

# ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS ECUACIONES DIFERENCIALES: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

*Sara Marcela Henao Saldarriaga, Flor Monserrat Rodríguez Vásquez*

## **Resumen**

En este escrito se presenta un estado del arte sobre la enseñanza y aprendizaje de las ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO), con el objetivo de caracterizarlas en diferentes contextos dentro de la investigación en educación matemática. Recurrimos a la metodología de revisión bibliográfica y al análisis crítico sobre los documentos elegidos. Los resultados de la revisión bibliográfica muestran que las EDO tienen un alto impacto en la investigación sobre modelación en educación matemática. Sin embargo, existe la necesidad de investigaciones que reflejen la naturaleza de las EDO para el beneficio de la enseñanza y aprendizaje de las mismas, es decir, la necesidad de investigaciones que muestren aspectos históricos y epistemológicos de las EDO.

**Palabras clave:** ecuaciones diferenciales ordinarias, modelación, registros de representación.

## **Introducción**

Diversas investigaciones muestran que existen dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las EDO no solo de carácter conceptual sino de carácter procedimental (Guerrero, Camacho, y Mejía, 2010; Arslan, 2010). A fin de solventar estas dificultades, se han realizado investigaciones que reportan estrategias para resolverlas exitosamente. Particularmente, algunos investigadores en el campo de la Educación Matemática se han dedicado a estudiar diversos enfoques para su enseñanza. Por ejemplo, es posible identificar algunas tendencias en las propuestas de investigación, entre las cuales se encuentra: i) investigaciones que vinculan la modelación y el uso de tecnologías en el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales (Rasmussen & King, 2000; Chaachoua & Saglam, 2006; Ortigoza (2007); Rodríguez, 2010), y; ii) investigaciones que utilizan los diferentes registros de representación como recursos en el proceso de enseñanza aprendizaje de este concepto (Habre, 2000; Ju & Kwno, 2007; Habre, 2012).

Las EDO, con frecuencia describen el comportamiento de algún sistema o fenómeno de la vida, dicha descripción matemática es lo que suele llamarse un modelo matemático. Por ejemplo, existen modelos que describen el comportamiento de ecosistemas estudiando su crecimiento poblacional o modelos para fechar fósiles analizando la desintegración de una sustancia radiactiva en el fósil o en el estrato en donde se encontraba. En este contexto, el del modelado de fenómenos físicos, es donde precisamente tienen su origen las ecuaciones diferenciales hacia finales del siglo XVI y principios del XVII. Sin embargo, una de las problemáticas que se reconoce en el campo de la educación matemática, precisamente es que los conceptos matemáticos se consideran como objetos sin una historia que les preceda, y únicamente se expone lo que los libros de texto muestran en su contenido.

En este sentido, el objetivo general de la investigación, que incluye esta revisión bibliográfica, es realizar un estudio histórico epistemológico de las EDO. No obstante, en este documento, únicamente se presenta un avance de investigación que consiste de la revisión bibliográfica sobre la enseñanza aprendizaje de las ecuaciones diferenciales. A partir de esta revisión bibliográfica se ha realizado una clasificación, que no pretende ser exhaustiva, de los diferentes tipos de investigación que se han desarrollado sobre dicho concepto. Si bien, existe una amplia discusión sobre métodos de enseñanza de las EDO estos siguen centrados en aprendizajes procedimentales (memorización de operaciones sin la comprensión de significados subyacentes), dejando de lado los aprendizajes conceptuales que implican la comprensión y la interpretación de los conceptos y las relaciones que se puedan establecer en las EDO (Arslan, 2010). Desde esta perspectiva, se pone en evidencia la necesidad de realizar investigaciones que enfatizen en las relaciones conceptuales presentes en las EDO. Una vía para solucionar esta problemática es la elaboración de propuestas orientadas a investigar factores epistemológicos que ponen en evidencia las relaciones matemáticas y fenomenológicas de la emergencia de un concepto matemático (Castro, Castro, y Torralbo, 2013; Anacona, 2003; Vasco, 1994).

### Metodología

Para la revisión bibliográfica se recurrió a la metodología propuesta en Gómez, Fernando, Aponte, y Betancourt (2014). En principio, la metodología menciona la claridad del objetivo, para que la búsqueda bibliográfica sea la necesaria para el investigador. Se proponen tres fases en la revisión bibliográfica: 1) *búsqueda de la información*, la cual debe ser confiable, es decir, deben ser documentos con fundamento y además reconocidos, es decir documentos que han sido revisados cuidadosamente por expertos antes de ser publicados. Particularmente en esta fase, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos como conricyt, scopus, elservier, eric, por mencionar algunas; 2) *organización de la información*, consiste en la organización sistemática de la información. En esta fase, se utilizó la aplicación de mendeley para la organización de los documentos que se encontraron en la primera fase; 3) *análisis de la información*, consiste en indagar cuáles son los documentos más útiles para el estudio. En paralelo a las otras fases, se debe tener un pensamiento crítico, sin embargo este análisis debe ser tal que se reafirmen las ideas planteadas en la formulación del problema. Específicamente en esta fase se realizó una clasificación de los diferentes tipos de investigación que se han desarrollado alrededor de las ecuaciones diferenciales, mostrando la necesidad de elaborar una investigación histórica epistemológica en el campo de las EDO.

### Resultados. Revisión bibliográfica sobre investigaciones del concepto ecuaciones diferenciales en educación matemática

En la siguiente tabla, organizamos de acuerdo a la metodología la revisión bibliográfica.

Fase 1. Búsqueda de la información.	Fase 2. Artículos seleccionados:	Fase 3. Análisis de la información.
<b>Revistas:</b> <i>Teaching Mathematics and its Applications; International Journal of Mathematical</i>	Chaachoua, H., & Saglam, A. (2005). Modelling by differential equations. <i>Teaching Mathematics and its</i>	<b>Clasificación 1.</b> Investigaciones relativas a la enseñanza de las

<p><i>Education in Science and Technology; Asia Pacific Education Review; Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa.</i></p> <p><b>Bases de datos consultadas:</b> conricyt, springer, eric, redalyc, scopus, elsevier.</p>	<p><i>Applications</i>, 25 (1), 15-22.</p> <p>Ortigoza, G. (2007). Resolviendo ecuaciones diferenciales ordinarias con Maple y Mathematica. <i>Revista mexicana de física</i>, 53 (2), 155-167.</p> <p>Rasmussen, C. L., &amp; King, K. D. (2000). Locating starting points in differential equations: a realistic mathematics education approach. <i>International Journal of Mathematical Education in Science and Technology</i>, 31(2), 161-172.</p> <p>Rasmussen, C., Kwon, O., Allen, K., Marrongelle, K., &amp; Burth, M. (2006). Capitalizing on Advances in Mathematics and K-12 Mathematics Education in Undergraduate Mathematics: An Inquiry-Oriented Approach to Differential Equations. <i>Asia Pacific Education Review</i>. 7 (1), 85-93.</p> <p>Rodríguez, R. (2010). Aprendizaje y enseñanza de la modelación: el caso de las ecuaciones difenciales. <i>Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa.</i>, 13 (4), 191-210.</p>	<p>ecuaciones diferenciales mediante la modelación y la incorporación de tecnologías.</p>
<p><b>Revistas:</b> <i>The Journal of Mathematical Behavior; Teaching Mathematics and Its Application.</i></p> <p><b>Bases de datos consultadas:</b> conricyt, springer, eric redalyc, scopus, elsevier.</p>	<p>Habre, S. (2000). Exploring students' strategies to solve ordinary differential equations in a reformed setting. <i>The Journal of Mathematical Behavior</i>, 18(4), 455-472.</p> <p>Habre, S. (2012). Improving understanding in ordinary differential equations through writing in a dynamical environment. <i>Teaching Mathematics and Its Application</i>, 31, 153-166.</p> <p>Ju, M. K., &amp; Kwon, O.N. (2007). Ways of talking and ways of positioning: Student's beliefs in an inquiry-oriented differential equations class. <i>Journal of</i></p>	<p><b>Clasificación 2.</b> Investigaciones relativas a la enseñanza de las ecuaciones diferenciales mediante el trabajo con sistemas de representación.</p>

	<i>Mathematical Behavior</i> . 26, 267-280.	
--	---	--

A continuación se muestra a detalle lo correspondiente a la fase 3, es decir se muestra el análisis de cada una de las investigaciones según su clasificación.

### **Clasificación 1. Enseñanza y aprendizaje de las ecuaciones diferenciales mediante la modelación y la incorporación de tecnologías**

En conjunto las siguientes investigaciones, muestran que el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ecuaciones diferenciales se fortalece mediante la incorporación de tecnologías y el trabajo con la modelación. Por su parte Rasmussen & King (2000) desarrollan una investigación en la que el proceso de modelación posibilita el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales ordinarias. Esta propuesta se fundamenta en el enfoque de Educación Matemática Realista (EMR), y busca a partir de contextos cercanos a los estudiantes abordar la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. En esta dirección, los autores dejan entrever la importancia de iniciar el proceso de aprendizaje desde contextos cercanos a los estudiantes (en el sentido imaginables en la mente), pues de esta manera se logra que los alumnos reinventen la matemática involucrada en la situación. El medio para aprender el concepto de ecuación diferencial es la modelación de situaciones, en las que los estudiantes construyen métodos de solución y técnicas que los matemáticos encontraron en su momento histórico. Las actividades propuestas por Rasmussen & King (2000) buscaban que los estudiantes construyeran técnicas gráficas y numéricas para aproximar soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias con ayuda de la calculadora simbólica gráfica TI-92. Una de las actividades consistía en entregarle a los estudiantes una ecuación diferencial que modelaba el crecimiento de peces en un estanque ( $\frac{dP}{dt} = k * P(t)$ ) la idea era que aproximasen el número de peces en el estanque en los siguientes meses de acuerdo a unas condiciones establecidas, además debían tabular y graficar los resultados. Los autores concluyen que mediante esta propuesta los estudiantes involucrados en la investigación lograron construir su propio método de Euler para aproximar la función solución, y de esta manera dar respuesta a las ecuaciones diferenciales. Esto con la ayuda de un software que posibilitó la visualización de las gráficas, sus manipulaciones y el reconocimiento de relaciones matemáticas.

Rasmussen, Kwon, Allen, Marrongelle & Burth (2006) desarrollan una investigación sobre un curso de ecuaciones diferenciales orientado a la investigación (IO-DE), esta propuesta tuvo como propósito explorar las diferencias entre un curso tradicional de ecuaciones diferenciales (centrados en la presentación de técnicas) y curso de IO-DE. En correspondencia con este objetivo, los investigadores fundamentaron su propuesta en el enfoque de la EMR. Este enfoque considera la reinención guiada como el proceso mediante el cual los estudiantes construyen su conocimiento con la ayuda de sus pares y la orientación del maestro. Bajo esta perspectiva es fundamental que los estudiantes justifiquen todos los procesos realizados con sus compañeros, de aquí que las discusiones con los pares son un factor determinante en la construcción de conocimiento. Algunos instrumentos importantes en este estudio fueron las encuestas y las evaluaciones (rutinaria y conceptual) realizadas tanto a los cursos de IO-DE como a los cursos tradicionales. Los resultados obtenidos de estos instrumentos permitieron la comparación de ambos cursos. Con respecto a la evaluación rutinaria las actividades propuestas consistían en cinco

problemas de naturaleza analítica, un problema numérico para construir el método de Euler y un problema de modelación. Rasmussen et al. (2006) concluye que los resultados de ambos grupos (IO-DE y tradicional) no variaron demasiado en la evaluación rutinaria excepto en la actividad en la que tenían que construir el método de Euler. Este resultado se justificaba en el hecho de que el curso de IO-DE se sustentaba en el proceso de reinención guiada. Del mismo modo en la evaluación conceptual los resultados fueron casi los mismos; las actividades propuestas consistían en dos problemas centrados en el significado y relaciones entre las soluciones exactas y aproximadas, y dos problemas de modelado. Sin embargo, un seguimiento posterior a los participantes mostró que los estudiantes del curso IO-DE tenían mayor comprensión de las ecuaciones diferenciales después de un año de asistir al curso.

Chaachoua & Saglam (2006) señalan que el proceso de modelación ocupa un papel fundamental en el aprendizaje matemático, y por lo tanto es necesario incorporarlo en la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. De igual manera, argumentan que existe una estrecha relación entre el campo de las Matemáticas y la Física; siendo la modelación el proceso que posibilita este vínculo. A partir de los anteriores argumentos Chaachoua & Saglam (2006) elaboran una propuesta de enseñanza para las ecuaciones diferenciales sustentada en fenómenos físicos que motivaron la emergencia de este concepto matemático en el siglo XVII. Específicamente, plantean una situación asociada a un circuito eléctrico RLC (capacitador inductancia y resistencia), puesto que este fenómeno se modela mediante ecuaciones diferenciales, además de ser una situación que motivó el surgimiento de este concepto. De igual modo, y con el propósito de estudiar las técnicas de solución de las ecuaciones diferenciales, proponen algunos ejercicios que exigen el uso de los diferentes métodos analíticos de resolución de ecuaciones. La actividad planteada en este estudio consistía en encontrar la solución de la ecuación diferencial  $y''(t) + 2\lambda y'(t) + \omega^2 y(t) = 0$ ,  $y(0) = 2$ ,  $y'(0) = 0$  en la que se satisficiera las condiciones iniciales cuando las constantes  $\lambda$  y  $\omega$  fueran iguales y números reales positivos. Posteriormente se mencionaba que esa ecuación diferencial modelaba la descarga de un condensador C en un circuito en serie con una inductancia L y una resistencia R, bajo estas condiciones se cumplía que  $2\lambda = \frac{R}{L}$  y  $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ . El objetivo era analizar la solución de la ecuación diferencial a la luz del circuito RLC y realizar una gráfica de este comportamiento. En términos generales las actividades planteadas en esta investigación buscaban que los estudiantes reconocieran que las ecuaciones diferenciales modelaban diversos fenómenos del campo de la electrocinética. Algunos resultados de Chaachoua & Saglam (2006) se asocian con la necesidad de conectar el estudio de las ecuaciones diferenciales con problemas de otros campos de conocimiento como la física o la química.

En la misma línea de argumentación sobre la importancia de vincular las matemáticas con la física mediante la modelación, Rodríguez (2010) realiza una propuesta en la que identifica dificultades en los estudiantes al enfrentarse a situaciones de modelaje en contextos que involucran el uso de ecuaciones diferenciales. Específicamente, diseña una situación experimental en la que plantea un circuito eléctrico RC, a partir del cual se genera la discusión en torno a solución de una ecuación diferencial que modela la situación. Esta propuesta se fundamenta en el marco de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) y busca incorporar la modelación en la enseñanza y aprendizaje de las ecuaciones diferenciales. Para ello, en un primer momento Rodríguez (2010) realiza una revisión a

algunos libros de texto matemáticos y físicos, en los que encuentra tareas recurrentes para la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. Particularmente, señala la ausencia de diversas tareas (no habituales) que involucran la creación de modelos matemáticos, la transición entre la situación real y el modelo pseudo concreto, y la confrontación entre el modelo pseudo concreto y el modelo realidad. A partir del primer análisis se implementa una situación experimental con tareas no habituales, lo cual posibilitó la identificación de la influencia de las praxologías en los procesos de aprendizaje de los estudiantes (el término praxología se enmarca dentro la TAD y hace referencia a un conjunto de tareas (tareas que usualmente se enfrenta el estudiante), técnicas (como se realiza una determinada tarea), tecnología (establece el discurso que justifica la técnica), y una teoría (justifica y explica la tecnología). La pareja tarea - técnica conforman el bloque práctico o praxis (el saber hacer) mientras que el conjunto tecnología - teoría conforman el bloque teórico o logos (el saber)). La situación consistía en modelar el comportamiento de un desfibrilador cardíaco que actuaba en el cuerpo de un hombre; es decir los estudiantes tenían que dibujar el circuito eléctrico que diera cuenta de la situación, escribir la ecuación diferencial correspondiente y analizarla en relación con la situación. De la puesta en escena de esta actividad se tiene que los estudiantes presentan diferentes dificultades en el proceso de modelación, entre ellas, representaciones incompletas de los circuitos, olvidan algunas leyes de la física, mal planteamiento de la ecuación diferencial, y la falta de comprensión en la determinación de los valores iniciales cuando no son explícitos en el problema.

Una investigación que considera a la tecnología como un recurso importante para optimizar tiempos en cálculo pero al mismo tiempo más calidad en lo cognitivo es la de Ortigoza (2007), él propone el uso de paquetes simbólicos como Maple y Mathematica como herramienta en la resolución de las EDO, y concluye que al ahorrar el esfuerzo del cómputo algebraico complejo, permite enfocar la atención en ideas y conceptos importantes como son el análisis cualitativo de las soluciones, el comportamiento asintótico y relaciones del modelo físico con la contraparte matemática de la ecuación que lo describe.

### **Clasificación 2. Enseñanza y aprendizaje de las ecuaciones diferenciales mediante el uso de los registros de representación**

En Habre (2000) se reporta que los campos direccionales son elementos que caracterizan la solución de las ecuaciones diferenciales de primer orden y los estudiantes las resuelven con éxito cuando leen información de estas representaciones.

Ju & Kwon (2007) proponen desarrollar un curso de ecuaciones diferenciales orientado a la investigación (IO-DE), en el cual la discusión grupal y los procesos argumentativos ocupan un papel fundamental en la construcción de conocimiento. En este contexto el docente es quien orienta estas discusiones a partir del planteamiento de problemas contextualizados, a saber: el enfriamiento de una taza de café y la descripción del movimiento de un objeto a partir de su gráfica. Los diferentes registros de representación como el analítico, gráfico, numérico y cualitativo son esenciales para la discusión de los problemas, pues es a partir del análisis en cada uno de estos registros que se logra encontrar la solución a las situaciones. De igual modo, las tecnologías facilitaron el proceso de visualización el cual fue fundamental para la solución de las actividades. Las actividades consistían en modelar situaciones cercanas a los estudiantes mediante ecuaciones diferenciales, analizar el comportamiento de los modelos en diferentes registros de representación y argumentar como el proceso que posibilitó la solución del problema. Esta investigación muestra que un

trabajo sustentado en un curso IO-DE permite transformar el discurso y las creencias de los estudiantes frente al conocimiento matemático, pues ya no se encuentra ajeno a ellos, sino que por el contrario hace parte de la cotidianidad.

Más recientemente Habre (2012) admite que el uso de múltiples representaciones de un objeto matemático (simbólica, verbal, gráfico y numérico) dentro de una situación de resolución de problemas, conlleva a grandes ventajas, entre ellas al aumento en la comprensión del concepto. Ahora bien, esta propuesta pone de manifiesto que escribir en matemática exige vincular todas las representaciones de un concepto, de aquí que la escritura en matemática puede considerarse al mismo tiempo como una representación única y la conjunción de todas las representaciones. Las ventajas de trabajar mediante el proceso de escribir en clase de matemáticas, no está dada por la actividad real de escritura, sino al hecho de que se requiere que los estudiantes pasen un tiempo pensando en ideas matemáticas y luego las comuniquen a los demás. Desde esta perspectiva, Habre (2012) propone abordar el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales haciendo uso de problemas que involucraban el análisis de las gráficas de funciones. En esta dirección, los estudiantes deben escribir todas sus explicaciones y justificaciones que les permitieron hallar la solución de la situación, logrando de este modo comprender el fenómeno planteado. Igualmente las tecnologías ocupan un papel fundamental en esta investigación, pues facilita aspectos visuales. Entre las actividades propuestas en este estudio se encuentra el planteamiento de una gráfica  $\frac{dy}{dt} = f(y)$  en la que se debía explorar las soluciones de equilibrio y la solución que satisficiera ciertas condiciones iniciales. Habre (2012) concluye que la escritura es un medio que permite vincular las representaciones analíticas y geométricas de las ecuaciones diferenciales, posibilitando una mejor comprensión por parte de los estudiantes de los conceptos matemáticos.

Por otra parte, Arslan (2010) expone que existen dos tipos de aprendizaje en matemáticas, conceptual y procedimental, el primero implica la comprensión y la interpretación de los conceptos y las relaciones que se puedan establecer en ellos, el segundo exige la memorización de operaciones sin la comprensión de significados subyacentes. A partir de estas definiciones se establece la importancia de abordar el estudio de las ecuaciones diferenciales mediante un aprendizaje conceptual, puesto que el procedimental es consecuencia del primero. Igualmente Arslan (2010) en su estudio señala que a pesar de existir diversas investigaciones para la enseñanza de las ecuaciones diferenciales estas siguen centrándose en los aprendizajes procedimentales.

### **A manera de conclusión**

Las investigaciones anteriores muestran nuevas propuestas de enseñanza para abordar el estudio de las Ecuaciones Diferenciales, pero dejan de lado el trabajo alrededor de algunos aspectos epistemológicos de este concepto, tales como la relación con la emergencia del cálculo, pues se centran en el proceso de modelación el cual hace parte de los factores que posibilitaron la constitución de las ecuaciones diferenciales, pero los aspectos conceptuales vinculado al cálculo quedan resumidos en técnicas sin ningún sentido o en análisis de un único registro representación. De aquí, como lo señalan diferentes investigadores (Castro, Castro, y Torralbo, 2013; Anacona, 2003; Vasco, 1994) es necesario elaborar propuestas orientadas a estudiar factores epistemológicos que muestren tanto las relaciones matemáticas como fenomenológicas de la emergencia de un concepto matemático. En

particular, en el campo de las ecuaciones diferenciales, ya que a pesar de existir diversas investigaciones para favorecer en su enseñanza, éstas siguen centrándose en los aprendizajes procedimentales y no conceptuales (Arslan, 2010). En este sentido, es importante señalar que los estudios históricos y epistemológicos ocupan un papel fundamental en el campo de la Educación Matemática, ya que de estos se rescatan aspectos conceptuales que son fundamentales para la comprensión de conceptos.

### Referencias bibliográficas

- Anacona, M. (2003). Historia de las matemáticas en la educación matemática. *Revista EMA*, 8(1), 30-46.
- Arslan, S. (2010). Traditional instruction of differential equations and conceptual learning. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 29, 94-107.
- Castro, E., Castro, E., y Torralbo, M. (2013). El análisis fenomenológico en la formación inicial de maestros. En L. Rico, J. Lupiañez & M. Molina (Eds.), *Análisis Didáctico en Educación Matemática* (pp. 141-160). España, Granada: Comares.
- Chaachoua, H., & Saglam, A. (2005). Modelling by differential equations. *Teaching Mathematics and its Applications*, 25 (1), 15-22.
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., y Betancourt-Buitrago, L. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81 (184).
- Guerrero, C., Camacho, M., y Mejía, H. (2010). Dificultades de los estudiantes en la interpretación de las soluciones de las ecuaciones diferenciales ordinarias que modelan un problema. *Enseñanza de las ciencias*, 28 (3). 341-452.
- Habre, S. (2000). Exploring students' strategies to solve ordinary differential equations in a reformed setting. *The Journal of Mathematical Behavior*, 18(4), 455-472.
- Habre, S. (2012). Improving understanding in ordinary differential equations through writing in a dynamical environment. *Teaching Mathematics and Its Application*, 31, 153- 166.
- Ju, M. K., & Kwon, O.N. (2007). Ways of talking and ways of positioning: Student's beliefs in an inquiry-oriented differential equations class. *Journal of Mathematical Behavior*. 26, 267-280.
- Ortigoza, G. (2007). Resolviendo ecuaciones diferenciales ordinarias con Maple y Mathematica. *Revista mexicana de física*, 53 (2), 155-167.
- Rasmussen, C. L., & King, K. D. (2000). Locating starting points in differential equations: a realistic mathematics education approach. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 31(2), 161-172.
- Rasmussen, C., Kwon, O., Allen, K., Marrongelle, K. & Burth, M. (2006). Capitalizing on Advances in Mathematics and K-12 Mathematics Education in Undergraduate Mathematics: An Inquiry-Oriented Approach to Differential Equations. *Asia Pacific Education Review*. 7 (1), 85-93.



Rodríguez, R. (2010). Aprendizaje y enseñanza de la modelación: el caso de las ecuaciones diferenciales. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 13 (4), 191-210.

Vasco, C. E. (1994). La educación matemática: una disciplina en formación. *Escuela Regional de Matemática*. 3(2), 59-75.

### **Autores**

Sara Marcela Henao Saldarriaga; CIMATE, UAGro. México;

[samarcelahenao@gmail.com](mailto:samarcelahenao@gmail.com)

Flor Monserrat Rodríguez Vásquez; CIMATE, UAGro. México; [flor.rodriiguez@uagro.mx](mailto:flor.rodriiguez@uagro.mx)