Una perspectiva socioepistemológica de la modelación matemática: estudios de casos con enfoque etnográfico en las ingenierías

Eleany Barrios Borges [1]
Francisco Cordero [2]

Resumen

Diferentes investigaciones resaltan la desconexión que existe entre los cursos de matemáticas y los usos de las matemáticas en los cursos de especialización en la ingeniería y en sus lugares de trabajo, una problemática que afecta en la formación de ingenieros. Se requiere, por tanto, investigar el conocimiento matemático en estos dominios. La categoría de modelación matemática, dentro de la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa, ofrece un marco de referencia que coloca en un plano horizontal y recíproco a la matemática escolar y a las matemáticas de las realidades, promoviendo un entorno de usos y significados para los objetos matemáticos. Este ensayo revisa investigaciones que han estudiado el uso de conocimiento matemático en las ingenierías desde el programa socioepistemológico Sujeto Olvidado y Transversalidad de Saberes (Soltsa), detallando el enfoque teórico-metodológico para conformar una epistemología de usos y significados de las matemáticas, partiendo de problematizar situaciones de las ingenierías. Se revelan los usos y significados mediante inmersiones etnográficas que analizan la puesta en uso del conocimiento matemático y caracterizan la comunidad de conocimiento matemático.

Palabras clave

Formación de ingenieros, matemáticas universitarias, usos y significados, modelación matemática, transversalidad, etnografía.

---

[1] eleany.barrios@cinvestav.mx
Departamento de Matemática Educativa, Cinvestav-IPN, México

[2] fcordero@cinvestav.mx
Departamento de Matemática Educativa, Cinvestav-IPN, México

Barrios Borges E., & Cordero, F. (2025). Una perspectiva socioepistemológica de la modelación matemática: estudios de casos con enfoque etnográfico en las ingenierías. En A. Solares-Rojas, & A. P. Preciado Babb (Eds.), *La investigación en modelización matemática: un diálogo entre educadores de Latinoamérica y España* (pp. 115–134). Editorial SOMIDEM. https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S2/2025/01-05

Abstract

Different researches highlight the disconnection between mathematics courses and the uses of mathematics in engineering specialization courses and in their workplaces, a problem affecting engineers' training. It is, therefore, necessary to investigate mathematical knowledge in these domains. The category of mathematical modeling within the Socioepistemological Theory of Educational Mathematics offers a frame of reference that places school mathematics and the mathematics of realities on a horizontal and reciprocal plane, promoting an environment of uses and meanings for mathematical objects. This essay reviews research that has studied the use of mathematical knowledge in engineering from the socio-epistemological program Sujeto Olvidado y Transversalidad de Saberes (Soltsa), detailing the theoretical-methodological approach to conform an epistemology of uses and meanings of mathematics, starting from problematizing engineering situations. Uses and meanings are revealed through ethnographic immersions that analyze the use of mathematical knowledge and characterize the community of mathematical knowledge.

Keywords

Training of engineers, university mathematics, uses and meanings, mathematical modeling, transversality, ethnography

Introducción

La modelización[1] matemática ha sido ampliamente estudiada y desarrollada en la Matemática Educativa durante varias décadas. En la actualidad, existen diversas perspectivas que se pueden clasificar en términos del objeto de estudio enfatizado durante la investigación. Por ejemplo, Kaiser y Sriraman (2006) sugieren que pueden clasificarse en seis categorías, a saber: la cognitiva, para describir y comprender los procesos cognitivos durante la modelización; la contextual, con el objetivo de resolver problemas de palabras; educativa, con la intención de estructurar los procesos de aprendizaje, así como introducir y desarrollar conceptos matemáticos; la epistemológica, para promover y desarrollar la teoría; la realista o la aplicada, centranda en la resolución de problemas del mundo real y la promoción de competencias de modelización; y la sociocrítica, en la que la atención se centra en la comprensión del mundo circundante y el reconocimiento de la dependencia cultural y social de las actividades de modelización. Independiente de la perspectiva que se trabaje, existe un consenso de que se trata, principalmente, de un proceso que relaciona

[1] La Real Academia de la Lengua Española - distingue entre el término modelización y modelación. Modelización es la acción y efecto de modelizar, es decir construir un modelo o esquema teórico de algo. Por otro lado, modelación es la acción y efecto de modelar, es decir configurar o conformar algo y también ajustarse a un modelo. Nos referiremos a las investigaciones internacionales por modelización y por modelación para la categoría de modelación matemática socioepistemológica que aquí se presenta. Creemos que, en las lenguas, al igual que en las matemáticas, los significados son atribuidos a través de los usos y los consensos de las comunidades que las usan.

las matemáticas y las realidades, aunque esto no descarta concebir a la modelización como un proceso intramatemático. Lo anterior permite cuestionarse ¿qué son las matemáticas?, ¿qué son las realidades?, ¿son mutuamente excluyentes las matemáticas y las realidades?, ¿cuáles son las tendencias en la investigación en modelización matemática?

En sus estudios bibliográficos sobre la modelización, Preciado Babb et al. (2023) y Peña Acuña et al. (2023) informaron las tendencias a nivel mundial y en Latinoamérica, respectivamente, en cuanto al abordaje de las perspectivas, el contenido matemático o el propósito declarado y el nivel escolar.

Para su análisis, Preciado Babb et al. (2023) revisaron diversas publicaciones, principalmente en habla inglesa, encontrando que las perspectivas menos abordadas han sido la epistemológica y la sociocrítica. En cuanto al contenido educativo o el propósito declarado, la mayor parte de las publicaciones están centradas en contenidos matemáticos escolares específicos o en los procesos de modelización, mientras que las matemáticas relacionadas con otras disciplinas o los lugares de trabajo tienen menos representación. Ante este panorama, estos autores sugieren que hay oportunidades para ampliar las investigaciones sobre modelización matemática a otros sectores o poblaciones "más allá de las instituciones educativas, incluyendo estudios sobre adultos, profesionales e industrias" (p. 55).

Por otra parte, Peña Acuña et al. (2023) señalan que en las investigaciones no se observa una tendencia explícita sobre modelización matemática en Latinoamérica, aunque destacan ciertas características en algunos países de la región. Por ejemplo, Brasil y México son los países con mayor cantidad de publicaciones en esta área. Además, la perspectiva sociocrítica es predominante en las publicaciones brasileñas, mientras que en México las publicaciones encontradas se centran en estudiantes universitarios, siendo el cálculo el contenido predominante.

Para hablar sobre las investigaciones a nivel universitario es crucial considerar cómo es en términos prácticos la educación matemática en este contexto. Esta se divide principalmente en dos grandes objetivos: la formación de matemáticos y la formación de otros profesionales no matemáticos, comúnmente denominados no especialistas en la literatura de la matemática educativa (Biehler et al., 2022; Hochmuth, 2020). Para estos últimos existen cursos específicos de matemáticas y algunas asignaturas, vinculadas a su área profesional, donde estas se integran. En muchas de las carreras, los cursos de matemáticas son filtros para la continuidad en los programas académicos, y representan altos índices de reprobación y desmotivación.

Por consiguiente, "se necesita más investigación sobre la interacción y las interfaces entre estos [cursos de matemáticas] y los componentes matemáticos en los cursos no matemáticos, que aparecen para satisfacer diversas formas de necesidades de modelización, computación y representación" (Winsløw y Rasmussen, 2020 pp. 883, énfasis añadido).

En los cursos de matemática se suelen privilegiar las formulaciones algebraicas y los procedimientos mecanicistas, teniendo escasas oportunidades para que los estudiantes reconcilien sus ideas intuitivas o informales con las matemáticas formales. Además, rara vez se les brinda oportunidad de establecer conexiones entre las diferentes representaciones (Biza et al., 2016). Esta situación se observa en su formación universitaria, pero también se refleja en su entorno laboral. Por lo tanto, es necesario comprender "por qué, qué tipo y cómo las matemáticas y los temas específicos son o podrían ser importantes para responder a las preguntas en los lugares de trabajo" (Hochmuth, 2020 pp. 771). Estas interrogantes pueden servir como base para la creación de un marco de referencia para las matemáticas escolares, aunque la implementación de ese marco enfrenta numerosos retos institucionales, pedagógicos y curriculares.

Desde nuestra postura, el marco de referencia (MR) es una estructura de relaciones que debe reconocer la funcionalidad[2] del conocimiento matemático de las comunidades en cuestión (Cordero et al., 2019). El estudio de la funcionalidad del conocimiento matemático para su enseñanza y aprendizaje tiene sus primeros indicios en los años noventa, específicamente en la sección de Matemática Educativa del Cinvestav, donde se llevaron a cabo investigaciones sobre nociones y procesos matemáticos relacionados con el cambio y la variación, incluyendo contextos extramatemáticos. Estos estudios marcaron el inicio de la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa (TSME) (Cantoral, 2016), que dio lugar a diferentes programas de investigación socioepistemológicos.

Un ejemplo de estos programas de investigación es el Sujeto Olvidado y Transversalidad de Saberes (Soltsa) (Cordero, 2016; 2023). Su núcleo es la *categoría de modelación matemática* ζ(Mod) *socioepitemológica* (Cordero et al., 2022b). Además, plantea dos líneas de trabajo: la primera, denominada "Resignificación del Conocimiento Matemático", y la segunda, "Impacto Educativo". En la primera línea de trabajo se problematizan los usos del conocimiento matemático en situaciones específicas de diferentes dominios. Se presentarán ejemplos de los usos del conocimiento matemática revelados en la ingeniería, ya sea con ingenieros en formación o en su lugar de trabajo, con el fin de ofrecer un panorama de los resultados en la primera línea de trabajo y explicar algunas herramientas teóricas y metodológicas. Las investigaciones mencionadas fueron suscitadas a partir de los siguientes proyectos con el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías

[2] Un conocimiento útil de las personas en situaciones de la vida mundana, del trabajo y la profesión (Arendt, 2005)

(CONAHCYT): "Las Resignificaciones del Uso del Conocimiento Matemático: la Escuela, el Trabajo y la Ciudad" (Clave 0177368) y "Una categoría de modelación matemática. La pluralidad epistemológica y la transversalidad de saberes: los aprendizajes de los significados de la matemática en las ingenierías y en los diferentes niveles educativos" (Clave 0284259).

La ζ(Mod) representa un enfoque para la investigación en matemática educativa y para la educación de la matemática. A diferencia de otros enfoques, donde se considera la realidad y los conocimientos como dos mundos independientes que se pretenden conectar a través de la modelización, este nos lleva a un ciclo donde se matematiza la realidad, se realiza la actividad matemática para resolver lo matematizado y se contrasta la respuesta con la realidad. La variedad teórica de la ζ(Mod) está dada porque el conocimiento matemático es intrínseco a la realidad y tiene elementos transversales a diferentes escenarios, dominios y situaciones específicas. Es decir, ¿cómo modela la gente en su cotidianidad? Cabe mencionar que con *cotidianidad* se hace referencia a cualquier escenario en el que las personas vivan su día a día, como la escuela, el trabajo o la ciudad, temporalizado con base en las tradiciones, las normas institucionales y los usos del conocimiento matemático, así como de sus experiencias individuales previas. La matemática en la realidad es un conocimiento institucionalizado por las comunidades disciplinares y los saberes populares para abordar problemas, situaciones de contingencia y cumplir con su función social, lo que proporciona una base epistemológica para la construcción de diseños escolares. Al enfrentarse a estos diseños, los estudiantes pueden asociar significados naturales, lo que favorece la emergencia del conocimiento matemático. Con esta categoría se abandonan los enfoques tradicionales basados en la idea del déficit en el aprendizaje de los estudiantes y surgen preguntas como ¿por qué el tratamiento escolar no promueve los usos y significados de las matemáticas? y ¿cuáles son esos usos y significados que debieran favorecer?

Algunos aspectos teóricos y metodológicos de la *categoría de modelación matemática socioepitemológica* ζ(Mod)

La ζ(Mod) (Cordero et al., 2022b) propone una epistemología de usos y significados del conocimiento matemático en la actividad humana para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas (Cordero, 2001). Este planteamiento representa una descentración de la actividad matemática per se para dotarla de un entorno de usos y significados, lo que implica una transformación epistemológica y ontológica hacia una pluralidad de la base en la que se trama la matemática escolar. Esta base, que generalmente privilegia una única epistemología de objetos relacionada con la actividad intramatemática, y se redefine para incorporar un conocimiento funcional en la educación de las matemáticas, basado en la puesta en uso del conocimiento matemático de la gente en su cotidiano. Es así como se formula un modelo teórico metodológico que valoriza y revela a la actividad humana como una organización social y fuente donde se construye conocimiento (Cordero, 2001).

La ζ(Mod) se enmarca en la TSME, que tiene como objeto de estudio "los procesos de construcción social del conocimiento matemático y su difusión institucional" (Cantoral, 2016, pp. 49). Esta categoría tiene diferentes componentes para mirar a dichos procesos y su difusión (Ver Figura 1). Uno de ellos es un conocimiento funcional (P'), que surge del uso del conocimiento matemático de la gente $\mathcal{U}$(CM) en diferentes situaciones (S_{ij}, S_{kt}) correspondientes a diversos dominios (D_j, D_t). Este conocimiento funcional propone una epistemología para la educación de la matemática (eje institucionalización).

El $\mathcal{U}$(CM) teórica y metodológicamente tiene un entramado local y uno global. En el nivel local se analiza el funcionamiento y la forma del conocimiento matemático en una situación específica. El funcionamiento es la función orgánica de la situación que se manifiesta por las tareas que la componen, mientras que la forma es la clase de las tareas (Cordero & Flores, 2007). Lo anterior implica preguntarse para qué y cómo se usa el conocimiento matemático en la situación específica, respectivamente. Las tareas pueden ser actividades, acciones y ejecuciones llevadas a cabo en dichas situaciones; cuando la alternancia de tareas sucede y se genera un nuevo funcionamiento que debate con la forma de los usos ocurre la resignificación del uso del conocimiento matemático (Res$\mathcal{U}$(CM)) (Cordero & Flores, 2007).

En el nivel global se identifican los momentos de transversalidad en el uso del conocimiento matemático, el cual se caracteriza por una estructura denominada epistemología de usos (E_r) o *categoría de usos del conocimiento matemático*. Esta estructura subyace en la caracterización del uso de las matemáticas en diferentes situaciones. La estructura epistemológica se organiza en una situación núcleo y se desglosa en significados, procedimientos e instrumentos que generan una argumentación (Res$\mathcal{U}$(CM)) que es transversal (eje de transversalidad) en situaciones específicas de diferentes dominios y/o escenarios. Esos elementos transversales tienen, a su vez, componentes específicos asociados a los aspectos funcionales de la puesta en uso de determinado conocimiento matemático en la peculiaridad de la situación específica.

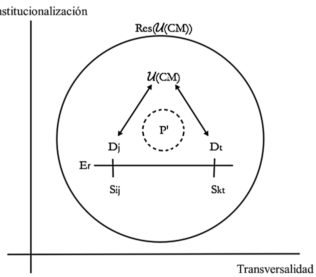
La estructura epistemológica tiene aspectos que la explican y que son a la vez los componentes metódicos para revelarla. Los significados se reflejan a través de argumentos situacionales que pueden basarse en conexiones consistentes con definiciones y propiedades, así como en interpretaciones personales y completas de imágenes y metáforas (Bishop, 1999, citado en

Buendía & Cordero, 2005). Los procedimientos son las operaciones inducidas por los significados y conceptos que se van construyendo progresivamente. Los instrumentos son sistemas de recursos para construir significados en el contexto de la interacción (Cordero, 2001).

Para la valorización y la revelación de los usos del conocimiento matemático podemos mirar a tres escenarios: académico-escuela, profesión-trabajo y vida-gente. El primero abarca los procesos de formación escolarizada, desde la clase de matemáticas hasta los proyectos prácticos de otras asignaturas, así como las producciones académicas y el desarrollo de los saberes disciplinares, por ejemplo, manuscritos, artículos, libros y libros de texto. El segundo se refiere a las disciplinas y a los especialistas en sus lugares de trabajo. Por último, el tercer escenario engloba a la gente en su cotidiano, en aquellos saberes tradicionales llamados oficios o en cualquier expresión de habilidades.

Figura 1

Categoría de modelación matemática socioepistemológica ζ(Mod)



Nota. Fuente: Adaptado de Cordero, et al. (2022a)

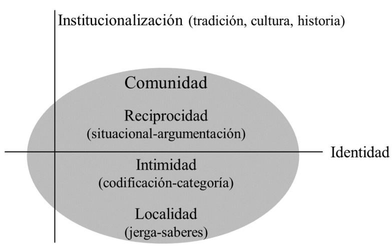
El uso del conocimiento matemático propio de una comunidad específica en una situación determinada define casos particulares, por lo que la investigación de estudios de caso resulta apropiada para abordar este fenómeno. Un estudio de caso implica una investigación detallada, a menudo con datos empíricos recopilados, que se centra en un caso bien definido para analizar el contexto y los procesos involucrados en el fenómeno (Merriam, 1998). Este tipo de investigaciones se caracteriza por ser un "proceso lineal, pero iterativo", compuesto por etapas como la planificación, diseño, preparación, recopilación, análisis y, finalmente, compartición de los resultados. Es esencial que el investigador revise y reexamine en cada fase las decisiones previas.

La comunidad de conocimiento matemático

En nuestras investigaciones nos interesa estudiar el conocimiento matemático propio de una comunidad en una situación determinada, por lo que concebimos las matemáticas como un producto cultural. En este sentido, el interés del estudio también está permeado por las condiciones que dan origen al saber, dadas las actividades humanas que pone en uso dicho conocimiento. Una herramienta teórico-metodológica para explicar la emergencia del uso del conocimiento matemático en una situación es el modelo de comunidad de conocimiento matemático (CCM), que también puede ser la unidad de análisis en las investigaciones (Figura 2). El modelo de CCM consta de tres elementos principales: la reciprocidad, la intimidad y la localidad. La reciprocidad se refiere al conocimiento generado por la existencia de un compromiso mutuo; la intimidad implica el uso de conocimiento propio y privado que no es público; y la localidad es el conocimiento que surge cuando existe una coincidencia en ideas, jerga disciplinar, trabajo u oficio, intereses, lo regional, entre otros (Cordero et al., 2014). Este modelo se complementa con dos ejes: el eje institucionalización y el de identidad. El eje de institucionalización se refiere a las reglas, tradiciones, cultura, historia y continuidad del uso del conocimiento en el seno de la comunidad en cuestión, mientras que el eje de identidad distingue la peculiaridad del conocimiento matemático de una comunidad en comparación a otra (Cordero, 2016; 2023).

Figura 2

Modelo de comunidad de conocimiento matemático (CCM)



Nota. Fuente: Tomado de Cordero (2016)

La cosmovisión de valorar los usos del conocimiento matemático en la actividad humana requiere una perspectiva etnográfica (Guber, 2013) para analizar de manera descriptiva e interpretativa los datos (Cohen et al., 2011). El objetivo es revelar la puesta en $\mathcal{U}$(CM) de la gente en su hacer, así como los entornos que lo propician. Por tanto, técnicas como la observación y las entrevistas semiestructuradas aplicadas a aquellos que ponen en uso su conocimiento matemático permiten caracterizar los elementos que componen el modelo de CCM y complementan la identificación de los $\mathcal{U}$(CM). En consecuencia, las principales fuentes de datos en este caso son las notas de campo y las grabaciones.

Además del modelo de CCM para la conformación de las epistemologías de uso y/o como una etapa inicial de la perspectiva etnográfica, también se puede llevar a cabo un análisis documental (Bowen, 2009) que considere herramientas para el estudio global y local de los usos del conocimiento matemático en la obra[3], ya sea matemática (la desarrollada para la formalización del conocimiento matemático) o de aquellas propias de determinadas disciplinas no matemáticas, pero donde se pone en uso el conocimiento matemático (por ejemplo, artículos, libros de textos de asignaturas no matemáticas, libros de la disciplina), y los libros de texto tradicionalmente utilizados para la enseñanza de las matemáticas. Algunos de estos elementos ya se han mencionado en el escenario académico-escolar y forman parte de lo que se denominó producciones académicas y libros de textos. El análisis documental es un procedimiento sistemático para examinar o evaluar documentos, y requiere que los datos se examinen e interpreten para obtener un significado, comprenderlos y desarrollar un conocimiento empírico (Bowen, 2009). El procedimiento analítico implica encontrar, seleccionar, evaluar (dar sentido) y sintetizar los datos contenidos en los documentos. El análisis documental proporciona datos (extractos, citas o pasajes completos) que deben organizarse para comprender y caracterizar el uso del conocimiento matemático en el documento analizado.

Algunas investigaciones en la ingeniería

Desde otros programas socioepistemológicos también se han abordado los usos del conocimiento matemático en la ingeniería. Por ejemplo, Torres Corrales y Montiel Espinosa (2020) investigaron en la formación de ingenieros mecatrónicos la desarticulación entre la enseñanza de la trigonometría en los cursos de matemáticas y los usos de las nociones trigonométricas que se presentan en el problema cinemático directo en un curso de robótica industrial. Además, Hinojos Ramos et al. (2021) estudiaron las series trigonométricas de Fourier en la ingeniería eléctrica, destacando que en los cursos de matemáticas en las escuelas se enfatiza en el aspecto operativo, relegando otros significados como las analogías del calor y la electricidad, el paradigma dinámico de la electricidad y el estado estacionario.

Después de explorar brevemente los aspectos teóricos y metodológicos de la investigación en el programa Soltsa, ejemplificaremos los usos del conocimiento matemático en algunas investigaciones en ingeniería, contrastándolos con los acercamientos tradicionales de la matemática escolar.

Por ejemplo, los ingenieros químicos industriales diagnostican el estado de salud de los transformadores eléctricos a través de la composición de gases en su interior. Según el estado y la temperatura, es posible anticipar las fallas de los transformadores eléctricos. Tradicionalmente, se valen de diferentes técnicas de diagnósticos, pero estas técnicas pueden generar falsos positivos, es decir, podrían indicar que el transformador tiene un fallo cuando en realidad no lo tiene. Ante esta problemática, una comunidad de ingenieros

[3] Entiéndase por obra a artículos, capítulos de libros, documentos, libros de textos o cualquier otra forma en que esté expresado un conocimiento de manera escrita.

en su actividad profesional creó un método gráfico de diagnóstico que resultó ser óptimo, y, por tanto, se reconoce como un conocimiento funcional. El método fue el resultado de la conformación de un registro histórico de la concentración de ocho gases presentes en el aceite del transformador. Luego, a partir del uso de las gráficas como control estadístico se pudieron percibir que podían asociar determinados elementos químicos con el tipo de fallas que pueden ocurrir en el transformador eléctrico (Pérez Oxté & Cordero, 2022).

La caracterización de la epistemología de usos del conocimiento matemático de esta CCM revela la emergencia de la anticipación de comportamientos a través de la periodización, es decir, mediante la segmentación de tiempos en períodos para analizar comportamientos gráficos. Esto contrasta con los métodos mecanicistas de optimización, tradicionalmente enseñados en la matemática escolar. La periodización se llevó a cabo utilizando el instrumento de interpolación de datos para organizar y definir comportamientos gráficos, esto es determinar qué concentración de cada elemento químico indicaba una falla o un buen estado de los transformadores. De esto surgió el procedimiento de periodizar y comparar los comportamientos en diferentes períodos, lo que permite identificar aquellos que son estables o extraordinarios a las concentraciones de los diferentes elementos químicos. Los comportamientos estables durante distintos periodos indican que el transformador está en buen estado. Entonces, anticipar los comportamientos es una argumentación que se construye con la idea de periodización (Pérez Oxté & Cordero, 2022).

En otro trabajo, Cordero et al. (2019) describen la enseñanza tradicional de la optimización como un proceso mecánico y carente de argumentación, centrado en la identificación de máximos o mínimos de funciones. En contraste, se identifica una situación de selección y construcción de un modelo de aproximación lineal en los aspectos analizados de los usos de la optimización en la obra *Mécanique Analytique* de Lagrange y en el trabajo de ingenieros mecatrónicos que interpretan datos sísmicos para obtener información geológica significativa. Para la recogida de datos sísmicos, un sensor de sonido registra la señal recibida (entrada), luego se genera una señal de salida mediante una función de transferencia, que se representa a través de imágenes. El desafío radica en que el número de imágenes es grande, lo que impide filtrarlas todas en un tiempo razonable, por lo que se seleccionan algunas. Esto conlleva subjetividad en la interpretación. Orozco et al. (2013 citado en Cordero et al., 2019) proponen un nuevo método para reducir los tiempos de interpretación de datos sísmicos utilizando un algoritmo genético para optimizar un núcleo que, cuando convoluciona[4] con la imagen sísmica, parece mejorar las características internas de los organismos de sal[5]. Los algoritmos genéticos emulan el proceso de evolución natural y se basan en dos premisas: la supervivencia del más fuerte y la mejora de nuevos individuos a través de la reproducción sexual (Cordero et al., 2019).

Por otro lado, en el mismo trabajo de Cordero et al. (2019), al analizar la obra *Mécanique Analytique* se encuentra que Lagrange establece la ecuación de equilibrio para abordar problemas de estática. Para ello determina los diferenciales de las ecuaciones que representan la fuerza de los cuerpos ($Pdp; Qdq; Rdr \ldots$) y de las ecuaciones que representan la resistencia (λdL, μdM, νdN). Es decir, adapta un patrón para que expresen las pequeñas variaciones y así buscar una relación mutua entre dos ecuaciones que expresen lo mismo (en este caso, el patrón relevante es la fuerza ejercida y no el tipo de ecuación). Luego, distingue las cualidades de las ecuaciones de condición, las cuales se multiplican por coeficientes indeterminados (λ, μ, ν) para generar una resistencia que soporte la fuerza de los cuerpos, logrando así una relación mutua entre ellas. De esta manera se conforma la ecuación de equilibrio $Pdp + Qdq + Rdr + \ldots . \lambda dL + \mu dM + \nu dN + \ldots = 0$

En este caso, el instrumento es lo estable de un comportamiento o el comportamiento ideal sobre el que suceden significados de patrones que buscan adaptarse a lo estable o al ideal. Estos significados generan procedimientos que distinguen cualidades para seleccionar lo óptimo del comportamiento. Estos elementos articulados cristalizan la situación de selección (Cordero et al., 2019) de la que se resignifica la optimización.

Otra resignificación de la optimización es abordada por Gómez (2015). La autora caracterizó el uso de las gráficas en una comunidad de conocimiento matemático de ingenieros agrónomos, quienes se ocupan del manejo de plagas. El conocimiento y control de la presencia de plagas está estrechamente ligado al estudio de la temperatura. La pregunta principal es: ¿Cuándo es el momento óptimo para aplicar un plaguicida y controlar la plaga sin dañar significativamente los niveles de calidad y producción de la planta? Por ende, es fundamental disponer de modelos de producción y desarrollo que consideren los umbrales de temperatura que indican el desarrollo de la plaga, con el objetivo de estabilizar su crecimiento sin que sea perjudicial para la producción ni el desarrollo del cultivo.

La primera tarea identificada en el estudio del control de plagas consiste en la caracterización de su nacimiento y crecimiento mediante la detección de los umbrales máximo y mínimo de temperatura ambiental de la planta.

---

[4] Dado que se trabaja en pixeles, la convolución es una suma finita (no una integral) en forma matricial.

[5] Los diapiros de sal son estructuras geológicas intrusivas formadas por masas de evaporitas (sales, anhidrita y yeso) que ascienden por las capas sedimentarias de la corteza terrestre, atravesándolas y deformándolas. Existe un gran interés por construir herramientas computacionales para ayudar a los intérpretes sísmicos a detectar diapiros de sal, ya que los objetivos de exploración petrolera pueden estar ubicados cerca o debajo de los cuerpos de sal (Orozco et al., 2013, citado en Cordero et al., 2019).

El uso de gráficas se caracteriza por la distinción de cualidades locales a partir de la detección del inicio y el fin de crecimiento de la plaga. Su funcionamiento radica en la caracterización del período de desarrollo de la plaga, y la forma está dada por el establecimiento de los umbrales inferior y superior de su temperatura.

Otra tarea implica el estudio de los diferentes tipos de plagas para una especie de cultivo o planta, siendo importante establecer los umbrales máximos y mínimos de temperatura para cada tipo. El uso de gráficas en este caso se orienta a adaptar la acumulación de la temperatura en la planta al transcurso de los días (ºD). El funcionamiento se expresa en la distinción de patrones de temperatura de cada tipo de plaga de acuerdo con su acumulación de ºD, calculada a través de la integral térmica, es decir, de la acumulación ºD.

La tercera tarea consiste en seleccionar el modelo ideal para encontrar el momento adecuado de aplicación del plaguicida. El uso de las gráficas en esta situación consiste en estabilizar los comportamientos de la acumulación de ºD de temperatura. Su funcionamiento implica determinar el mejor momento para aplicar el plaguicida y su forma se materializa mediante la construcción de un modelo óptimo para calcular la acumulación ºD.

Estas resignificaciones de los usos del conocimiento matemático abarcan varias dimensiones, no solo está en la problematización de una disciplina, sino también abordan ciertas acciones interdisciplinares. Por ejemplo, los sistemas biológicos mencionados en el trabajo de Cordero et al. (2019), citados anteriormente, han servido de inspiración para otras áreas de ingeniería, como la ingeniería biónica. Por otro lado, el trabajo desarrollado por Mendoza Higuera y Cordero (2018) problematiza los usos y significados de las ecuaciones diferenciales con coeficientes constantes. Estas ecuaciones representan modelos de estabilidad, es decir, son modelos que describen dos funciones con comportamientos similares, salvo algunas variaciones. Sin embargo, la noción de estabilidad en los cursos de ecuaciones diferenciales generalmente se limita a los temas referidos con las ecuaciones diferenciales no lineales.

El enfoque convencional de las ecuaciones diferenciales en la matemática escolar se centra en conocer métodos analíticos de solución según el tipo de la ecuación diferencial. No suele explorarse la relación entre la función y sus derivadas, ni se discuten las justificaciones desde otras disciplinas para construir ecuaciones diferenciales para modelar la estabilidad (Mendoza Higuera & Cordero, 2018). Sin embargo, el concepto de estabilidad se pone en uso en los sistemas de control en una comunidad de conocimiento de ingenieros biónicos, y en la obra matemática *The general problem of the stability of motion* de Aleksandr Mijáilovich Lyapunov, específicamente en el ítem 16 Teorema 1, conocido como el "método directo". Este método se basa fundamentalmente en el teorema de estabilidad de Lagrange-Dirichlet sobre la energía mecánica, derivado del estudio de sistemas de ecuaciones diferenciales lineales y no lineales.

Lyapunov caracteriza el comportamiento de movimientos no perturbados estables conocidos (en términos de la energía total) y busca una función que pueda modelar este comportamiento para determinar qué movimientos no perturbados desconocidos son estables y cuáles no lo son. Es decir, busca establecer la relación entre dos movimientos e identificar patrones de comportamiento del movimiento perturbado hacia el no perturbado. De esta manera, encuentra una función que modele el comportamiento de las trayectorias, lo que lleva a una resignificación de la estabilidad en la obra de Lyaponov: reproducir un comportamiento.

Para validar la transversalidad de la categoría de reproducción de comportamientos, los autores examinaron no solo la obra de Lyaponov, sino también a una comunidad de ingenieros biónicos en formación que, utilizando conocimientos de electrónica y biología, reproducen las características y estructuras de organismos vivos para crear sistemas artificiales. Esta comunidad fue observada mientras cursaban Modelado y Control de Sistemas Biológicos. Un concepto fundamental en esta asignatura, y de su formación en general, son los sistemas de control, los cuales se modelan mediante ecuaciones diferenciales. El objetivo de un sistema de control es regular las salidas en alguna manera predefinida mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control (Kuo, 1996 citado en Mendoza Higuera & Cordero, 2018).

En esa situación específica donde se pone en uso el conocimiento matemático, los estudiantes se propusieron controlar la temperatura de una bombilla dado un valor de referencia. Para ello, arman un modelo físico con los siguientes elementos: arduino board, foco, relay de estado sólido AC y sensor de temperatura. El profesor mencionó que al modelar la situación como un sistema de primer orden, la temperatura máxima que puede alcanzar el foco es una asíntota. Por lo tanto, tiene la dinámica de un fenómeno estable que se puede modelar mediante una función de transferencia la cual se ajusta para que refleje el comportamiento deseado. La temperatura se controla mediante un controlador ON-OFF que se apaga cuando la temperatura supera el valor de referencia. Mendoza Higuera y Cordero (2018) sostienen que en esta situación se resignifica la reproducción de comportamientos presente en la obra de Lyaponov.

Otras disciplinas también exploran los sistemas de control, como lo evidencia el estudio de Giacoleti Castillo et al. (2024) sobre una comunidad de conocimiento matemático de ingenieros electrónicos en formación mientras diseñan un sistema de control. Los usos y significados asociados a la Transformada de Laplace en esta situación difieren de los enfoques de la matemática escolar, donde principalmente se utiliza como una herramienta para resolver ecuaciones diferenciales.

El sistema que abordaron implica controlar la temperatura del agua en un cultivo de espirulina, donde la temperatura óptima debe oscilar de 31ºC a 39ºC. Sin embargo, la temperatura del agua en el recipiente se ve afectada frecuentemente por diversos factores, incluida la temperatura del ambiente. Para mitigar este problema, diseñaron un sistema que mantuviera la temperatura del agua dentro de un rango deseado de 33-37ºC. Esto implicó la construcción de un equipo físico que monitoreara constantemente la temperatura del agua y que activara bombas para recircular el agua cuando estuviera fuera del rango deseado. Si la temperatura superaba los 37ºC se bombeaba agua fría, mientras que si era inferior a 33ºC se bombeaba agua caliente. Una vez que la temperatura del agua volvía al rango deseado, la recirculación se detenía.

Los componentes clave de este sistema de control incluyen la señal de entrada, que establece el rango de la temperatura deseada, y la señal de salida, que representa la temperatura del agua. Estos dos componentes expresan una tendencia en un rango óptimo para el crecimiento de las algas, misma que se reproduce de manera continua a lo largo del tiempo.

En esa investigación de Giacoleti Castillo et al. (2024) se presentan dos usos de la Transformada de Laplace. Uno de ellos es determinar un comportamiento al temporalizar. En este caso, su funcionamiento consiste en detectar el comportamiento de la temperatura reproducida a través del tiempo, y su forma radica en la identificación de la temperatura del agua y compararla con la deseada. El otro uso consiste en organizar un comportamiento con tendencia dentro de un rango específico. Su funcionamiento implica mantener el comportamiento de la temperatura con tendencia dentro de un rango de tiempo dado, y su forma se materializa en la modificación de la temperatura del agua mediante la recirculación.

En resumen, estos significados y usos conforman una epistemología matemática que podría ser de gran beneficio para la educación en matemáticas. Dotar al currículo de un marco de referencia como este permitiría resignificarlo, predecir posiciones y acumulaciones para derivar e integrar, determinar comportamientos tendenciales para agregar funciones, reproducir comportamientos para formular ecuaciones diferenciales, seleccionar patrones adaptativos para optimizar, compensar para calcular promedios aritméticos y anticipar comportamientos para periodizar (Cordero, 2023; Cordero et al., 2022a).

Conclusiones

Existen investigaciones que señalan la incapacidad o la dificultad de los estudiantes para establecer conexiones entre el mundo real y las matemáticas

(Crouch & Haines, 2004). Las actividades de modelización comúnmente abordadas en este tipo de investigaciones pueden resultar difíciles para los estudiantes, ya que a menudo presentan situaciones cuya matematización o solución no es fácil de determinar. Además, estas actividades suelen requerir de diferentes saberes y fuentes de información complementarias para ampliar el panorama del estudiante más allá de sus propias experiencias, elementos que generalmente no se les propician. Por tanto, estas actividades contrastan con la realidad en el lugar de trabajo, donde se tiene acceso a diversas fuentes de conocimiento, herramientas tecnológicas y usos del conocimiento matemático que forman parte de la comunidad en la que se encuentran, así como el trabajo interdisciplinario con otros profesionales.

No se trata únicamente de la incapacidad o dificultad del estudiante o del docente, sino de comprender ¿cuáles son los usos y significados de cierto conocimiento matemático?, ¿cómo se caracteriza la situación donde se pone en uso dicho conocimiento matemático?, o, si nos encontramos en una situación particular, nos debemos preguntar ¿qué matemática?, ¿cuál es el uso del conocimiento matemático de la gente en esa situación? Se trata entonces de "una relación bien entendida entre las matemáticas y el mundo real [que] sólo se produce a través de la interacción entre estas cuestiones cuando se enriquecen mutuamente" (Stillman et al., 2023 pp. 27). Es decir, sí existe un diálogo horizontal y recíproco entre las matemáticas y el conocimiento disciplinar, como en los casos aquí tratados, que involucran las matemáticas y las ingenierías.

En términos sencillos, la ζ(Mod) representa una visión de cómo la gente usa el conocimiento matemático en su cotidiano, ya sea en escenarios académico-escolar, trabajo-profesión o la vida-gente. Además, en cada uno de estos escenarios existen diferentes dominios del conocimiento; por ejemplo, en el escenario del trabajo-profesión se encuentra la ingeniería y la biología. Incluso dentro de la ingeniería podemos identificar distintos dominios, como la ingeniería eléctrica y la mecatrónica. Es decir, la gente usa su conocimiento matemático en diversas situaciones específicas de su cotidiano. Por lo tanto, las tareas realizadas en cada una de estas situaciones son distintas, lo que implica que el funcionamiento y la forma de uso del conocimiento matemático varían en cada situación específica; sin embargo, dado el núcleo de las situaciones hay argumentos transversales, es decir, se resignifica el uso del conocimiento matemático en diferentes situaciones específicas.

La ζ(Mod) propone un enfoque teórico y metodológico para un paradigma adaptativo, dinámico y emergentista[7]. Este paradigma se destina a la investigación en Matemática Educativa y a la creación de marcos de referencias para la educación de las matemáticas. Al cuestionarnos cómo modela la gente en su cotidiano, surgen diversos usos y significados de las matemáticas.

Estos se resignifican ante nuevas situaciones, las cuales están influenciadas por la cultura, los avances científicos y tecnológicos, los desafíos a los que nos enfrentamos y otras condiciones que permean nuestra actividad humana. Por consiguiente, también influyen en la manera en que ponemos en uso nuestro conocimiento matemático. En ese sentido, esta categoría se confronta con la matemática escolar tradicional, concebida como una matemática universal, secuenciada e inmutable.

La relación entre la matemática y el mundo real no es trivial; más bien, es un proceso histórico y cultural que ha sido institucionalizado por saberes disciplinares y populares a través de la puesta en uso del conocimiento matemático, la acumulación de conocimientos, el perfeccionamiento de sus técnicas, el aprovechamiento de los avances tecnológicos, el diálogo entre saberes de distintas naturalezas y otras formas de construcción social de conocimiento. La ζ(Mod) representa la expresión de esta construcción social del conocimiento matemático para su enseñanza y aprendizaje. Por lo tanto, ofrece herramientas teórico-metodológicas para conformar una base epistemológica de los usos del conocimiento matemático, incluyendo sus significados, instrumentos, procedimientos y argumentos naturales provenientes de diversos campos del saber. Al utilizar esta base en la elaboración de diseños escolares para estudiantes y docentes, se propicia la emergencia de los usos del conocimiento matemático en ellos.

Por ejemplo, para hacer frente a los desafíos del cambio climático, Martin et al. (2022) plantean que será necesario que los ingenieros utilicen habilidades en las que actualmente se hace poco hincapié, o incluso se ignoran, en su formación actual. Incorporar el clima y la sostenibilidad implica, en primer lugar, asegurarse de que comprendan los fundamentos de la ciencia del clima y sus efectos. Además, la ingeniería sensible al clima requiere una apreciación de la complejidad de los procesos biológicos y ecológicos. Para comprender la complejidad del fenómeno en sí y la sofisticada respuesta que requiere, necesitamos recurrir a la teoría de la complejidad (Boylan 2017; Coles, 2017; Karrow et al. 2017).

Sin embargo, según Davis y Simmt (2016) y Davis y Sengupta (2020), una crítica común al programa de estudios de matemáticas de las escuelas contemporáneas es que poco de su contenido refleja los avances matemáticos desarrolladas después de los siglos XVI o XVII. Además, se ajustan a una visión particular del mundo centrada en relaciones causales y lineales. Ambas

[7] Los elementos adaptativo, dinámico y emergentista provienen de la teoría de la complejidad y forman parte de una discusión teórica que estamos teniendo con base en la implementación de los resultados obtenidos en la Matemática Educativa como disciplina para la educación de la matemática Adaptativa. Se refiere a que se retroalimenta del entorno para mantener su funcionalidad y robustecerse; dinámico hace referencia al cambio de su estado con el tiempo, y emergentista hace referencia a que la interacción entre sus elementos brinda información nueva que también debe de ser estudiada.

preocupaciones podrían abordarse incorporando contenido basado en la complejidad en los planes de estudio. Siguiendo esta problemática, actualmente se está llevando a cabo una investigación doctoral cuyo objetivo es caracterizar los usos del conocimiento matemático asociados a la teoría de la complejidad en situaciones de análisis de cambio climático en diferentes escenarios (Barrios Borges y Cordero, 2023).

Con esta perspectiva de estudio podemos responder las preguntas al inicio del capítulo: ¿qué son las matemáticas? ¿qué son las realidades?, ¿son mutuamente excluyentes las matemáticas y las realidades? Las significaciones y usos de la matemática son intrínsecos a las realidades, por lo tanto, abordar la problemática de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas no consiste en relacionar los mundos de las matemáticas y la realidad, sino en entenderlos como un único mundo: los usos y significados de la matemática en el cotidiano. Este enfoque conlleva a un cambio educativo y requiere de su incorporación en la formación docente. Será necesario crear constructos y métodos ad hoc para este propósito.

Referencias

Arendt, H. (2005). La condición humana. Paidós.

Barrios Borges, E. & Cordero, F. (2023). The climate is changing. And what about mathematics education? En The International Commission on Mathematical Instruction (Ed.), *Proceedings of Mathematics Education and the Socio-Ecological ICMI Symposium*. ICMI.

Biehler, R., Liebendörfer, M., Gueudet, G., Rasmussen, C., & Winsløw, C. (Eds.). (2022). *Practice-oriented research in tertiary mathematics education*. Springer. https://doi.org/grmtrh

Biza I., Geraldo V., Hochmuth R., Khakbaz A., & Rasmussen, C. (2016). *Research on teaching and learning mathematics at the tertiary level: state-of-the-art and looking ahead*. Springer. https://doi.org/n25d

Bowen, G. A. (2009) Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal, 9*(2), 27–40. https://doi.org/d4ngt9

Boylan, M. (2017). Towards a mathematics education for ecological selves. *Philosophy of Mathematics Education Journal, 32.* https://bit.ly/3WqPmpc

Buendía, G., & Cordero, F. (2005). Prediction and the Periodical Aspect as Generators of Knowledge in a Social Practice Framework. *Educational Studies in Mathematics, 58*(3), 299–333. https://doi.org/bbgtv2

Cantoral, R. (2016). *Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa. Estudios sobre construcción social del conocimiento* (2ª edición). Gedisa.

Cohen, L., Manion, L., & Mohinson, K. (2011). *Research methods in education* (7th ed.). Routledge.

Coles A. (2017). Habits and binds of mathematics education in the Anthropocene, *Philosophy of Mathematics Education Journal, 32*. https://bit.ly/40ifweR

Cordero, F. (2001). La distinción entre construcciones del Cálculo. Una epistemología a través de la actividad humana. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa 4*(2), 103–128. https://www.relime.org/index.php/relime/article/view/573

Cordero, F. (2016). Modelación, Funcionalidad y Multidisciplinariedad: El Eslabón de la Matemática y el Cotidiano. En J. Arrieta Vera, & L. Díaz Moreno, (Eds.), *Investigaciones Latinoamericanas en Modelación Matemática Educativa* (pp. 59–88). Díaz de Santos.

Cordero, F. (2023). *Las Matemáticas, sus Usos y Significados. Un Programa Socioepistemológico de la Matemática Educativa*. Gedisa.

Cordero, F., del Valle, T., & Morales, A. (2019). Usos de la optimización de ingenieros en formación: el rol de la ingeniería mecatrónica y de la obra de Lagrange. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 22*(2), 185–212. https://doi.org/n25f

Cordero, F., & Flores, R. (2007). El uso de las gráficas en el discurso matemático escolar. Un estudio socioepistemológico en el nivel básico a través de los libros de texto. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 10*(1), 7–38. https://relime.org/index.php/relime/article/view/417

Cordero, F., Méndez, C., Parra, T., & Pérez, R. (2014). Atención a la Diversidad. La Matemática Educativa y la Teoría Socioepistemológica. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática, 7*(3), 71–90. https://bit.ly/42dXjSg

Cordero, F.; Mendoza-Higuera, E. J.; Pérez-Oxté, I.; Huincahue, J. & Mena-Lorca, J. (2022a) A Category of Modelling: The Uses of Mathematical Knowledge in Different Scenarios and the Learning of Mathematics. En M. Rosa, F. Cordero, D. Orey, & P. Carranza (Eds), *Mathematical Modelling Programs in Latin America. A Collaborative Context for Social Construction of Knowledge for Educational Change* (pp. 247–267). Springer. https://doi.org/n25h

Cordero, F., Rosa, M., Orey, D., & Carranza, P. (2022b). *La modelación en la vida de la gente.* Gedisa.

Crouch, R., & Haines, C. (2004). Mathematical modelling: Transitions between the real world and the mathematical model. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 35*(2), 197–206. https://doi.org/dhkh7j Davis, B. & Sengupta, P. (2020). Complexity in Mathematics Education. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 113–117). Springer. https://doi.org/n25k

Davis, B. & Simmt, E. (2016). Perspectives on Complex Systems in Mathematics Learning. En L. D. English, & D. Kirshner, (Eds.), *Handbook of International Research in Mathematics Education* (3rd edition, pp. 416–432). Routledge.

Giacoleti-Castillo, F., Cordero, F., Barrios-Borges, E. & Marcia-Rodríguez, S. (2024). Usos de la modelación matemática de la Ingeniería. Marco de referencia alternativo para el docente. En M.D. Aravena-Díaz, & D.Díaz-Levicoy (Eds.), *Modelación matemática y resolución de problemas: Retos y oportunidades* (pp. 103–130). Centro de Investigación en Educación Matemática y Estadística, Universidad Católica del Maule.

Gómez, K. (2015). *El fenómeno de opacidad y la socialización del conocimiento. Lo matemático de la Ingeniería Agrónoma* [Tesis de doctorado no publicada, CINVESTAV—IPN, México].

Guber, R. (2013). *La articulación etnográfica*. Ediciones Biblos/Culturalia.

Hinojos-Ramos, J., Farfán, R. & Orozco, M. (2021). An alternative to broaden the school-promoted meanings of mathematics in electrical sciences from socio-epistemology. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 52*(8), 1161–1174. https://doi.org/n25m

Hochmuth, R. (2020). Service-Courses in University Mathematics Education. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 770–774). Springer. https://doi.org/n25n

Kaiser, G., & Sriraman, B (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM, 3*(38), 302–310. https://doi.org/df4smp

Karrow, D. D., Khan, S. K. & Fleener, J. (2017). Mathematics Education's Ethical Relation With And Response To Climate Change. *Philosophy of Mathematics Education Journal, 32*. https://bit.ly/42pKnIS

Martin, M. J.; Diem, S. J.; Karwat, D. M. A.; Krieger, E. M.; Rittschof, C. C.; Bayon, B.; Aghazadeh, M; Asensio, O.; Zeilkova, T. J., Garcia-Cazarin, M., Maurosa, J. G. A., & Mahmound, H. (2022) The climate is changing. Engineering education needs tochange as well. *Journal Engineering Education, 111*(4), 740–746. https://doi.org/n25p

Mendoza Higuera, J., & Cordero, F. (2018). La modelación en las comunidades de conocimiento matemático. El uso de las matemáticas en ingenieros biónicos. El caso de la estabilidad. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática, 11*(1), 36–61. https://bit.ly/40CnC3n

Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education.* Jossey-Bass.

Pérez-Oxté, I., & Cordero, F. (2022). Modelling and Anticipation of Graphical Behaviors in Industrial Chemical Engineering: The Role of Transversality of Knowledge in Learning Mathematics. En M. Rosa, F. Cordero, D. C. Orey, & P. Carranza, (Eds.), *Mathematical Modelling Programs in Latin America.* Springer. https://doi.org/n25q

Peña Acuña, F., Solares Rojas, A., Preciado Babb, A.P., & Ortiz Rocha, Y. A. (2023). Comparación de Tendencias sobre la Modelización Matemática entre Latinoamérica y el Resto del Mundo: Una Revisión Bibliográfica. *Bolema: Boletim De Educação Matemática, 37*(76), 532–554. https://doi.org/nztk

Preciado Babb, A.P., Peña Acuña, F., Ortiz Rocha, Y.A., & Solares Rojas, A. (2023). Diversity of Perspectives on Mathematical Modelling: A Review of the International Landscape. En G. Greefrath, S. Carreira, & G.A. Stillman, (Eds.), *Advancing and Consolidating Mathematical Modelling* (pp. 43–57). Springer. https://doi.org/nztj

Stillman, G.A., Ikeda, T., Schukajlow, S., de Loiola Araújo, J., & Ärlebäck, J.B. (2023). Survey of Interdisciplinary Aspects of the Teaching and Learning of Mathematical Modelling in Mathematics Education. En G. Greefrath, S. Carreira, G. A. Stillman, (Eds.), *Advancing and Consolidating Mathematical Modelling. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (pp. 21–41). Springer. https://doi.org/n25s

Torres Corrales, D. & Montiel Espinosa, G. (2020). La desarticulación matemática en Ingeniería. Una alternativa para su estudio y atención, desde la Matemática Educativa. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 29*(58–1), 24–55. https://doi.org/n25t

Winsløw, C., & Rasmussen, C. (2020). University Mathematics Education. En S. Lerman, (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 881–890). Springer. https://doi.org/n25v