buscan desarrollar las capacidades y potencialidades individuales y colectivas de sus ciudadanos; Cuba y Ecuador son ejemplo de ello. Si se trata de los estudios universitarios y, en particular, de la formación de ingenieros, se demanda que estos futuros profesionales sean creativos y capaces de aplicar los principales y más generales principios y conceptos de las ciencias básicas, dado que estas les proporcionan herramientas de trabajo y favorecen el pensamiento abstracto, lógico, algorítmico para que lleguen a ser competentes en su futuro desenvolvimiento como ingenieros.

Para alcanzar esta meta corresponde a los docentes un adecuado tratamiento para que, de forma intencional, trabajen en sus clases problemas y tareas docentes que favorezcan un mejor desempeño de los estudiantes.

La investigación que se lleva a cabo por los autores de este trabajo se ocupa de las competencias matemáticas que un profesional de este campo debe poseer en el camino de que aporten soluciones a los problemas que enfrentarán.

El proyecto Tuning en este segundo decenio del presente siglo identificó que es insuficiente la formación matemática, que no se contextualiza ni se aprovecha el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones para permitirles a los estudiantes llegar a ser ingenieros competentes, con un desempeño creativo que muestre que son capaces de emplear lo que esta importante ciencia les aporta.

Los llamados sílabos de carreras de ingenierías en Ecuador (conocidos como planes de estudio en otros países), con metodologías basadas en el logro de resultados de aprendizajes y apoyados en competencias, con el fin de contemplar las necesidades del sector laboral, declaran la necesidad de aplicar modelos matemáticos en la solución de problemas de su campo profesional, sin que esto se haya logrado.

En el contexto educativo y específicamente en el ámbito universitario, las competencias han adquirido una destacada importancia motivada por la elevación del nivel de exigencias hacia los trabajadores y los ciudadanos en general y la necesidad de aplicar la formación a lo largo de toda la vida, donde resulta determinante para los profesionales de estos tiempos la capacidad de aplicar los conocimientos a fin de solucionar situaciones y problemas profesionales concretos que surgen en el ejercicio de la profesión.

De esta manera, el término de competencias ha sido objeto de muy diversas interpretaciones. Las competencias, desde una vertiente académica e integradora, a criterios afines de varios autores (Martínez *et al.*, 2013; Tobón *et al.*, 2010; Urrutia, 2016), pueden ser comprendidas como configuraciones psicológicas y formas de actuación del sujeto que movilizan recursos cognoscitivos, metacognitivos y afectivos para lograr un desempeño real, eficiente e idóneo.

Por lo anterior expuesto, los autores de este trabajo asumen el término de competencias como formas de actuación del sujeto que involucra una configuración compleja, integrada por componentes cognitivos, metacognitivos, motivacionales y afectivos para abordar con desempeño deseable la solución problemas y situaciones que se demanden en contextos determinados.

Por otra parte, con el propósito de concebir las competencias matemáticas que deben asumirse en carreras de ingeniería, de acuerdo a la revisión bibliográfica revisada (García y Benítez, 2011; Guzmán, 2015; Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo de España (INECSE), 2005; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 2018; Universidad de Deusto, 2018), los componentes fundamentales que son afines para su formulación a criterio de investigadores en este ámbito y de organizaciones internacionales se resumen a continuación:

- Uso eficiente del conocimiento matemático.
- Pensar y razonar.
- Argumentar.
- Comunicar eficazmente.
- Modelar.
- Plantear y resolver problemas en una variedad de situaciones.
- Representar.
- Utilizar el lenguaje simbólico, formal y técnico.
- Usar herramientas y recursos propios.

A partir de estos elementos comunes, se considera que en la formación del ingeniero se debe concebir la competencia matemática como la actuación del sujeto para producir, interpretar y emplear el conocimiento matemático en la solución a los problemas que se presentan en una variedad de contextos y situaciones mediante la interacción de procesos matemáticos, tales como la representación, el razonamiento, la modelación, manipulación de problemas, el simbolismo y formalismo, uso de herramientas y recursos propios y comunicar con matemáticas y sobre las matemáticas.

Por otra parte, para el ingeniero en formación se debe potenciar, como afirman Mendible y Ortíz (2007), la competencia modelación matemática, por ser considerada una competencia profesional de innegable utilidad práctica en el diseño de ideas, dispositivos, sistemas, mecanismos, soluciones y alternativas. Además, se concuerda con el autor antes mencionado en el sentido que debe dotársele al estudiante de ingeniería desde su formación inicial de herramientas conceptuales y funcionales que contribuyan al manejo contextual de la modelación matemática vista como un proceso cíclico en el abordaje de una situación problema.

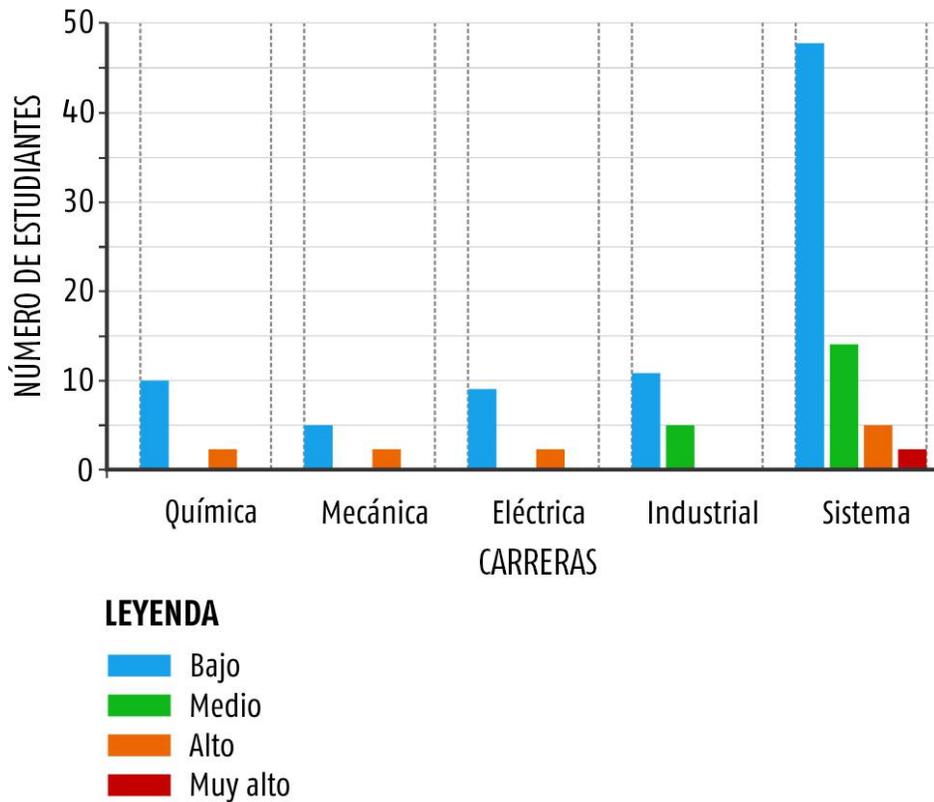
De acuerdo a la literatura revisada, la competencia modelación matemática ha sido concebida por distintos autores y organizaciones desde dos perspectivas: desde una posición científica (Bassanezi, 2002; Biembengut y Hein, 2004; Cervantes, 2015; Maldonado y Montenegro, 2013; Mendible y Ortíz, 2007; Villa y Ruíz, 2009) y como una estrategia didáctica en el aula (Bassanezi y Biembengut, 1997; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 2018; Plaza, 2016; Rodríguez, 2010; Rodríguez y Quiroz, 2016; Rodríguez *et al.*, 2013; Villa, 2007; Villa, 2013).

Ambas posiciones convergen hacia un punto en común al considerar que a través de esta competencia se propician ambientes propios de construcción matemática a través de la investigación, favoreciendo de esta

manera una formación matemática de alta calidad para ingenieros en la medida en que propicia un contexto científico en los estudiantes, en el que puedan indagar, observar, plantear o proponer, cuestionar, validar y comprobar, experimentar, conjeturar, generalizar, discutir, entre otros tantos aspectos que la ciencia genera.

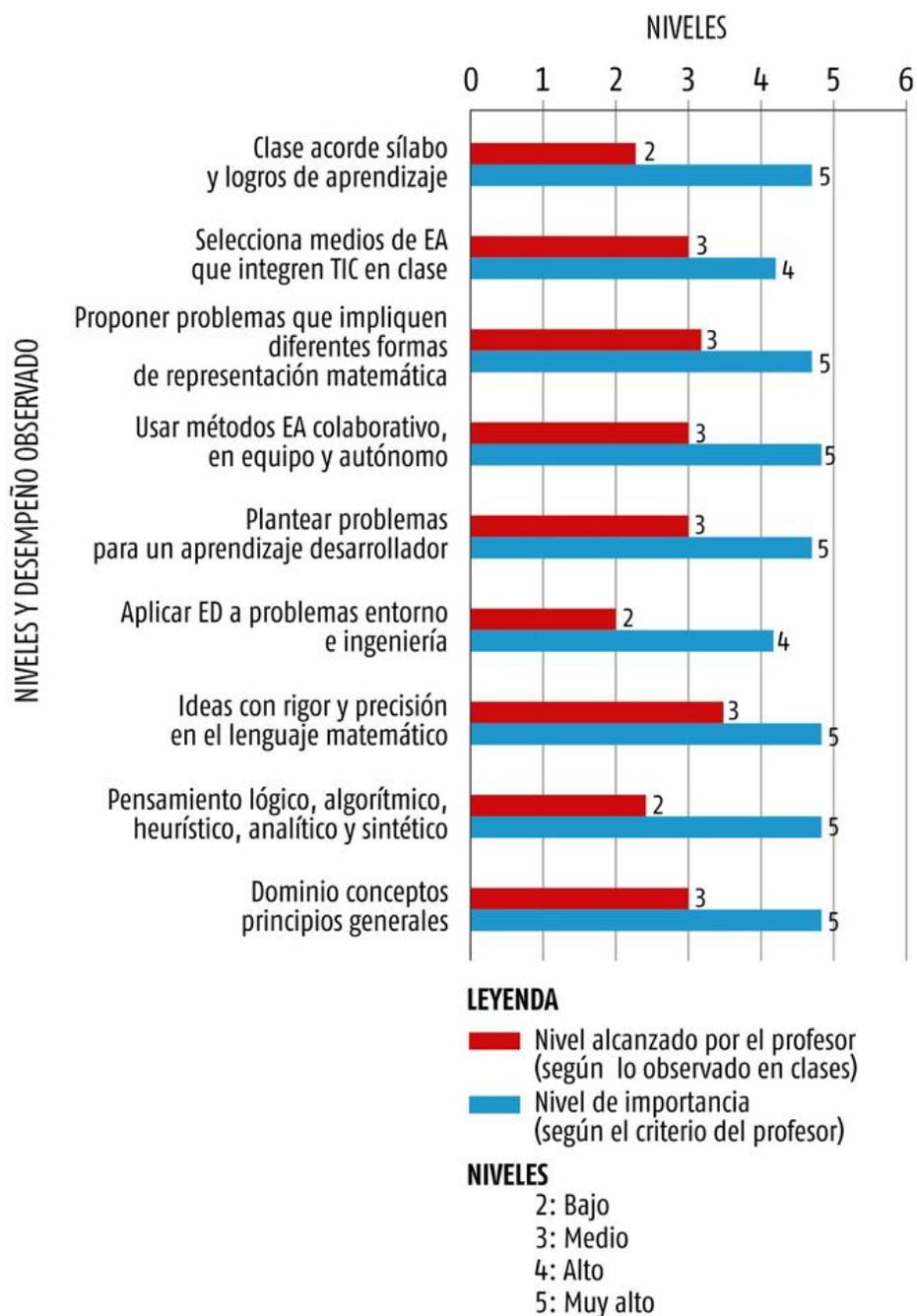
De acuerdo con lo anterior, es conveniente reflexionar los procesos de planeación y formación de ingenieros hacia una dirección que respondan con capacidad a las dinámicas demandadas en el siglo XXI. En consecuencia, la competencia modelación matemática ha de ser entendida como una forma de actuación que revela un componente cognitivo y dinámico que permite al ingeniero en formación generar un modelo matemático a partir de una situación o problema de un contexto concreto, empleando conocimientos y técnicas matemáticas apoyadas en la tecnología para estructurar la realidad, matematizar, validar el modelo y comunicarse a través del modelo y de la interpretación de sus resultados. Esta concepción es la que asumen los autores de este trabajo.

La competencia modelación matemática, a pesar de estar presente en los sílabos y logros de aprendizaje de las asignaturas de Matemática que se imparten en las diferentes carreras de ingeniería de la UTM, muestra, en los resultados de un estudio diagnóstico efectuado en el 2018 a un grupo de 103 estudiantes para constatar el estado actual en que se encuentra el desarrollo de esta competencia mediante pruebas diagnósticas aplicadas en distintos momentos, que más del 75 % de los estudiantes de estos cursos poseen un bajo nivel en el desarrollo de esta competencia (Figura 1).



**Figura 1.** Niveles logrados en estudiantes carreras de ingeniería-UTM.

Asimismo, se realizaron como complemento al diagnóstico encuestas a 18 profesores y observaciones en clases, con el fin de constatar el tratamiento metodológico empleado para el desarrollo de la competencia modelación matemática en las clases de Matemática a estudiantes de carreras de ingeniería. Resulta contradictorio que mientras el 70 % de los profesores da un grado muy alto de importancia a esta actividad, se aprecien cifras no significativas e insuficiente desempeño de los profesores durante las clases desde esta perspectiva, al no proponerse acciones encaminadas a propiciar el logro de un pensamiento lógico, analítico, sintético y a la resolución de problemas del entorno y la ingeniería mediante técnicas de modelados, como las ecuaciones diferenciales mediadas con recursos tecnológicos que conduzcan a la construcción de un modelo matemático. Estos resultados se reflejan en la Figura 2.



**Figura 2.** Valoración de indicadores considerados en el desarrollo de la competencia modelación matemática en carreras de ingeniería-UTM.

En tal sentido, los autores de este trabajo consideran que las emociones, motivación, creencias y actitudes implicadas durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Matemática no han propiciado el desarrollo de

la competencia modelación matemática, convirtiéndose en obstáculos para potenciarla. La responsabilidad en este caso para alcanzar el estado deseado corresponde a los profesores en su práctica pedagógica.

## CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica consultada permitió identificar desde distintas posiciones y criterios afines de los autores los componentes y atributos principales que fundamentaron las concepciones asumidas de competencias, de competencia matemática y de competencia modelación matemática en la presente investigación, para potenciar su desarrollo en la formación de ingenieros acorde a las crecientes exigencias de la sociedad del siglo XXI.

Se pudo constatar en el diagnóstico realizado del estado actual de desarrollo de la competencia modelación matemática en los cursos de matemáticas de las carreras de ingeniería que existen dificultades y limitaciones en el tratamiento metodológico dado por el profesor al desarrollo de esta competencia, considerada de gran utilidad práctica en la ingeniería.

Se contempla la necesidad de potenciar el desarrollo de la competencia modelación matemática en las carreras de ingeniería con tareas docentes interdisciplinarias que integren componentes motivacionales, cualidades y el perfil de formación del estudiante, favoreciendo la resolución de problemas de una situación concreta de la ingeniería, en ambientes de aprendizajes flexibles, colaborativos e interactivos mediados con la tecnología.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSANEZI, RODNEY (2002): *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*, Contexto, São Paulo.

BASSANEZI, RODNEY y MARÍA BIEMBENGUT (1997): «Modelación matemática: Una antigua forma de investigación un nuevo método de enseñanza», *NÚMEROS Revista de Didáctica de las Matemáticas*, n.º 32, diciembre, Tenerife, pp. 13-25.

BELTRÓN, JAIRO; TERESA DE JESÚS CARRASCO y LOURDES MARÍA HERNÁNDEZ (2017): «Competencias matemáticas en la resolución de problemas en carreras de ingeniería. Impacto social», *Revista Cubana de Ingeniería*, vol. 18, n.º 2, La Habana, mayo-agosto, pp. 52-59.

BIEMBENGUT, MARÍA y NELSON HEIN (2004): «Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática», *Educación Matemática*, vol. 16, n.º 2, <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40516206>> (2018-05-02).

- CERVANTES, LUCÍA (2015): *Modelización matemática. Principios y aplicaciones*, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Dirección de Fomento Editorial, Puebla.
- GARCÍA, MARTHA y ALMA BENÍTEZ (2011): «Competencias matemáticas desarrolladas en ambientes virtuales de aprendizaje: el caso de MOODLE», *Formación Universitaria*, vol. 4, n.º 3, pp. 31-42, <<https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v4n3/art05.pdf>> (2018-05-10).
- GUZMÁN, ANA (2015): «Competencias matemáticas, diseño y selección de tareas para el aprendizaje en ingeniería», ponencia, XIV CIAEM Conferencia Interamericana de Educación Matemática, mayo, CIAEM, México.
- INSTITUTO NACIONAL DE EVALUACIÓN Y CALIDAD DEL SISTEMA EDUCATIVO DE ESPAÑA (INECSE) (2005): *Informe PISA 2003, Pruebas de matemáticas y de solución de problemas*, Santillana, Madrid.
- MALDONADO, LUÍS y ALBERT MONTENEGRO (2013): «La espiral en la formación de la competencia del modelado», en Luís Maldonado y Albert Montenegro, *La espiral en la formación de la competencia del modelado*, Ediciones Fundación Universidad Central, Bogotá, pp. 75-96.
- MARTÍNEZ, GABRIEL; JUAN GARZA, ESTEBAN BÁEZ y ARNULFO TREVIÑO (2013): «Implementación y evaluación del Currículo Basado en Competencias para la formación de ingenieros», *Revista de Docencia Universitaria*, vol. 11, n.º 1, pp. 141-174, <<https://dialnet.unirioja.es/revista/12366/V/11>> (2018-05-18).
- MENDIBLE, ARNALDO y JOSÉ ORTÍZ (2007): «Modelización Matemática en la formación de ingenieros. La importancia del contexto», *Enseñanza de la Matemática*, vol. 12-16, n.º 1, Valencia, pp. 133-150.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE) (2018): *Competencias en Iberoamérica: Análisis de PISA 2015*, Fundación Santillana, Bogotá.
- PLAZA, LUIS (2016): «Modelación matemática en ingeniería», *IE Revista de Investigación Educativa de la Rediech*, vol. 7, n.º 13, octubre, Chihuahua, pp. 47-57.
- RODRÍGUEZ, RUTH (2010): «Aprendizaje y enseñanza de la modelación: el caso de las ecuaciones», *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, vol. 13, n.º 4, pp. 191-210, <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33529137013>> (2018-07-05).
- RODRÍGUEZ, RUTH y SAMANTHA QUIROZ (2016): «El papel de la tecnología en el proceso de modelación matemática para la enseñanza de las ecuaciones diferenciales», *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, vol. 19, n.º 1, Ciudad de México, pp. 99-124.
- RODRÍGUEZ, RUTH; SAMANTHA QUIROZ y LORENA ILLANES (2013): «Competencias de modelación y uso de tecnología en ecuaciones diferenciales», ponencia, Acta latinoamericana e Matemática Educativa 26, Comité Latinoamericano de Matemática Educativa, México.

- TOBÓN, SERGIO; JULIO PIMIENTA y JUAN GARCÍA (2010): *Secuencias Didácticas: Aprendizaje y evaluación de competencias*, Pearson Educación, México.
- UNIVERSIDAD DE DEUSTO (2018): «Competences», <<http://www.unideusto.org/tuningeu/competences.html>> (2018-05-18).
- URRUTIA, IDANIA (2016): «Formación por Competencias», en T. Ortiz y T. Sanz, *Formación por Competencias*, Editorial UH, La Habana, pp. 193-222.
- VILLA, JHONY (2007): «La modelación como proceso en el aula de matemáticas. Un marco de referencia y un ejemplo», *Tecno Lógicas*, n.º 19, Medellín, pp. 63-85.
- VILLA, JHONY (2013): «Situaciones de modelización matemática», ponencia, I Congreso de Educación Matemática de América Central y el Caribe, Santo Domingo, República Dominicana, noviembre.
- VILLA, JHONY y HÉCTOR RUÍZ (2009): «Modelación en educación matemática: una mirada desde los lineamientos y estándares curriculares colombianos», *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, n.º 27, <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194215432007>> (2018-05-07).