

EL USO DE LAS ECUACIONES DIFERENCIALES Y LA INGENIERÍA COMO COMUNIDAD

Edith Johanna Mendoza Higuera, Francisco Cordero Osorio
CINVESTAV- IPN
ejmendoza@cinvestav.mx, fcordero@cinvestav.mx

Colombia, México

Resumen. El interés por el estudio de las matemáticas para la ingeniería se ha incrementado en los últimos años, de hecho, la propia ingeniería se ha interesado por estudiar aspectos para su enseñanza. En este artículo se reporta un avance de investigación que estudia los usos de las ecuaciones diferenciales y de la modelación en una comunidad de conocimiento: los ingenieros en formación. Se presenta la problemática de investigación donde se logra evidenciar la ausencia de un marco de referencia que articule los usos del conocimiento matemático, su funcionalidad y la comunidad de conocimiento. También se da a conocer el marco teórico en el cual se enmarca la investigación.

Palabras clave: ecuaciones diferenciales, comunidad de conocimiento, socioepistemología, Ingenieros en formación, modelación

Abstract. The interest in the study of mathematics for engineering has increased in recent years; in fact, engineering itself has been interested in studying aspects of its own formation. In this article we report the advances of a research about the study of uses of differential equations and modeling in a knowledge community: engineer students. We show the research problem where we had the possibility to recognize the absence of a framework that articulates the uses of mathematical knowledge, its functionality and the knowledge community. We also present the theoretical framework in which this research is framed.

Key words: differential equations, knowledge community, socioepistemology, training engineers, modeling

Introducción

Los sistemas educativos surgieron para responder a las demandas de sus sociedades. Para ello, estas sociedades deben organizarse con el objetivo de institucionalizar su saber y de procurar que el conocimiento que se adquiere en la escuela sea funcional, es decir, que se integre y resignifique permanentemente en su vida (fuera de la escuela) para transformarla. Desafortunadamente, incluso en la matemática escolar, no se ha logrado tal cometido. Diferentes circunstancias han provocado que el conocimiento matemático transite en la escuela desde un nivel utilitario y tal vez por ello, los modelos educativos se han preocupado por saber el conocimiento de un estudiante y, en el mejor de los casos, el saber de su construcción, centrando sus estudios en el objeto matemático, en lo que saben los estudiantes de matemáticas, pero no en cómo usan la matemática. (Cordero, 2001, 2008)

Así, no se ha logrado que el conocimiento matemático sea funcional, en tanto que se busca explicar a la matemática desde la matemática misma, soslayando otros campos científicos que le permitieron su desarrollo e incluso, desconociendo las prácticas de referencia que hicieron surgir el conocimiento matemático. Entonces, se observa que hay ausencia de marcos de

referencia para hacer funcional este conocimiento.

Al asumir que el conocimiento matemático se construye socialmente, se rompe la centración en los conceptos del discurso matemático escolar y se desborda a la búsqueda de prácticas. Con la adopción de esta premisa se robustece la problemática de la enseñanza y aprendizaje de la matemática, en tanto que nos provee de categorías del conocimiento que dan cuenta de su funcionalidad y que al ponerlas en juego en situaciones intencionales resignifican la matemática. Además, esta construcción social genera epistemologías de prácticas, de usos, de funcionalidad del conocimiento matemático.

Lo anterior, ofrece una panorámica de la problemática de la enseñanza y aprendizaje de la matemática, y de los posibles acercamientos para estudiarla. A continuación se presenta la problemática, que enmarcada en lo anterior, se aborda en esta investigación, al igual que el marco teórico que se acuña para su realización.

Problemática de investigación

La Matemática Educativa, como disciplina, reconoce una confrontación entre la obra matemática y la matemática escolar, la cual asume como la problemática fundamental de la enseñanza de la matemática. Según Cordero (2001) la segunda debe reorganizar e interpretar a la primera para luego ser llevada al sistema escolar. Tradicionalmente se ha pensado que en el aula se enseña la obra matemática y en ese sentido gran parte del problema se ha reducido a secuenciar y temporalizar los contenidos del currículo. En la matemática escolar no se toman en cuenta factores que, en conjunto, son los que posibilitan la creación de significados matemáticos: la forma como este conocimiento se ha constituido en saber, la existencia de un grupo humano que se organiza y que origina dicho conocimiento.

Dicha confrontación genera fenómenos educativos como el discurso matemático escolar, el cual, según Cantoral, Farfán, Lezama y Martínez (2006) no se reduce a la organización o secuenciación de los conceptos matemáticos, sino que va más allá, al llegar al establecimiento de bases de comunicación para la formación de consensos y la construcción de significados. Entonces el discurso matemático escolar afecta a todos los niveles del sistema educativo, es decir, al nivel básico, medio y superior. Consecuencia de ello, este discurso, también se encuentra presente en la formación de ingenieros. Se evidencia en el carácter utilitario y no funcional con el que las escuelas de formación de ingenieros presentan a la matemática, donde soslayan el hecho de que la Matemática responde a otras disciplinas, como la ingeniería, donde encuentra la posibilidad de resignificarse.

En la formación de ingenieros, según Cajas (2007) la ingeniería es vista en algunos casos como una ciencia aplicada, lo cual lleva a generar programas lineales que inician con Ciencias Básicas, particularmente Física y Matemática, seguidos luego de Ciencias de las ingenierías para concluir con Materias Profesionales. Otra forma de ver la ingeniería en la educación, que también lleva a construir programas lineales, es el paradigma de ingeniería como conocimiento, desde donde “se suele interpretar que los fundamentos de la ingeniería yacen en las ciencias básicas, particularmente en la física y la matemática y que la lógica de la profesión es una lógica científica” (Cajas, 2007, p. 18). Además, estos paradigmas y sus consecuencias son reforzados por los profesores que tienen a cargo las ciencias básicas, por ejemplo la matemática, quienes suelen ser matemáticos o profesores-ingenieros que no han tenido experiencia con la práctica de la ingeniería y que abordan las temáticas desde el mismo campo de conocimiento es decir, desde la matemática y no desde la ingeniería, generando un discurso matemático escolar desde la dimensión matemática *para* el ingeniero en formación.

Por ello, la matemática presentada al ingeniero en formación es acabada. Las ecuaciones que modelan los fenómenos que estudia la ingeniería ya están institucionalizados y difícilmente se pueden modificar para provocar otras variantes en los fenómenos. Es así, como el discurso matemático escolar no provee a los estudiantes de ingeniería de una matemática funcional que se resignifica desde la ingeniería.

Conviene tener en cuenta que la Matemática y la Ingeniería como campos de conocimiento, que se encuentran involucrados en esta problemática, tienen objetos de estudio diferentes. La Matemática estudia los números, la estructura, el espacio, el cambio, objetos que no son propios de la Ingeniería. Además, se considera a la Ingeniería como una disciplina con conocimiento propio que usa la matemática, no como una ciencia aplicada.

Los ingenieros utilizan el conocimiento matemático y científico para resolver sus problemas, pero lo hacen de una manera totalmente diferente de las formas en que los matemáticos y los científicos resuelven sus problemas. Los ingenieros utilizan el conocimiento matemático y científico en forma análoga al uso de las matemáticas y la tecnología de los científicos en la resolución de sus problemas científicos, es decir, en sus propios términos. [...] con respecto al uso de las teorías científicas y técnicas matemáticas por los ingenieros. Estas sirven como herramientas conceptuales y técnicas utilizadas de manera oportunista por los ingenieros en términos de ingeniería. Además, cuando los ingenieros utilizan materiales de la ciencia y las matemáticas, el carácter universal de estos materiales deben ser adaptados a las particularidades de los problemas de

ingeniería. (Goldman, 2004, 166)

Desde nuestra perspectiva, los usos dados por la ingeniería, al conocimiento matemático, dan cuenta de la existencia de prácticas de referencia que expresan una funcionalidad de la matemática. Es clave hacer notar, que la matemática es usada desde la ingeniería, para resolver problemas propios de su campo y en sus términos. Es decir, en sus prácticas suceden usos del conocimiento matemático, que expresan funcionamientos y formas específicas de éste (Cordero, 2008). Entonces, el discurso matemático escolar que permea la formación de ingenieros deberá rediseñarse con base en los usos que da la ingeniería a la matemática, al igual, que los usos del conocimiento matemático del que dan cuenta los ingenieros en formación.

El asumir a la ingeniería como una ciencia aplicada ha llevado a profesores, estudiantes y programas de formación a afirmar que la ingeniería se fundamenta básicamente en la aplicación de la matemática y de otras ciencias. Por ello, la mayoría de escuelas de ingeniería forman a sus estudiantes con un programa lineal, donde primero se estudian conceptos de las ciencias básicas para después ser aplicados en las ciencias de la ingeniería. Entonces, esta visión ha provocado que ciertos usos continuos en las prácticas de la ingeniería, como la modelación, sean entendidas como una aplicación del conocimiento matemático. Así, las ecuaciones diferenciales son enseñadas para después ser aplicadas en la solución de problemas físicos, químicos, de crecimiento de población, etc. Así, la modelación es otro aspecto presente en la problemática de esta investigación y se considera como una práctica social que construye conocimiento y que expresa una funcionalidad del conocimiento matemático.

El marco anterior conlleva enfocar la atención a las ecuaciones diferenciales (ED), en la problemática. Su enseñanza en las facultades de ingeniería ha estado privilegiada por los métodos analíticos-algebraicos. Se ha enfatizado en mostrar trucos para buscar una función o un conjunto de funciones que satisfagan una ecuación diferencial, y finalmente aplicar estos métodos a las ED que resuelvan problemas matemáticos escolares típicos en contextos de la Física, la Química, la Economía, entre otras. Al ser conscientes del uso privilegiado de los métodos analíticos-algebraicos para resolver las ED se ha buscado implementar otros métodos como el gráfico y el numérico, en algunas ocasiones, con la utilización de la tecnología. En estos acercamientos, el centro de atención es el objeto matemático, y se ha desconocido que ED como las lineales con coeficientes constantes modelan fenómenos de estabilidad, que pueden ser estudiados a través de la modelación y el uso de gráficas como argumentos, así como caracterizar las soluciones usando como argumento el comportamiento tendencial de las funciones (Cordero, 2001).

En este sentido, las ecuaciones diferenciales lineales de primero y segundo orden no son resignificadas, por los estudiantes, como modelos de fenómenos estables. Difícilmente relacionan la ecuación que modela cierto fenómeno y la forma de solucionarla.

En lo planteado anteriormente, no se vislumbran marcos de referencia que articulen los usos del conocimiento matemático, la matemática funcional y la comunidad de conocimiento, es decir, un marco de referencia que de cuenta de la construcción del conocimiento (Modelación, ED lineales y estabilidad), a través de su uso, en la organización de un grupo humano (ingenieros en formación) normado por aspectos de carácter institucional y cultural. Así, esta investigación se planteará formular un modelo que ayude a analizar los usos del conocimiento matemático desde la comunidad de ingenieros en formación.

Marco teórico

Teoría Socioepistemológica

Para atender la problemática anterior, que busca articular los usos del conocimiento matemático y la funcionalidad de la matemática, reconociendo a los ingenieros en formación como una comunidad de conocimiento, se considerará como marco teórico a la Teoría Socioepistemológica (TS), en tanto que estudia la construcción social del conocimiento matemático y propone una reformulación epistemológica, que consiste en considerar primeramente al humano haciendo matemáticas, en lugar de considerar la producción matemática hecha por el humano. Se asume esta aproximación puesto ha precisado fijarse en los usos de la matemática, prestando atención a su funcionalidad, alejándose del utilitarismo que se encuentra presente en el ámbito escolar.

La TS busca resignificar el conocimiento matemático en el ámbito de la educación. Cordero plantea cuestionamientos como los siguientes: “¿qué es el conocimiento matemático? ¿cuáles son las formas de conocer propias de la matemática? ¿cómo se construye? ¿cuáles son las diversas formas de construcción? ¿cuál es la actividad matemática? ¿cuáles son las prácticas institucionales que permiten y han permitido el desarrollo del conocimiento matemático?” (Cordero, 2008, p. 269) En este sentido, se ha identificado relaciones entre la actividad humana y la actividad matemática a las que llama categorías del conocimiento matemático.

Este acercamiento, ha precisado dos puntos principales. En primer lugar, que lo socioepistemológico es el reflejo de cualquier actividad humana. En segundo lugar, que el funcionamiento mental que atañe a una aproximación sociocultural, debe estar en correspondencia con la modelación y el uso de la matemática, es decir, con el lenguaje de las herramientas que resulta de la actividad humana. La relación entre estas dos componentes es

la esencia que posibilita la reorganización de la obra matemática. Una relación de este tipo es nombrada categoría del conocimiento matemático y dichas categorías son el núcleo de la reconstrucción de la obra matemática.

Algunas de las categorías, tales como la predicción, la graficación y la analiticidad son, como ya se dijo, parte esencial en la construcción del conocimiento y están basadas en el lenguaje de las herramientas matemáticas. Esto último significa que los procesos que se derivan de este lenguaje quedan plasmados en representaciones que no son reflejo de una realidad preexistente, más bien, lo son de un sistema de recursos que sirven para construir significados en el contexto de la interacción. Según Cordero (2001), los estudiantes, mediante estas categorías, logran establecer relaciones entre procesos y objetos a través de significados.

Modelación – graficación

El binomio modelación – graficación, es una categoría de la matemática escolar que proporciona un marco de referencia para entender cómo los estudiantes logran resignificar sus conocimientos matemáticos en una situación de movimiento (Suárez, 2008). La modelación y la graficación han sido consideradas como actividades que desarrollan habilidades de aplicación y visualización de los conceptos matemáticos. Desde la socioepistemología, es otro el status de la modelación y la graficación. Para la socioepistemología la modelación en si misma es una construcción y producción del conocimiento matemático, que cambia y transforma, es decir que permite desarrollar argumentos (Cordero, 2006) de ciertas situaciones del Cálculo. La modelación es una actividad que va a estar anclada en la graficación en situaciones de movimiento. Es decir, las situaciones de movimiento serán modeladas a través de una gráfica.

Comunidad de conocimiento

En esta investigación es importante resaltar, que se tendrá en cuenta a los ingenieros en formación como una comunidad de conocimiento, es decir, no se considerará este estudio para cualquier comunidad, se atenderá a un grupo humano específico. Por tanto se precisa lo que se debe entender por comunidad de conocimiento, esto es, sustentar una especificidad que distinga lo que es comunidad, de lo que no es, así como distinguir, también una comunidad de otra.

Por ejemplo, distinguir lo individual, lo público y lo cosmopolita de lo que pudiera ser comunidad. Para hacer esto, nos valemos de una triada *C(reciprocidad, intimidad, localidad)*. Estos tres elementos caracterizan lo propio de una comunidad de conocimiento, los ingenieros en formación.

Otro aspecto más, consiste en el uso del conocimiento matemático, en este caso, de las ecuaciones diferenciales y la modelación. Para apreciar el uso se requiere de un referente que señale su tradición, su cultura y su historia, al seno de su comunidad. Por ello, importa la continuidad del conocimiento, es decir, *la institucionalización* como un eje transversal. En ese sentido se enfocará la atención a la categoría comportamiento tendencial de lo estable que lo modela las ecuaciones diferenciales lineales (Cordero, 2008; Zaldivar, 2009).

Pero una comunidad con adjetivo las distingue de otras, entonces se requiere de momentos de identidad que distingan a la ingeniería, con su propia jerga disciplinar. Así *la identidad*, con sus momentos, a saber: legitimación, resistencia y proyecto (Silva, 2010), será otro eje transversal.

Para finalizar

Actualmente la presente investigación se encuentra en proceso. En esta primera fase se ha logrado identificar la problemática de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales y el uso de la modelación en la formación de ingenieros, donde se desconoce los usos de la matemática en la ingeniería como herramienta para construir conocimiento y por el contrario se asume como una ciencia al servicio de la ingeniería que no se resignifica.

Principalmente, se quiere encontrar evidencias de que la modelación escolar debe ser la categoría que articule la construcción de conocimientos matemáticos para los programas de ingeniería, puesto que ella expresará un uso ante una situación específica, donde se resignifica el conocimiento matemático.

Para el desarrollo de la investigación, se formulará una epistemología del uso de las ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes, basados en categorías del conocimiento como el comportamiento tendencial de las funciones y la modelación graficación. Mismas, que para la TS, son parte esencial de la construcción del conocimiento y que se basan en el lenguaje de herramientas matemáticas que sirven para construir significaciones en el contexto de la interacción. Con esta epistemología, se elaboraran diseños de situación específicas, que serán aplicados a estudiantes de ingeniería; y se realizaran observaciones y entrevistas a ingenieros en su práctica profesional. Con ello, buscamos caracterizar la matemática funcional desde los escenarios donde se hace uso del conocimiento matemático.

Referencias bibliográficas

Cajas, F. (2007). De parvulitos a las ingenierías: alfabetización científico tecnológica. En Argueta, B y España, O. (Eds.) *Democracia y educación: ensayos*, 239-258, Guatemala: Editorial de la Universidad de San Carlos.

- Cantoral, R., Farfán, R. M., Lezama, J. y Martínez-Sierra, G. (2006). Socioepistemología y representación: algunos ejemplos. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. Número especial, pp. 83-92.
- Cordero, F. (2001). La distinción entre construcciones del cálculo. Una epistemología a través de la actividad humana. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 4(2), 103-128.
- Cordero, F. (2006). La modellazione e la rappresentazione grafica nella matematica scolastica. *La Matematica e la sua Didattica*, 20, 1, 59-79.
- Cordero, F. (2008). El uso de las gráficas en el discurso matemático escolar. Una visión socioepistemológica. En R. Cantoral, O. Covián, R. Farfán, J. Lezama y A. Romo (Eds.). *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte iberoamericano* (pp. 265-286). México, D.F.: Díaz de Santos-Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A.C.
- Goldman, S. (2004). Why we need a philosophy of engineering: a work in progress. *Interdisciplinary Science Reviews* 29(2), 163 – 176
- Suárez, L. (2008). *Modelación - Graficación, una categoría para la matemática escolar. Resultados de un estudio socioepistemológico*. Tesis de Doctorado no publicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. México.
- Silva, H. (2010). *Matemática Educativa, Identidad y Latinoamérica: el quehacer y la usanza del conocimiento disciplinar*. Tesis de Maestría no publicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. México.
- Zaldívar, D. (2009). *Una caracterización de la función de un escenario de difusión de la ciencia desde una visión socioepistemológica. El caso de la resignificación de lo estable*. Tesis de Maestría no publicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. México.