



Entramado

ISSN: 1900-3803

ISSN: 2539-0279

Universidad Libre de Cali

Mejía-Aguilar, Guillermo; Arévalo-Viveros, Luis Fernando;
Lizcano-Dallos, Adriana Rocío; Mendoza-Higuera, Edith Johanna
Trayectorias de la enseñanza de las matemáticas en ingeniería: entornos colombiano y norteamericano *
Entramado, vol. 19, núm. 1, 2023, Enero-Junio, pp. 1-18
Universidad Libre de Cali

DOI: <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.8571>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265475272015>

- ▶ [Cómo citar el artículo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Más información del artículo](#)
- ▶ [Página de la revista en redalyc.org](#)

 redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Trayectorias de la enseñanza de las matemáticas en ingeniería: entornos colombiano y norteamericano *

Guillermo Mejía-Aguilar **

PhD, profesor titular de la Universidad Industrial de Santander; Bucaramanga – Colombia
gmejia@uis.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-3829-7730>

**Autor para correspondencia

Luis Fernando Arévalo-Viveros

PhD, Profesor titular de la Universidad Industrial de Santander; Bucaramanga – Colombia
lufareva@uis.edu.co  <https://orcid.org/0000-0001-9560-7443>

Adriana Rocío Lizcano-Dallos

PhD (c), Profesor titular de la Universidad Industrial de Santander; Bucaramanga – Colombia
alizaciono@uis.edu.co  <https://orcid.org/0000-0001-6135-1662>

Edith Johanna Mendoza-Higuera

PhD, Profesor cátedra de la Universidad Industrial de Santander; Bucaramanga – Colombia
edith.mendoza@correo.uis.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-6159-5015>

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Educación en ingeniería;
educación matemática;
enseñanza de la matemática;
currículo

Este texto presenta una revisión sistemática de artículos científicos, tipo scoping review, sobre educación matemática en programas de ingeniería, en los entornos colombiano y norteamericano, durante el periodo 2000 – 2020. La exploración, surgida del proyecto de investigación “Fundamentos teóricos y metodológicos de la enseñanza de la matemática en ingeniería”, siguió los protocolos del Instituto Joanna Briggs y consideró literatura especializada incluida en Scopus y Pubindex. La información, clasificada como “experiencia pedagógica”, “reflexión” o “revisión”, permitió describir tendencias de investigación y acción respecto a la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación de las matemáticas en ingeniería. Los resultados permitieron concluir que en el contexto norteamericano existe un interés significativo por la investigación sobre el aprendizaje, el currículo y la evaluación de las matemáticas en ingeniería, desde enfoques sistémicos, interdisciplinarios y socioculturales. En contraste, la literatura sobre el tema en Colombia presenta una tendencia al estudio de procesos de enseñanza, desde perspectivas disciplinares y cognitivas de la educación matemática.

Recibido: 01/03/2022 Aceptado: 30/09/2022

* Proyecto identificado con código 2021-FM-01 financiado por la Universidad Industrial de Santander en el marco de la Convocatoria Generando Espíritu Científico. Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) Published by Universidad Libre - Cali, Colombia.

Cómo citar este artículo: MEJÍA-AGUILAR, Guillermo; ARÉVALO-VIVEROS, Luis Fernando; LIZCANO-DALLOS, Adriana Rocío; MENDOZA-HIGUERA, Edith Johanna. Trayectorias de la enseñanza de las matemáticas en ingeniería: entornos colombiano y norteamericano. *En: Entramado*. Enero - Junio, 2023. vol. 19, no. 1, e-8571 p. 1-18 <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.8571>



Teaching trends of mathematics in engineering: Colombian and North American contexts

ABSTRACT

KEYWORDS

Engineering education;
mathematics education;
mathematics teaching;
curriculum

This paper presents a systematic review of scientific articles, scoping review type, on mathematics education in engineering programs, in the Colombian and North American environments, during the period 2000 - 2020. The exploration, which arose from the research project "Theoretical and methodological foundations of mathematics education in engineering", followed the protocols of the Joanna Briggs Institute and considered specialized literature included in Scopus and Publindex. The information, classified as "pedagogical experience", "reflection" or "review", allowed describing research and action trends regarding teaching, learning, curriculum and assessment of engineering mathematics. The results allowed concluding that in the North American context there is a significant interest in research on learning, curriculum and assessment of engineering mathematics, from systemic, interdisciplinary and sociocultural approaches. In contrast, the literature on the subject in Colombia presents a tendency to study teaching processes from disciplinary and cognitive perspectives of mathematics education.

Trajetórias da educação matemática em engenharia: cenários colombiano e norte-americano

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE

Educação em engenharia;
educação em matemática;
ensino de matemática;
currículo

Este texto apresenta uma revisão sistemática de artigos científicos, tipo revisão de escopo, sobre educação matemática em programas de engenharia, nos ambientes colombiano e norte-americano, durante o período de 2000 a 2020. A exploração, decorrente do projeto de pesquisa "Fundamentos teóricos e metodológicos da educação matemática em engenharia", seguiu os protocolos do Instituto Joanna Briggs e considerou literatura especializada incluída no Scopus e no Publindex. As informações, classificadas como "experiência pedagógica", "reflexão" ou "revisão", permitiram descrever as tendências de pesquisa e ação em relação ao ensino, aprendizagem, currículo e avaliação da matemática de engenharia. Os resultados levaram à conclusão de que no contexto norte-americano há um interesse significativo na pesquisa sobre aprendizagem, currículo e avaliação de matemática de engenharia a partir de abordagens sistêmicas, interdisciplinares e socioculturais. Em contraste, a literatura sobre o assunto na Colômbia mostra uma tendência a estudar os processos de ensino a partir de perspectivas disciplinares e cognitivas da educação matemática.

I. Introducción

La observación, análisis y evaluación de la calidad de los procesos educativos en la educación superior representa un desafío significativo para las comunidades académicas, debido a la diversidad de factores que inciden en la enseñanza, el aprendizaje y la formación integral de los educandos. En consecuencia, la búsqueda de calidad educativa se ha convertido en práctica cultural, propósito político y objeto de estudio de interés para Estados, instituciones de educación superior y organizaciones internacionales de diferente índole. Como ilustración, la política de educación de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO, promueve la universalidad, internacionalización y la calidad de la educación, factores considerados decisivos para el desarrollo mundial del siglo XXI ([UNESCO, 2010](#)). En tal sentido, la calidad de la educación se formula como uno de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en nuestro tiempo. Como ODS, la calidad de la educación busca asegurar una formación técnica, tecnológica y profesional de calidad, que desarrolle las competencias apropiadas para el ejercicio laboral y ofrecer soluciones sostenibles a problemas actuales ([Tawil, Sachs-Israel, Le Thu, y Eck., 2016](#)).

Por lo anterior, Colombia ha planteado una estrategia para formalizar su compromiso con los ODS. Como se evidencia en el documento CONPES 3918 de 2018, en relación con el objetivo referente a la "Calidad de la Educación", el país propuso

ampliar a un 80% la tasa de cobertura de la educación superior para el 2030, ya que registraba un 53% en 2017 ([Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2018](#)). No obstante, se debe entender que el compromiso con la educación superior, en general, y en ingeniería en particular, es que las estrategias a implementar para desarrollar el ODS “Calidad de la Educación”, no solo debe implicar índices de cobertura, sino también índices de desarrollo y calidad con la que es ofrecida dicha educación. Esta postura nacional hace pertinente la investigación sobre la calidad de la educación en los programas de ingeniería, campo de formación fundamental para lograr un desarrollo económico sostenible y el bienestar de la sociedad ([Hoffer, 2007](#)). Es menester que el desempeño profesional de los ingenieros deba ser garantizado por una formación académica e integral apropiada, de manera que los profesionales de este campo contribuyan a alcanzar los propósitos de desarrollo y bienestar de la sociedad.

En Colombia se reconoce la trascendencia de la formación de los ingenieros como agentes de desarrollo. Es por esto que la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) ha llamado, igualmente, a favorecer la excelencia y la calidad de la enseñanza en ingeniería, a modernizar las estructuras curriculares de los programas académicos, a trabajar por la homologación internacional de estudios y a mejorar las estrategias de formación ([Silva, 2006](#)).

Por ello, los procesos de acreditación de las instituciones de educación superior juegan un papel fundamental como garantía de formación, ya que se basan en principios de calidad, pretendiendo una evaluación y mejora continua de la enseñanza y del aprendizaje. La acreditación nacional o internacional es un instrumento de reafirmación del estatus, legitimidad e idoneidad de una institución o programa, a través del logro de un cierto umbral de calidad, determinado por organizaciones como el Ministerio de Educación Nacional de Colombia o ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology, por sus siglas en inglés) ([Mejía-Aguilar, Caballero-Márquez, Huggins y Bautista-Rozo, 2020](#)).

Por otra parte, es preciso considerar que en la formación de profesionales de la ingeniería ha primado la enseñanza de la matemática como ciencia básica, debido a la relación estrecha que siempre ha existido entre estos campos de conocimiento. Las matemáticas han sido parte integral de la ingeniería ya que soportan los análisis cuantitativos de los sistemas de ingeniería, de hecho, hacen parte del fundamento para analizar y resolver problemas de ingeniería (ASCE, 2019, p.10). Es así que, en el proceso de acreditación ABET, se promueve el desarrollo de la capacidad de los estudiantes para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería mediante la aplicación de principios de ingeniería, ciencia y matemáticas, como uno de los logros o competencias de los estudiantes ([Mejía-Aguilar et al., 2020](#)).

En este sentido, la educación matemática, como disciplina que estudia las problemáticas de enseñanza y de aprendizaje de la matemática en los diferentes niveles educativos, ha tenido que enfrentar los desafíos que implica la formación matemática de profesionales de diversos campos. Así, al responder ante dicha problemática general han surgido teorías de perspectivas cognitivas y socioculturales que han aportado metodologías de enseñanza, maneras de estudiar el aprendizaje, recursos didácticos y tecnológicos que, de una u otra manera, afectan la formación de los ingenieros. Sin embargo, al parecer, estos aportes aún no redundan de manera significativa en la práctica educativa, ya que los resultados que se observan en las diferentes pruebas estandarizadas no evidencian los desempeños esperados.

A partir del entorno descrito, la revisión sistemática que se presenta en este artículo surge del proyecto de investigación, “Fundamentos teóricos y metodológicos de la enseñanza de la matemática en ingeniería”¹, que planteó como objetivo general, “identificar las temáticas de interés y tendencias teóricas y metodológicas que fundamentan la enseñanza de las matemáticas en la formación de los ingenieros”. De manera específica, se propuso determinar las características y tendencias de la enseñanza de las matemáticas que orientan la formación en ingeniería, con base en lo publicado en la literatura especializada y hacer un análisis comparativo entre estudios publicados en Colombia y Norteamérica (Canadá y Estados Unidos).

A pesar de que bases bibliográficas como SCOPUS evidencian que sobre educación matemática se ha escrito de manera significativa desde hace más de cincuenta años, la producción científica sobre enseñanza de la matemática en educación superior, concretamente en ingeniería, tiene una trascendencia reciente. De forma general, se evidencia que la educación matemática en ingeniería es una línea de investigación emergente. En Colombia, por ejemplo, se empiezan a conocer algunos estudios que tratan la relación matemática e ingeniería desde dos aspectos, uno de ellos, sobre las herramientas y estrategias de enseñanza de la matemática en ingeniería ([Toro-Carvajal, Ortiz-Álvarez, 2016](#); [Bravo-Bohórquez, Castañeda-Rodríguez, Hernández-Yomayusa, y Hernández-Hernández, 2016](#)), otro aspecto refiere las competencias académicas en matemáticas ([Caligaris, Rodríguez, Faveri y Laugero, 2018](#); [Mejía-Aguilar, Arenas y Sierra, 2014](#)).

La revisión sistemática expuesta permitió organizar los campos temáticos identificados en los artículos como “Aprendizaje y Educación Matemática”, “Enseñanza y Educación Matemática”, “Currículo” y “Evaluación”. Con este ejercicio descriptivo e interpretativo se pretende contribuir a la identificación y análisis de las tendencias teóricas y metodológicas de la educación matemática en ingenierías, con el fin de asumirlas de forma crítica, resignificarlas y adaptarlas, según los diversos contextos de desarrollo y aplicación.

2. Metodología

Para identificar y analizar las tendencias teóricas y metodológicas de la educación matemática en ingenierías, en los entornos colombiano y norteamericano, este estudio adaptó una alternativa metodológica de revisión sistemática de publicaciones académicas (i.e. artículos de investigación) tipo Scoping Review definida en cinco fases: 1) planteamiento de la pregunta orientadora de la revisión, 2) definición de la estrategia de búsqueda de artículos, 3) selección de estudios relevantes, 4) organización y análisis de la información y 5) presentación de resultados ([Arkser y O'Maller, 2005](#); [The Joanna Briggs Institute, 2015](#)).

2.1. Preguntas orientadoras

Para lograr el objetivo y orientar la metodología propuesta, la revisión sistemática de artículos del presente estudio respondió a las siguientes preguntas: a) ¿cuáles son los campos temáticos de las investigaciones en la educación matemática en la ingeniería?, b) ¿cuáles son los objetos de estudio de las investigaciones en la educación matemática en ingeniería?, c) ¿cuáles son las asignaturas u objetos de la matemática que son estudiados en las investigaciones? y d) ¿cuáles son los métodos de enseñanza, recursos didácticos y modelos curriculares estudiados en las investigaciones? Con base en estos interrogantes se identificó que la población beneficiaria de los resultados de la revisión estaría integrada por profesores e investigadores interesados en las matemáticas, la educación matemática y la formación de ingenieros.

De forma complementaria, las preguntas permitieron plantear los conceptos principales que, a su vez, fueron los términos clave para conformar las ecuaciones de búsqueda, tales como: educación matemática, educación en ingeniería y educación universitaria. Finalmente, de manera conexas, se identificó el contexto de análisis de la revisión, definiéndose como educación matemática en ingeniería desarrollada en los entornos académicos de la educación superior colombiana y norteamericana.

2.2. Estrategia de búsqueda

Como se estudiaron dos entornos, Colombia y Norteamérica (Canadá y Estados Unidos), en el caso colombiano se partió de la identificación de revistas indizadas en el año 2020 en Pubindex¹, seleccionando aquellas cuyo campo temático estuviera relacionado con la educación matemática, la ingeniería, la educación en ingenierías o ciencia y tecnología. Una vez identificadas las revistas, se procedió a aplicar la ecuación de búsqueda en cada una de ellas y se seleccionaron los artículos a partir de la revisión de títulos y resúmenes.

Para la selección de la base de artículos del caso norteamericano inicialmente se tomaron las bases de datos de referencias bibliográficas y citas SCOPUS y Web of Science- WOS, filtrando por el tipo de documento artículo, para garantizar la calidad de la publicación mediante la aplicación del proceso de revisión por pares. No obstante, los resultados obtenidos en WOS no aportaron artículos diferenciales con respecto SCOPUS, por cuanto la ecuación de búsqueda final se aplicó únicamente en SCOPUS.

Las palabras clave utilizadas, incluyendo comodines, para la construcción de la ecuación de búsqueda en inglés y español se presentan en [Tabla 1](#).

Tabla 1.
Palabras clave de la ecuación de búsqueda

Tópico	Palabras clave en español	Palabras clave en inglés
Educación matemática	Educación matemática	Math* educ*
Ingeniería	Ingeniería	Engineer* Engineering education
Educación superior	Educación superior Universidad*	Higher education Universit*

Fuente: Elaboración propia

La búsqueda en SCOPUS se realizó el 17 de abril de 2020 con base en ecuaciones booleanas. Para la organización de la ecuación de búsqueda se unieron las palabras clave dentro de un tópico mediante el operador booleano OR y para unir las palabras entre los distintos tópicos o limitar el alcance se utilizó el operador AND. La siguiente ecuación fue la empleada: TITLE-ABS-KEY (“Mathematics education” AND (“Engineering education” OR “Higher education”)) AND LIMIT-TO (SUBJAREA, “ENGI”). Los resultados se filtraron para artículos publicados entre el 2000 y el 2020, con disponibilidad de texto completo, lo anterior con el fin de ubicar un rango de investigación lo suficientemente amplio, especialmente al considerar la poca disponibilidad de documentos en Colombia.

2.3. Selección de artículos

La selección de documentos relevantes se basó en los siguientes criterios: artículos publicados en revistas con un proceso editorial de revisión por pares, con fecha de publicación entre 2000 y 2020, disponibles en texto completo, que refirieran la implementación de una propuesta pedagógica o didáctica, una reflexión sobre la enseñanza o el aprendizaje de algún concepto matemático en programas de pregrado en ingeniería o que describieran revisiones sobre la enseñanza o el aprendizaje de las matemáticas en ingeniería, específicamente, en países de Norteamérica y Colombia. Se excluyeron las publicaciones vinculadas con ponencias en conferencias, que involucraran poblaciones de educación básica y media o que analizaran la enseñanza o el aprendizaje de conceptos matemáticos en áreas de conocimiento diferentes a la ingeniería. Se adoptó el protocolo PRISMA (Urrutia y Bonfil, 2010) para definir el flujo del proceso de selección, el cual se obtuvo como resultado una muestra final de 50 artículos para el análisis, discriminados en 25 artículos que hacen referencia al contexto colombiano y los 25 al norteamericano (Figura 1).

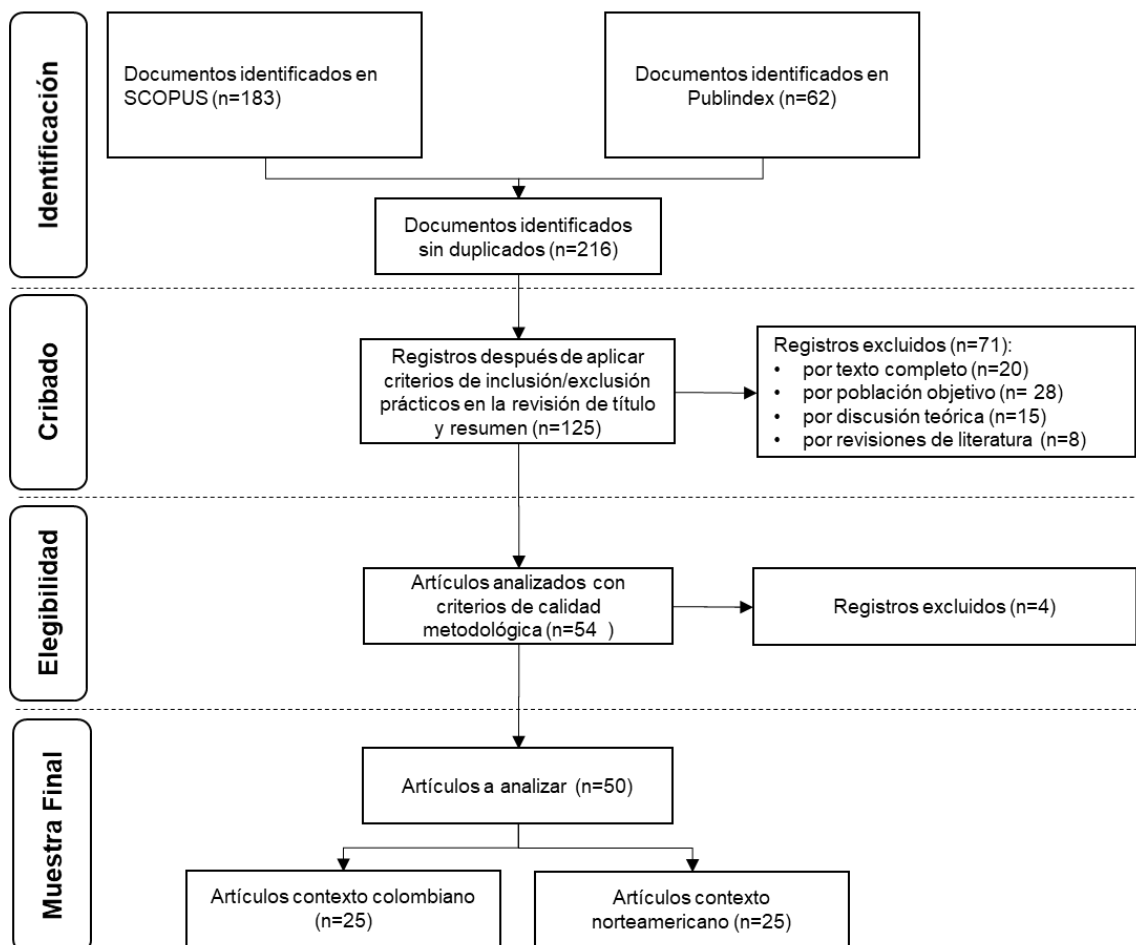


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de artículos
Fuente: Elaboración propia

2. 4. Análisis de información

La organización y análisis de la información tomó como base el resultado final del flujo del proceso de selección, que dio como resultado una muestra final de 50 artículos, de los cuales el 54% (27 de 50) fueron escritos en inglés y el restante 46% (23 de 50) en español. La mayoría de los estudios seleccionados (42% = 21/50) fue publicado en los últimos cinco años (Figura 2). La composición de la muestra quedó integrada en un 50% por estudios adelantados en Colombia y el 50% en Norteamérica.

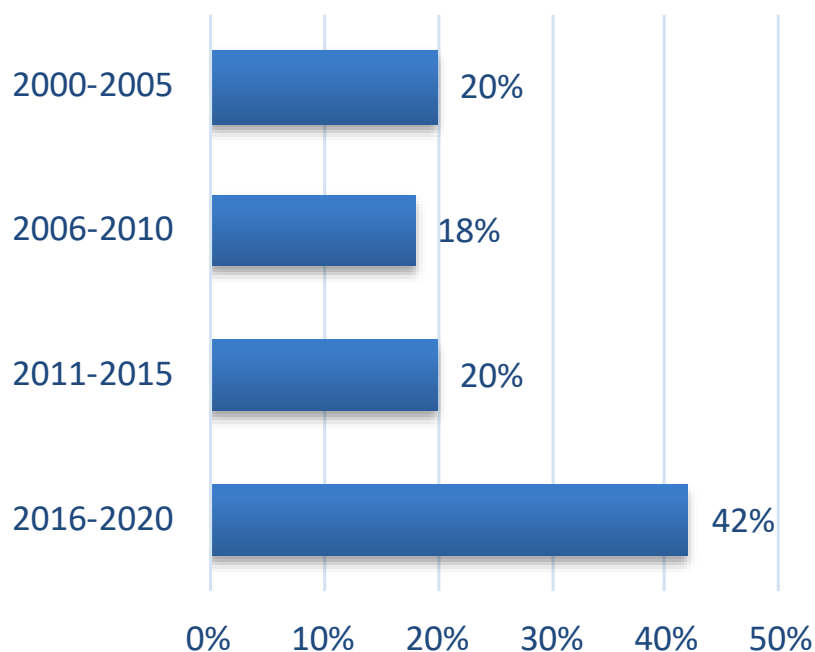


Figura 2. Composición de la muestra de estudios por período de publicación
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al tipo de revista que ha publicado estudios sobre educación matemática, aproximadamente la mitad de la muestra (52% = 26/50) evidenció que los artículos aparecieron en revistas especializadas en educación, ya sea de manera general o con énfasis en ingeniería o matemáticas (Tabla 2).

Tabla 2.
Composición de la muestra de acuerdo a la especialidad de la revista

Alcance de la revista	N	[%]
Miscelánea [MISC]	13	26
Otros [OTR]	2	4
Especializada en Educación [REE]	4	8
Especializada en Educación en Ingeniería [REEI]	17	34
Especializada en Educación Matemática [REEM]	5	10
Especializada en Ingeniería [REI]	7	14
Especializada en Matemáticas [REM]	2	4
Total	50	100

Fuente: Elaboración propia

Se codificó la información de cada artículo en una hoja de cálculo, respecto a tres secciones de importancia: a) información sobre el artículo, b) información sobre los autores, c) información sobre el tema del artículo (Tabla 3).

Tabla 3.
Codificación de los artículos del estudio

Categoría	Variable	Descripción
Artículo	ID Artículo	Identificador del artículo [Apellido del primer autor Año]
	Título	Título del artículo en su versión original, español o inglés.
	Carácter de la revista	Determina el alcance de la revista en alguna de las siguientes categorías: Miscelánea [MISC], Otros [OTR], Especializada en Educación [REE], Especializada en Educación en Ingeniería [REEI], Especializada en Educación Matemática [REEM], Especializada en Ingeniería [REI], Especializada en Matemáticas [REM]
	Año de Publicación	Año en que fue publicado el artículo en análisis
Autores	Nombre y apellido de los autores	Se registraron los autores del artículo de manera individual, indicando primero el apellido, y luego las iniciales del nombre
	Formación	Campo de formación de los autores: Disciplinar en Educación, Disciplinar en Matemática, Disciplinar en Ingeniería, Multidisciplinar, Disciplinar en Otras áreas, y No disponible
Tema	Tipo de estudio	Tipo de estudio que desarrolla que describe el artículo: a) experiencia pedagógica, b) reflexión o c) revisión de literatura.
	País	País donde se experimenta el estudio
	Programa de ingeniería	Programa de ingeniería en que se aplica el estudio
	Ubicación curricular	Parte del ciclo académico donde se aplica el estudio: Ciclo básico [1er semestre a 5to semestre], ciclo profesional [6to semestre a 10mo semestre], Transversal [puede ser aplicable para cualquier parte del proceso formativo en la cual se involucra la matemática], y No se especifica.
	Asignatura	Asignatura (s) donde se aplica o desarrolla el estudio
	Contenido	Contenido matemático que trata el estudio
	Objetivo	Propósito u objetivo (s) del artículo
	Temática	Interés principal de lo referido en el artículo
	Categorías	Clasificación más específica del propósito del estudio publicado
	Subcategorías	Variantes encontradas de cada categoría definida

Fuente: Elaboración propia

Una vez codificada la información de cada artículo, se categorizó el contenido de los documentos, procedimiento basado en las siguientes áreas de información: tipo de estudio, temática, categoría y subcategoría. El tipo de estudio se relaciona con el origen de la información de lo expuesto en el artículo, es decir, investigaciones o intervenciones que implicaron experiencias pedagógicas en las instituciones educativas; reflexiones sobre la educación matemática en ingenierías o revisiones de literatura especializada.

Los artículos catalogados como “experiencias pedagógicas” fueron aquellos que reportaron resultados e involucraron intervenciones pedagógicas y didácticas en espacios de formación particulares o en instituciones de educación superior, en general. Estos estudios relacionan experiencias de aula, propuestas curriculares que involucran lineamientos pedagógicos para programas académicos o experiencias de formación de maestros de matemáticas, entre otros aspectos. A su vez,

los artículos de “reflexión” no implican estudios empíricos o intervenciones pedagógicas o didácticas, sino que tienen un interés crítico y generalizador acerca del tema de la enseñanza de la matemática en ingeniería. Pueden acudir a comparaciones, contrastes o posiciones críticas apoyándose en fuentes, pero metodológicamente no presentan un protocolo de investigación, intervención o revisión sistemática. Finalmente, los “artículos de revisión” indican una revisión de literatura o estado del arte, propósito que declaran de forma explícita. Estos artículos presentan un protocolo de revisión sistemática y por lo general, son documentos con una intencionalidad descriptiva, aunque algunos realizan reflexiones o interpretaciones.

Respecto a la temática de los artículos, se definió a partir del interés principal de lo referido en el artículo, lo que permitió identificar cuatro campos fundamentales, el aprendizaje, la enseñanza, el currículo y la evaluación. El campo temático del aprendizaje se relaciona con estados y procesos de apropiación de conocimientos u objetos matemáticos por parte de los estudiantes de ingeniería. La enseñanza refiere lo realizado por los docentes o mediadores durante los procesos pedagógicos y didácticos de educación matemática e incluye el uso de materiales didácticos. La evaluación involucra los enfoques, métodos e instrumentos de evaluación de la enseñanza o del aprendizaje y el currículo se relaciona con propuestas y políticas educativas nacionales, internacionales e institucionales que inciden en las prácticas de los actores educativos, en la organización, diseño y desarrollo de programas de estudios, definición de contenidos, entre otros aspectos.

Según las implicaciones teóricas de cada uno de estos campos, las categorías que orientaron la lectura de la información fueron las siguientes, respecto a aprendizaje, (I) objetivos de los estudios, (II) factores observados sobre el aprendizaje, (III) métodos de investigación sobre el aprendizaje, (IV) asignaturas y objetos de aprendizaje. En relación con la enseñanza, (I) Objetivos de los estudios; (II) métodos utilizados para la enseñanza; (III) asignaturas y objetos de enseñanza; (IV) recursos didácticos. La lectura de la perspectiva curricular consideró el (I) modelo curricular propuesto y bases teóricas, (II) nivel de formación, (III) método de investigación, (IV) Asignaturas y objetos de enseñanza, (V) propuesta curricular. Para el campo de la evaluación se consideró el (I) tipo de evaluación y (II) los instrumentos de evaluación. De los campos y categorías mencionados se derivaron subcategorías de información, que variaron según los espacios geográficos revisados.

3. Resultados y discusión

La muestra final de 50 artículos seleccionados sobre educación matemática en los programas de ingeniería estuvo compuesta por 25 artículos correspondientes a la producción académica en el entorno colombiano y 25 artículos correspondientes a estudios adelantados en Norteamérica. El análisis de los resultados se presenta y discute en el siguiente apartado.

3. Contexto Colombiano

La revisión de los 25 artículos correspondientes al entorno colombiano, refieren solamente experiencias pedagógicas. No se encontraron artículos que refirieran revisiones o reflexiones generales sobre la temática citada. En cuanto a las temáticas abordadas dentro de estos tres tipos de estudios, el 52% (13 de 25) de las publicaciones centra la atención en el aprendizaje, mientras que el 44% (11 de 25) en la enseñanza y el 4% (1 de 25) en propuestas curriculares para las instituciones de educación superior. La descripción de las particularidades de estas temáticas se presenta a continuación.

3.1.1. Aprendizaje y educación matemática

Con base en el análisis del propósito declarado en cada artículo que tenía por temática aprendizaje se encontró que la mayor parte de los estudios se orientaron a la caracterización de las dificultades de aprendizaje de diversos objetos matemáticos ([Barajas, Parada y Molina, 2018](#); [Posso-Agudelo, Uzuriaga-López y López, 2007](#); [Ramírez-Rincón, 2007](#); [Uzuriaga-López, Arias-Mendoza y Martínez-Acosta, 2008](#); [Vargas y Stenning, 2019](#)). También se encontró que hubo un notable interés por indagar sobre el rendimiento académico en asignaturas específicas como Matemáticas I y II ([Artamonova, Fernández-Henao y Mosquera-Artamonov, 2010](#); [Carvajal-Olaya, Mosquera y Artamonova, 2009b](#); [2009a](#); [Vargas y Stenning, 2019](#)). Finalmente, en menor cantidad, aparecen reflexiones y estudios para identificar estrategias de aprendizaje ([Barros-Bernal, 2007](#); [Posso-Agudelo, 2005](#)), como también una propuesta para el mejoramiento del aprendizaje de un objeto de conocimiento específico como las ecuaciones diferenciales ([Caicedo y Chacón, 2020](#)).

A partir de los propósitos mencionados se identificó que los factores, variables o categorías sobre el aprendizaje analizadas en los artículos se orientaron a estudiar las dificultades de los estudiantes universitarios de ingenierías sobre procesos

mentales, memoria, resolución de problemas, uso de información, estrategias de aprendizaje, competencias y desempeños en asignaturas y temas específicos, variables individuales y sociales que inciden en los aprendizajes. Al respecto, se evidencia que los estudios focalizan los sujetos que aprenden e involucran de forma tangencial a otros actores y aspectos fundamentales como es el caso de la relación entre rendimiento académico, metodologías de los profesores y la proposición de modelos didácticos para mejorar aprendizajes.

En cuanto a los métodos de investigación identificados en los artículos para explorar el aprendizaje fueron variados, predominando los cuantitativos, basados en datos estadísticos obtenidos a partir de encuestas, calificaciones, bases de información sobre consultas y estudios previos. Otras investigaciones se llevaron a cabo desde una perspectiva cualitativa, que recurrió a análisis de registros y observaciones directas de clase, ejercicios y pruebas experimentales. Con menor relevancia, se desarrollaron estudios mixtos, que utilizaron entrevistas, autoinformes, encuestas y análisis documental, especialmente, de programas de asignatura.

Finalmente, se identificó que las asignaturas y objetos de aprendizaje de los entornos de investigación corresponden a lo que en los programas de formación en ingenierías en Colombia se denomina ciclo básico, desarrollado en los primeros niveles de estudio (i.e. los primeros cuatro o cinco semestres del programa). En consecuencia, las investigaciones se realizaron en cursos de Matemáticas I, II, III y IV e involucraron el aprendizaje del álgebra lineal, ecuaciones diferenciales, cálculo diferencial, matemática de variación y precálculo para estudiantes de ingreso reciente a la institución de educación superior.

3.1.2. Enseñanza y educación matemática

Con base en el propósito de los estudios sobre la temática enseñanza de las matemáticas se encontró que la mayoría se orientó a la implementación de recursos digitales como una aplicación móvil y JMat para favorecer el aprendizaje de funciones algebraicas y ofrecer herramientas de cálculo (Bacca, Caicedo y Ramírez, 2011; Márquez-Díaz y Morales-Espinosa, 2019). Además, consideraron la evaluación formativa, concepciones y procesos de evaluación de los profesores (Moreno y Pineda, 2020; Uzuriaga López y Martínez Acosta, 2016). Otros dieron cuenta de la implementación de una unidad didáctica para la enseñanza del área bajo la curva en un curso de cálculo integral (Ballesteros, 2020); se interesaron por el vínculo de las matemáticas con fenómenos propios de la ingeniería (Erazo-Estrada, Escobar-Jiménez, Bravo y Villa-Ochoa, 2018); pretendieron favorecer aprendizajes a través de la adaptación del juego Batalla Naval (Orozco y Álvarez, 2020); refirieron el desarrollo de material didáctico para potenciar habilidades mecánico espaciales y asociativas (Rúa-Ramírez *et al.*, 2018; Tristancho-Ortiz, Vargas-Tamayo y Contreras-Bravo, 2019) y habilidades matemáticas para desarrollar destrezas cognitivas tales como conocer, analizar, decidir, modelar y argumentar (Uzuriaga López y Martínez Acosta, 2016); buscaron motivar el estudio de las matemáticas y cambiar su imagen negativa en los estudiantes (Uzuriaga-López, Martínez-Acosta y Gonzalez-Pineda, 2012) y transformaron el programa de un curso de lógica y algoritmia para programas de ingeniería en una institución de educación superior (Viola-Villamizar y Gómez-Forero, 2019). Finalmente, algunos autores resaltaron el rol del tutor en la enseñanza de las matemáticas apoyándose en didácticas virtuales (Mendoza, Burbano y Valdivieso, 2019) y otros, dificultades de carácter académico relacionadas con las asignaturas de matemáticas en la formación de los estudiantes de ingeniería (Vásquez-Artunduaga y Gálvez-López, 2011).

Por otra parte, respecto a los Métodos utilizados para la enseñanza de las matemáticas, se evidenció una predominancia de estrategias especializadas como el Diseño experimental 4G de Solomon, Mobile D, Modelo Nigma y el Structured of Observed Learning Outcomes, SOLO. Otras experiencias fundamentaron sus desarrollos pedagógicos y didácticos en el aprendizaje basado en problemas, proyectos y competencias, modelación matemática, prototipado rápido en el aula y casos de situaciones reales. Por otra parte, se utilizaron propuestas de enseñanza y aprendizaje basadas en juegos, en actividades de reflexión y algunos artículos no explicitan los métodos de enseñanza.

Respecto a las Asignaturas y objetos de enseñanza, existe un interés frecuente por el cálculo, representado en campos como cálculo integral, área bajo la curva, ecuaciones diferenciales y precálculo en línea. Otras temáticas identificadas fueron la algoritmia; el diseño asistido por computador; la geometría y el dibujo; sumas de Riemann; lógica de programación; control numérico; las matemáticas en general y sus relaciones con la vida; el álgebra lineal y los sistemas de ecuaciones diferenciales.

Los recursos didácticos más utilizados en los procesos de enseñanza de las matemáticas son de carácter digital, a través del uso de herramientas y medios como EJS, Jmat, Geogebra, teléfonos inteligentes, aplicaciones móviles, realidad aumentada, encuestas, cartillas, módulos, impresión 3D, videos, lenguaje de programación Python y Moodle. Algunos artículos no mencionan la utilización de algún recurso didáctico específico y otros utilizan estrategias análogas como planillas de papel, exámenes impresos, estrategias lúdicas y charlas.

3.1.3. Currículo y educación matemática

De los 25 artículos de Colombia, solo uno expone los avances de una investigación de carácter curricular, orientada a la “implementación de un modelo en Competencias para la enseñanza y el aprendizaje de Ciencias Básicas en Ingeniería” (Becerra, Sarmiento, Romero, y Martínez, 2018), que comprende las áreas de física, matemáticas y química.

Respecto al Modelo curricular propuesto y bases teóricas, se encontró una perspectiva de competencias para mejorar la enseñanza y el aprendizaje eficaz de las ciencias básicas, fundamentado en una teoría general de competencias, desarrollada por autores como Perrenoud, Tardif, Barnett, Sacristán y Bloom, además, consideró los resultados del proyecto Alfa Tuning.

La investigación se ubicó en un Nivel de formación de pregrado, en el ciclo básico de un programa de ingeniería civil y privilegió un Método de investigación cualitativo para la indagación curricular. Las Asignaturas y objetos de enseñanza vinculados fueron el cálculo diferencial, álgebra lineal, física mecánica y química, orientados a través de una Propuesta curricular promotora del trabajo colaborativo, la evaluación como proceso y la interdisciplinariedad para definir temas relevantes de las áreas involucradas y dominios conceptuales con el fin de simular y resolver problemas reales. La síntesis de la revisión de la literatura científica sobre educación matemática en ingenierías en el contexto colombiano, que permitió identificar el interés por procesos curriculares, de enseñanza y de aprendizaje, se muestra en Tabla 4.

Tabla 4.

Composición de la muestra de estudios en Colombia

Artículo -Referencia	Categorías	Subcategorías
Tipo de estudio: Experiencia pedagógica Temática: Aprendizaje		
Artamonov, Fernández-Henao y Mosquera-Artamonov (2010) , Barajas, Parada y Molina (2018) , Barros-Bernal (2007) , Caicedo y Chacón (2020)	Objetivos	Dificultades
		Rendimiento
Carvajal-Olaya, Mosquera y Artamónova. (2009b; 2009a) Posso-Agudelo, Uzuriaga-López y López. (2007) , Posso-Agudelo (2005)	Factores	Estrategias
		Mejoramiento
Ramírez-Rincón (2007) , Tristancho-Ortiz, Vargas-Tamayo y Contreras-Bravo. (2019) Uzuriaga-López, Arias-Mendoza y Martínez-Acosta. (2008) , Vargas y Stenning. (2019)	Métodos	Dificultades
		Metodologías
		Modelos
Vásquez-Artunduaga y Gálvez-López. (2011)	Asignaturas	Cuantitativos
		Cualitativos
		Mixtos
		Matemáticas I, II, III, IV
		Álgebra Lineal
		Ecuaciones diferenciales
		Cálculo diferencial
		Matemática de variación
		Precálculo

Temática: Enseñanza		
Bacca, Caicedo y Ramírez (2011), Ballesteros (2020) Erazo-Estrada et al., (2018), Márquez-Díaz y Morales-Espinosa, (2019) Mendoza, Burbano y Valdivieso (2019), Moreno y Pineda, (2020) Orozco y Álvarez (2020), Rúa-Ramírez et al., (2018) Uzuriaga-López, Martínez-Acosta y Gonzalez-Pineda, (2012), Uzuriaga López y Martínez Acosta, (2016) Viola-Villamizar y Gómez-Forero, (2019)	Objetivos	Usar recursos digitales Evaluación Unidad didáctica Matemáticas e ingeniería Juegos Material didáctico Valoración matemática Transformación programa
	Métodos	Especializados Problemas y casos Juegos Reflexión No refiere método
	Asignaturas	Cálculo Algoritmia Otros
	Recursos didácticos	Digitales No refiere recursos Análogos

Temática: Currículo		
Becerra et al., (2018)	Modelo, teorías	Competencias
	Nivel formación	Pregrado, básico
	Método	Cualitativo
	Asignaturas	Física, matemáticas y química
	Propuesta	Trabajo colaborativo, procesos, interdisciplinario

Fuente: Elaboración propia

3.2. Contexto Norteamericano

De los 25 artículos correspondientes a estudios norteamericanos, el 88% (22 de 25) de ellos abordan experiencias pedagógicas, mientras que el 8% (2 de 25) abordan temas de reflexión y el restante 4% (1 de 25) temas de revisión temática. En cuanto a las temáticas abordadas dentro de estos tres tipos de estudios, el 32% (7 de 22) de las experiencias pedagógicas aborda temas sobre aprendizaje, el 23% (5/22) sobre enseñanza, el 18% (4/22) sobre evaluación y el 27% (6/22) sobre temas curriculares para las instituciones de educación superior. En cuanto a las temáticas dentro de los estudios de

reflexión, los dos artículos clasificados abordan el aprendizaje. Por su parte, el único artículo de revisión que se encontró abordó la temática de la enseñanza. La descripción de las particularidades de estas temáticas se presenta a continuación:

3.2.1. Aprendizaje y educación matemática

Respecto al propósito de los estudios se encontraron artículos que abordaron el tema de recursos de aprendizaje como el uso de símbolos y gráficos de conceptos matemáticos en contextos aplicados ([Rodríguez, 2018](#)) y herramientas computacionales ([Whiteman y Nygren, 2000](#); [Young et al., 2011](#)). Estos estudios demuestran que hay un beneficio apreciable en el aprendizaje de los conceptos matemáticos, ya sea en contextos matemáticos propios o aplicados. Otros artículos tuvieron como propósito analizar las habilidades involucradas en el proceso de aprendizaje, como los casos de razonamiento matemático en contexto aplicado ([Bain, Rodríguez y Towns, 2019b](#)) y la abstracción en cursos de matemáticas ([Raychaudhuri, 2014](#)). Los estudios encuentran que estas habilidades generan un aprendizaje significativo de los conceptos matemáticos y su aplicación. Por otro lado, se encontró un estudio enfocado en analizar factores de influencia en el aprendizaje matemático, específicamente el factor cultural en los procesos cognitivos del aprendizaje de las matemáticas ([Campbell y Xue, 2001](#)). Asimismo, se encontró un estudio, cuyo interés fue observar el efecto de los conceptos matemáticos aprehendidos sobre el aprendizaje de conceptos que requieren previamente un desarrollo matemático en el estudiante ([Winkelman, 2009](#)).

Los métodos de investigación en este tipo de estudios fueron identificados como métodos mixtos ([Bain, Rodríguez y Towns, 2019b](#)), cuantitativos basados en pruebas ([Campbell y Xue, 2001](#); [Rodríguez et al., 2018](#); [Young et al., 2011](#)) y cualitativos basados en entrevistas ([Raychaudhuri, 2014](#)), en análisis documental ([Whiteman y Nygren, 2000](#)) y en estudios de caso ([Winkelman, 2009](#)).

Las asignaturas y objetos de aprendizaje de los entornos de investigación de este grupo de estudios correspondieron al ciclo básico y al ciclo básico profesional, de acuerdo a lo definido en los programas de ingenierías en Colombia. Aquellos estudios que se identifican con el ciclo básico, trabajaron conceptos matemáticos manejados en Cálculo I y Cálculo II ([Young et al., 2011](#)), y en Ecuaciones Diferenciales ([Raychaudhuri, 2014](#)). Por su parte, aquellos estudios que se identifican con el ciclo básico profesional, trabajaron conceptos matemáticos aplicados a contextos específicos, como las proporciones y constantes en Química básica ([Bain, Rodríguez y Towns, 2019b](#)) y otros conceptos matemáticos para entender la cinética química ([Rodríguez et al., 2018](#)); otros estudios abordaron experiencias propias de la enseñanza matemática trabajando ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden ([Raychaudhuri, 2014](#)). Adicionalmente, se encontraron otros estudios del ciclo básico profesional que abordaron el aprendizaje en asignaturas específicas de cierta disciplina de ingeniero, pero que no detallaron un objeto de enseñanza en específico ([Whiteman y Nygren, 2000](#); [Winkelman, 2009](#)).

Adicionalmente, en Norteamérica se encontraron estudios que reflexionan sobre el aprendizaje desde el análisis de competencias que se requieren desarrollar para el aprendizaje matemático, caracterizando el razonamiento matemático en contextos aplicados ([Bain, Rodríguez y Towns, 2019a](#)) y el modelado matemático en situaciones físicas ([Redish y Smith, 2008](#)). Los resultados de estos estudios de reflexión proveen directrices para tomarse en cuenta en las prácticas con el fin de mejorar el proceso de aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes de ingeniería.

3.2.2. Enseñanza y educación matemática

Los estudios clasificados dentro de este campo temático de la enseñanza abordaron un mismo objetivo de estudio centrado en los métodos de enseñanza de la matemática. En coherencia, los métodos identificados fueron variados. Algunos autores proponen problemas de modelado matemático, que promueva efectivamente el aprendizaje ([Doerr, Årlebäck y Costello Staniec, 2014](#)), y adicionalmente hay propuestas de que los problemas sean abiertos para ser resueltos en grupo ([Diefes-Dux, Hjalmarson y Zawojewski, 2013](#)); otros, proponen que los métodos se apoyen en los supuestos epistemológicos del aprendizaje de las matemáticas como el dualismo, la integración y el relativismo ([Gainsburg, 2015](#)), mientras que otros hacen propuestas más prácticas, centradas en modelos de aprendizaje basados en proyectos ([Kolar y Sabatini, 2000](#)), y en la indagación ([Wang y Posey, 2011](#)).

En relación con las asignaturas referidas en los artículos, se encontró que observaron tres grupos: uno donde la experiencia pedagógica de la enseñanza se da en asignaturas propias de la disciplinas, como precálculo, cálculo y algebra lineal ([Doerr, Årlebäck y Costello Staniec, 2014](#); [Gainsburg, 2015](#); [Wang y Posey, 2011](#)); mientras que otro grupo refiere un contexto aplicado con asignaturas como estática, concreto reforzado, herramientas computacionales ([Diefes-Dux, Hjalmarson](#)

y [Zawojewski, 2013](#); [Gainsburg, 2015](#)); finalmente, un tercer grupo refiere asignaturas centradas en habilidades como resolución de problemas y modelado ([Diefes-Dux, Hjalmarson y Zawojewski, 2013](#); [Kolar y Sabatini, 2000](#)). Se observa un interés en abordar la enseñanza de las matemáticas en asignaturas diferentes al fuero de la disciplina matemática.

Adicional a las experiencias pedagógicas, se encontró un estudio en Norteamérica que hace una revisión temática de los recursos didácticos para la enseñanza, específicamente de los textos guías, analizando los patrones, diferencias y vacíos conceptuales de las proporciones de cambio en reacciones químicas ([Seethaler, Czworkowski y Wynn, 2018](#)).

3.2.3. Evaluación y educación matemática

En cuanto a los tipos de evaluación, algunos autores abordaron la evaluación formativa en contextos problemáticos de modelado matemático ([Diefes-Dux et al., 2012](#)). Por su parte, con relación a las herramientas de evaluación, se encontraron artículos que proponen inventarios de representaciones probabilísticas y cuantitativas como instrumentos de evaluación de fenómenos físicos ([Roche Allred y Bretz, 2019](#)), como también, pruebas estandarizadas para medir el nivel de conocimiento matemático ([Rueda y Sokolowski, 2004](#)) y medir la competencia de modelado matemático ([Kartal, Dunya, Diefes-Dux y Zawojewski, 2016](#)).

3.2.4. Currículo y educación matemática

En relación con los modelos curriculares se identificaron patrones de estructuras curriculares o de organización de las asignaturas relacionadas con las matemáticas, para cumplir con requerimientos de acreditación internacional ABET ([Koehn, 2001](#)), o para definir las asignaturas de matemáticas del primer año del programa ([Everett, Imbrie y Morgan, 2000](#); [Pendergrass et al., 1999](#)). Respecto a las propuestas de enfoque curricular de las matemáticas, se encuentran autores proponiendo la enseñanza de conceptos matemáticos aplicados e integrados a otras ciencias como la física ([Zakani, Kaupp, Turner y Frank, 2019](#)), como también, aplicados a la ingeniería e informática ([Hughey y Karplus, 2003](#)). En cuanto a los métodos del estudio se encontraron artículos con metodologías basadas en diseño ([Everett, Imbrie y Morgan, 2000](#)), cualitativas de análisis documental y de contenidos ([Hughey y Karplus, 2003](#); [Zakani et al., 2019](#)), y cuantitativas basadas en encuestas ([Koehn, 2001](#)) y registros históricos ([Ohland, Yuhasz y Sill, 2004](#)). La síntesis de la revisión de la literatura científica sobre educación matemática en ingenierías en el contexto norteamericano, se describe en [Tabla 5](#).

Tabla 5.
Composición de la muestra de estudios en Norte América

Artículo -Referencia	Categorías	Subcategorías
Tipo de estudio: Experiencia pedagógica Temática: Aprendizaje		
	Objetivos	Recursos Habilidades Factores Efectos
Bain, Rodriguez y Towns, (2019b) , Campbell Xue, (2001) Raychaudhuri (2014) , Rodriguez et al., (2018) Whiteman y Nygren, (2000) , Winkelman, (2009) Young et al., (2011)	Métodos	Cuantitativos Cualitativos Mixtos Cálculo I, II
	Asignaturas	Ecuaciones diferenciales Diseño Química Vibraciones [aplicado]

Continúa en la siguiente página

Artículo -Referencia	Categorías	Subcategorías
Temática: Enseñanza		
	Objetivos	Métodos de enseñanza
Diefes-Dux, Hjalmarson y Zawojewski. (2013), Doerr, Årlebäck y Costello Staniec. (2014)	Métodos	Modelado matemático Supuestos epistemológicos Orientado a proyectos Indagación
Gainsburg. (2015), Kolar y Sabatini. (2000) Wang y Posey. (2011)	Asignaturas	Precálculo, Cálculo I, Cálculo II, Álgebra Lineal Herramientas computacionales, Solución de problemas, Modelado, Estática, Resistencia de materiales
Temática: Evaluación		
	Tipo	Formativa
Roche Allred y Bretz. (2019), Diefes-Dux et al.. (2012) Kartal et al.. (2016), Rueda y Sokolowski. (2004)	Herramientas	Test Inventarios
Temática: Currículo		
Everett, Imbrie y Morgan. (2000), Hughey y Karplus. (2003)	Modelo	ABET [Organización asignaturas] Primer año [Organización asignaturas]
Koehn. (2001), Ohland, Yuhasz y Sill. (2004)	Propuesta	Conceptos matemáticos aplicados a otros campos
Pendergrass et al.. (1999), Zakani et al.. (2019)	Método	Proceso de Diseño Cualitativo –Análisis de Documentos, de Contenido Cuantitativos –Encuestas, Registros
Tipo de estudio: Revisión Temática: Enseñanza		
Seethaler, Czworkowski y Wynn. (2018)	Recursos Didácticos	Textos guía
Tipo de estudio: Reflexión Temática: Aprendizaje		
Bain, Rodriguez y Towns. (2019a), Redish y Smith. (2008)	Modelo-Teoría	Razonamiento Matemático Modelado Matemático

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Con base en la revisión y sistematización de la literatura científica de Colombia y Norteamérica, mencionadas en los apartados anteriores y al establecer un comparativo de las dos regiones se evidencian temáticas de interés y tendencias teóricas y metodológicas que fundamentan la enseñanza de las matemáticas en la formación de los ingenieros.

En principio, al comparar los resultados presentados en Tabla 4 y Tabla 5, se observa que la problemática de enseñanza de la matemática en ingeniería para el caso de Norteamérica ha sido atendida en forma sistémica, no solo se interesan por los aprendizajes de los estudiantes y la enseñanza de ciertos conocimientos, sino también hacen énfasis en la evaluación; contrario al caso colombiano donde no se presenta un solo artículo en este último campo. En algún sentido, se observa que la evaluación se ha tomado a partir de pruebas diagnósticas que las universidades realizan cuando el estudiante ingresa

a la universidad, pero no así para fortalecer y favorecer la apropiación de conocimiento en el aula. También es visible, en relación con el aprendizaje de la matemática, que la atención no solo se ha centrado en las asignaturas del ciclo básico, como en el caso de Colombia, sino también se ha estudiado en otras asignaturas que hacen uso de la matemática como una herramienta mostrando así el interés por aportar otros contextos y situaciones propias de la ingeniería donde el estudiante construye conocimiento matemático. En las tendencias metodológicas para la enseñanza de la matemática se establecen coincidencias en el uso de tecnología digital, el aprendizaje basado en problemas y proyectos, la modelación matemática y el planteamiento de problemas a partir de fenómenos de estudio propios de la ingeniería.

Con respecto al currículo, se resalta en Norteamérica una mayor preocupación por generar modelos curriculares que orienten el desarrollo de las competencias matemáticas, en su mayoría buscando la integración de los conceptos matemáticos con otras asignaturas de ciencias básicas o con objetos de conocimiento de la ingeniería; esto contrasta con el único artículo con este objetivo encontrado en Colombia. La generación de estos modelos curriculares implica un trabajo conjunto interdisciplinario que convoca a ingenieros, matemáticos, expertos en pedagogía e incluso químicos y físicos, para fomentar diálogos que favorezcan la integración de los resultados de la investigación en educación matemática en los currículos de las ingenierías. Estos diálogos terminan expresándose en acuerdos para la formación, que son respaldados por las asociaciones de ingenieros, fundaciones o por las universidades. Ejemplos de estos diálogos y acuerdos se pueden apreciar en Estados Unidos con el trabajo de ([Center for curriculum redesign, 2014](#)); también en otras latitudes, como las propuestas de ([Croft et al., 2000](#)) y ([Kent y Noss, 2003](#)) para el Reino Unido, este último financiado por la Fundación Ove Arup; así como el Libro Blanco de las Matemáticas propuesto por la Sociedad Española de Matemáticas ([Chacón et al., 2020](#)).

En este sentido, constituye un desafío para el caso colombiano incentivar este tipo de diálogos y acuerdos interinstitucionales e interdisciplinarios, de manera que se obtengan diseños curriculares que propendan por relaciones significativas entre la educación básica, media y superior. De igual manera, es fundamental el acercamiento a contextos de desempeño real del ingeniero para su éxito académico y profesional e incentivar el desarrollo sustentable; preocupaciones que son abordadas no solo en Norte América sino también en Europa como en los trabajos de [Lasheras, Gutiérrez y Viña, 2019](#); [Vintere y Briede, \(2016\)](#).

Notas

1. Proyecto identificado con código 2021-FM-01 financiado por la Universidad Industrial de Santander en el marco de la Convocatoria Generando Espíritu Científico.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. ARTAMONOVA, Irina; FERNÁNDEZ-HENAO, Sergio; MOSQUERA-ARTAMONOV, José. Análisis del rendimiento de los estudiantes aplicando diseño de Experimentos: caso particular. *Scientia Et Technica*. 2010. vol. 16, no. 44. ISSN 0122-1701. <https://doi.org/10.22517/23447214.1775>
2. ARKSEY, Hilary; O'MALLEY, Lisa Estudios de alcance: hacia un marco metodológico, *International Journal of Social Research Methodology*, 8:1, 19-32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
3. BACCA, Blamidir; CAICEDO, Eduardo; RAMIREZ, José. JMat - Herramienta remota de cálculo y multiusuario para el aprendizaje basado en problemas usando Matlab. *Revista Facultad de Ingeniería*. 2011. no. 59. ISSN 01206230. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/13771>
4. BAIN, Kinsey; RODRIGUEZ, Jon Marc G.; TOWNS, Marcy H. Chemistry and Mathematics: Research and Frameworks to Explore Student Reasoning. *Journal of Chemical Education*. 2019a. vol. 96, no. 10, p. 2086–2096. ISSN 19381328. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00523>
5. BAIN, Kinsey; RODRIGUEZ, Jon Marc G.; TOWNS, Marcy H. Investigating Student Understanding of Rate Constants: When is a Constant “constant”? *Journal of Chemical Education*. 2019b. vol. 96, no. 8, p. 1571–1577. ISSN 19381328. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00005>
6. BALLESTEROS, Vladimir A.; LOZANO, Sébastien; RODRIGUEZ, Óscar I. Noción de aproximación del área bajo la curva utilizando la aplicación Calculadora Gráfica de GeoGebra. *Praxis & Saber*. 2020. vol. 11, no. 26. ISSN 2216-0159. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n26.2020.9989>
7. BARAJAS, Claudia; PARADA, Sandra E.; MOLINA, Juan G. Arithmetic procedures in variational phenomena problem-solving. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*. 2018. vol. 32, no. 60, p. 75–91. ISSN 19804415. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n60a04>
8. BARROS, Angélica. Estrategias de aprendizaje empleadas por los estudiantes para resolver problemas matemáticos. *Scientia Et Technica*. 2007. vol. XIII, no. 34. ISSN 0122-1701. <https://doi.org/10.22517/23447214.5675>
9. BECERRA, William; SARMIENTO, Norma C.; ROMERO, Luz D.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, Ana P. Avances en la implementación de un modelo en Competencias para la enseñanza y el aprendizaje de Ciencias Básicas en Ingeniería. *Scientia et Technica*. 2018. vol. 23, no. 4. ISSN 2344-7214. <https://doi.org/10.22517/23447214.17551>

10. BRAVO-BOHÓRQUEZ, Angelica; CASTAÑEDA-RODRIGUEZ, Luz J.; IOVANY HERNÁNDEZ-YOMAYUSA, Harvey; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Luis A. Enseñanza De Las Matemáticas En Ingeniería: Modelación Matemática Y Matemática Contextual. Revista Educación en Ingeniería Marzo. 2016. vol. 11, no. 21. <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/601>
11. CAICEDO, Edinson; CHACÓN, Gerardo A.. Aprendizaje de las ecuaciones diferenciales desde un enfoque cualitativo. Praxis & Saber. 2020. vol. 11, no. 26. ISSN 2216-0159. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n26.2020.9856>
12. CALIGARIS, Marta; RODRÍGUEZ, Georgina; FAVIERI, Adriana; LAUGERO, Lorena. Desarrollo de habilidades matemáticas durante la resolución numérica de problemas de valor inicial usando recursos tecnológicos *. Revista Educación en Ingeniería. 2018. vol. 14, no. 27, p. 30–40. <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/928>
13. CAMPBELL, Jaime I.D.; XUE, Qilin. Cognitive arithmetic across cultures. Journal of Experimental Psychology: General. 2001. vol. 130, no. 2, p. 299–315. ISSN 00963445. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.299>
14. CARVAJAL-OLAYA, Patricia; MOSQUERA, Julio C.; ARTAMÓNOVA, Irina. Modelos de predicción del rendimiento académico en matemáticas I en la universidad tecnológica de Pereira. Scientia et Technica. 2009a. vol. 3, no. 43. ISSN 0122-1701. <https://doi.org/10.22517/23447214.2323>
15. CARVAJAL-OLAYA, Patricia; MOSQUERA, Julio C.; ARTAMÓNOVA, Irina. Rendimiento en matemáticas I en la Universidad Tecnológica de Pereira. Factores de predicción. Scientia Et Technica. 2009b. vol. XV, no. 41. ISSN 0122-1701. <https://doi.org/10.22517/23447214.2965>. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/2965>
16. CENTER FOR CURRICULUM REDESIGN. Mathematics for the 21 st Century :What Should Students Learn ? Boston: s.n. 2014. ISBN 9780205609970 020560997X. <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/CCR-Maths-Thinking-Skills.pdf>
17. CHACÓN REBOLLO, Tomás; CURBERA COSTELLO, Guillermo; MARCELLÁN ESPAÑOL, Francisco; SILES MOLINA, Mercedes (Coordinadores). Libro Blanco de las Matemáticas. 2020. p. 579. <https://www.fundacionareces.es/recursos/doc/portal/2020/10/14/libro-blanco-de-las-matematicas.pdf>
18. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia. Documento CONPES 3918. 2018. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>
19. CROFT, A.C., HIBBERD, S., LAWSON, D.A., MUSTOE, L.R.; SHAW, C.T. Engineering mathematics in the UK: SARTOR - a timely opportunity for reform. Engineering Science and Education Journal. 2000. vol. 9, no. 2, p. 77–87. ISSN 09637346. <https://doi.org/10.1049/esej:20000205>
20. DIESFES-DUX, Heidi A.; HJALMARSON, Margret A.; ZAWOJEWSKI, Judith S. Student Team Solutions to an Open-Ended Mathematical Modeling Problem: Gaining Insights for Educational Improvement. Journal of Engineering Education. 2013. vol. 102, no. 1, p. 179–216. <https://doi.org/10.1002/je.20002>
21. DIESFES-DUX, Heidi A., ZAWOJEWSKI, Judith S., HJALMARSON, Margret A.; CARDELLA, Monica E. A framework for analyzing feedback in a formative assessment system for mathematical modeling problems. Journal of Engineering Education. 2012. vol. 101, no. 2, p. 375–406. ISSN 10694730. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb00054.x>
22. DOERR, Helen M.; ÅRLEBÄCK, Jonas B.; COSTELLO STANIEC, Andria. Design and effectiveness of modeling-based mathematics in a summer bridge program. Journal of Engineering Education. 2014. vol. 103, no. 1, p. 92–114. ISSN 10694730. <https://doi.org/10.1002/je.20037>. https://www.researchgate.net/publication/260413257_Design_and_Effectiveness_of_Modeling-Based_Mathematics_in_a_Summer_Bridge_Program
23. ERAZO-ESTRADA, Irene; ESCOBAR-JIMÉNEZ, David; BRAVO, María; VILLA-OCHOA, Jhony. La modelación matemática: un aporte al aprendizaje de las ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de primer orden en ingeniería. Revista Sigma. 2018. vol. 14, no. 1. ISSN 2027-064X. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rsigma/article/view/4518>
24. EVERETT, Louis J., IMBRIE, P.K.; MORGAN, Jim. Integrated curricula: Purpose and design. Journal of Engineering Education. 2000. vol. 89, no. 2, p. 167–175. ISSN 10694730. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2000.tb00511.x>
25. GAINSBURG, Julie. Engineering students' epistemological views on mathematical methods in engineering. Journal of Engineering Education. 2015. vol. 104, no. 2, p. 139–166. ISSN 10694730. <https://doi.org/10.1002/je.20073>
26. HOFFER, Eric. 2025: The Civil Engineer' s World. American Society of Civil Engineers. 2007. vol. 18, no. 4. ISSN 10613773.
27. HUGHEY, Richard; KARPLUS, Kevin. Bioinformatics: A new field in engineering education. Journal of Engineering Education. 2003. vol. 92, no. 1. ISSN 10694730. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2003.tb00745.x>
28. KARTAL, Ozgul; DUNYA, Beysa A.; DIESFES-DUX, Heidi A.; ZAWOJEWSKI, Judith S. The relationship between students' performance on conventional standardized mathematics assessments and complex mathematical modeling problems. International Journal of Research in Education and Science. 2016. vol. 2, no. 1, p. 239–252. ISSN 21489955. <https://doi.org/10.21890/ijres.07616>
29. KENT, Phillip; NOSS, Richard. REMIT: Mathematics in the University Education of Engineers. 2003. London: s.n. https://www.researchgate.net/publication/246780000_Mathematics_in_the_University_Education_of_Engineers
30. KOEHN, Enno. ABET program criteria: Review and assessment for a civil engineering program. Journal of Engineering Education. 2001. vol. 90, no. 3, p. 445–455. ISSN 10694730. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2001.tb00625.x>
31. KOLAR, Randall L.; SABATINI, David A. Environmental modeling - A project driven, team approach to theory and application. Journal of Engineering Education. 2000. vol. 89, no. 2, p. 201–207. ISSN 10694730. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2000.tb00514.x>
32. LASHERAS, Fernando S.; GUTIÉRREZ, Manuel J.F.; VIÑA, Juan C. Coordination between high school and university teachers in Spain to reduce mistakes in calculus. Mathematics. 2019. vol. 7, no. 9. ISSN 22277390. <https://doi.org/10.3390/math7090817>
33. TORO-CARVAJAL, Luis A. I.; ORTIZ- ÁLVAREZ, Hugo H.; JIMÉNEZ-GARCÍA, Francy N. Solución de problemas complejos de ingeniería empleando sistemas cognitivos especializados como motivación en la enseñanza de matemáticas avanzadas para ingeniería. Revista Educación en Ingeniería. 2016. vol. 11, no. 22, p. 31–38. <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/641>
34. MÁRQUEZ-DÍAZ, Jairo E.; MORALES-ESPINOSA, Lady A. Realidad aumentada como herramienta de apoyo al aprendizaje de las funciones algebraicas y trascendentes. Revista Educación en Ingeniería. 2019. vol. 15, no. 29. <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/1037>
35. MEJÍA-AGUILAR, Guillermo; ARENAS, Adolfo; SIERRA, Daniel. Influencia De Los Dominios Conceptuales En Las Competencias Académicas: Área De Matemáticas Para Ingeniería Influence of Conceptual Domains in Academic Skills. 2014. vol. 9, p. 74–88. https://www.researchgate.net/publication/271503282_INFLUENCE_OF_CONCEPTUAL_DOMAINS_IN_ACADEMIC_SKILLS_AREA_FOR_ENGINEERING_MATHEMATICS

36. MEJIA-AGUILAR, Guillermo; CABALLERO MARQUEZ, Mónica. M; HUGGINS, Kevin; BAUTISTA ROZO, Lola. X. (2020). Acreditación ABET en Universidades Colombianas: oportunidades y barreras. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 239–250. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020020>
37. MENDOZA, Hugo H.; BURBANO, Víctor M.; VALDIVIESO, Margoth A. El Rol del Docente de Matemáticas en Educación Virtual Universitaria. Un Estudio en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. *Formación universitaria*. 2019. vol. 12, no. 5. <https://doi.org/10.4067/S0718-500620190005000051>
38. MORENO, Julián; PINEDA, Andrés. F.A Framework for Automated Formative Assessment in Mathematics Courses. *IEEE Access*. 2020. vol. 8. ISSN 21693536. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973026>
39. OHLAND, Matthew W.; YUHASZ, Amy G.; SILL, Benjamin L. Identifying and removing a calculus prerequisite as a bottleneck in clemson's general engineering curriculum. *Journal of Engineering Education*. 2004. vol. 93, no. 3, p. 253–257. ISSN 10694730. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00812.x>
40. OROZCO, Yenny M.; ÁLVAREZ, César A. Aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas empleando el juego de estrategia Batalla Naval. *Asociación colombiana de facultades de ingeniería*. 2020. vol. 14, no. March, p. 7. <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/1009>
41. PENDERGRASS, N.A.; KOWALCZYK, Robert E.; DOWD, John P.; LAOULACHE, R.N.; NELLES, W.; GOLEN, J.A.; FOWLER, E. Improving first-year engineering education. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*. 1999. vol. 3. ISSN 01905848. <https://doi.org/10.1109/fie.1999.840420>
42. PETERS, Micah D.J.; GODFREY, Christina M.; KHALIL, Hanan; MCINERNEY, Patricia; PARKER, Deborah; SOARES, Cassia B. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*. 2015. ISSN 17441609. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000050>
43. POSSO-AGUDELO, Abel. Sobre el bajo aprovechamiento en el curso de matemáticas I de la UTP. 2005. vol. 2, no. 28, p. 169–174. ISSN 0122-1701. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6853>
44. POSSO-AGUDELO, Abel; UZURIAGA-LÓPEZ, Vivian; LÓPEZ, José D.C. Dificultades que aparecen en el proceso enseñanza-aprendizaje de la matemática al pasar del bachillerato a la universidad. *Scientia et Technica*. 2007. vol. 2, no. 34. ISSN 0122-1701. <https://doi.org/10.22517/23447214.5701>
45. RAMÍREZ-RINCÓN, Eliseo. Dificultades en el aprendizaje de matemáticas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 2007. vol. 10, no. 1. ISSN 01234226. <https://doi.org/10.31910/rudca.v10.n1.2007.567>
46. RAYCHAUDHURI, Debasree. Adaptation and extension of the framework of reducing abstraction in the case of differential equations. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2014. vol. 45, no. 1, p. 35–57. ISSN 0020739X. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2013.790503>
47. REDISH, Edward F.; SMITH, Karl A. Looking Beyond Content : Skill Development for Engineers. *Journal of Engineering Education*. 2008. no. July, p. 295–307. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00980.x>
48. ROCHEALLRED, Zahily D.; BRETZ, Stacey L. Development of the Quantization and Probability Representations Inventory as a Measure of Students' Understandings of Particulate and Symbolic Representations of Electron Structure. *Journal of Chemical Education*. 2019. vol. 96, no. 8, p. 1558–1570. ISSN 19381328. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00098>
49. RODRIGUEZ, Jon M.G.; SANTOS-DIAZ, Stephanie; BAIN, Kinsey; TOWNS, Marcy H. Using Symbolic and Graphical Forms to Analyze Students' Mathematical Reasoning in Chemical Kinetics. *Journal of Chemical Education*. 2018. vol. 95, no. 12, p. 2114–2125. ISSN 19381328. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00584>
50. RÚA-RAMIREZ, Edwin B.; JIMENEZ-DIAZ, Fernando; GUTIERREZ-ARIAS, German A.; VILLAMIZAR, Nelson I. Impresión 3D como Herramienta Didáctica para la Enseñanza de Algunos Conceptos de Ingeniería y Diseño. *Ingeniería*. 2018. vol. 23, no. 1. ISSN 0121-750X. <https://doi.org/10.14483/23448393.12248>
51. RUEDA, Norma G.; SOKOLOWSKI, Carole. Mathematics Placement Test: Helping Students Succeed. *Mathematics Educator*. 2004. vol. 14, no. 2, p. 27–33. ISSN 1062-9017. https://www.researchgate.net/publication/255600992_Mathematics_Placement_Test_Helping_Students_Succeed
52. SEETHALER, Sherry; CZWORKOWSKI, John; WYNN, Lynda. Analyzing General Chemistry Texts' Treatment of Rates of Change Concepts in Reaction Kinetics Reveals Missing Conceptual Links. *Journal of Chemical Education*. 2018. vol. 95, no. 1, p. 28–36. ISSN 19381328. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00238>
53. SILVA, Eduardo. Educación en ingeniería frente a los Acuerdos de Libre Comercio. *Revista de Ingeniería*. 2006. no. 24. ISSN 0121-4993. <https://doi.org/10.16924/revinge.24.20>
54. TAWIL, S.; SACHS-ISRAEL, M.; LE THU, H.; ECK, M. Desglosar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4: Educación 2030. 2016. p. 36.
55. THE JOANNA BRIGGS INSTITUTE. The Joanna Briggs Institute Reviewers' Manual 2015: Methodology for JBI scoping reviews. Joanne Briggs Institute. 2015. ISSN 1098-6596. [https://Scoping-pdf.\(lsuhsc.edu\)](https://Scoping-pdf.(lsuhsc.edu))
56. TRISTANCHO-ORTIZ, Julian A.; VARGAS-TAMAYO, Luis F.; CONTRERAS-BRAVO, Leonardo E. Desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería mediante CAD especializado. *Scientia et Technica*. 2019. vol. 24, no. 1. ISSN 0122-1701. <https://doi.org/10.22517/23447214.20261>
57. UNESCO. Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development. UNESCO Report. 2010. S.I.: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000189753>
58. UZURIAGA LÓPEZ, Vivian L.; MARTÍNEZ ACOSTA, Alejandro. Un ejemplo de evaluación desde un enfoque desarrollador, caso álgebra lineal. *Scientia et Technica*. 2016. vol. 21, no. 3. ISSN 0122-1701. <https://doi.org/10.22517/23447214.10231>
59. UZURIAGA-LÓPEZ, Vivian; ARIAS-MENDOZA, Jhon; MARTÍNEZ-ACOSTA, Alejandro. Diagnóstico y análisis de algunas causas que dificultan el aprendizaje del algebra lineal en estudiantes de ingeniería. *Scientia et Technica*. 2008. vol. 2, no. 39. ISSN 0122-1701. <https://doi.org/10.22517/23447214.3249>
60. UZURIAGA-LÓPEZ, Vivian; MARTÍNEZ-ACOSTA, Alejandro; GONZALEZ-PINEDA, Campo. La matemática más allá de simples números y ecuaciones. *Scientia et Technica*. 2012. vol. 2, no. 50. ISSN 2344-7214. <https://doi.org/10.22517/23447214.6687>
61. VARGAS, Francisco; STENNING, Keith. Logical Reasoning beyond Classical Logic: An Illustration with Pythagoras Theorem. *International Electronic Journal of Mathematics Education*. 2019. vol. 1, no. 1. ISSN 2407-0610. <https://doi.org/10.29333/iejme/5883>

62. VÁSQUEZ-ARTUNDUAGA, Santiago; GÁLVEZ-LÓPEZ, John A. Factores Determinantes En La Mortalidad Académica Para La Facultad De Ingenierías En La Universidad Tecnológica De Pereira Entre Los Años 2004 Y 2009. *Scientia Et Technica*. 2011. vol. XVI, no. 48, p. 65–70. ISSN 0122-1701. <https://doi.org/10.22517/23447214.1237>
63. VINTERE, Anna; BRIEDE, Baiba. Engineers' mathematics education in the context of sustainable development. *Engineering for Rural Development*. 2016. vol. 2016-Janua, p. 1121–1127. ISSN 16915976.
64. VIOLA-VILLAMIZAR, Jairo B.; GÓMEZ-FORERO, Diana T. Reestructuración pedagógica de la asignatura lógica y algoritmia para el mejoramiento de la enseñanza en los programas de ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana-Seccional Bucaramanga*. *Revista Educación en Ingeniería*. 2019. vol. 14, no. 27, p. 41–47. <https://educacioningenieria.org/index.php/edi/article/view/940>
65. WANG, Haohao; POSEY, Lisa. An Inquiry-Based Linear Algebra Class. *Online Submission*. 2011. vol. 4, p. 489–494. ISSN 1548-6613. <https://eric.ed.gov/?id=ED526792>
66. WHITEMAN, Wayne E.; NYGREN, Kip P. Achieving the right balance: Properly integrating mathematical software packages into engineering education. *Journal of Engineering Education*. 2000. vol. 89, no. 3, p. 331–336. ISSN 10694730. DOI <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2000.tb00533.x>
67. WINKELMAN, Paul. Perceptions of mathematics in engineering. *European Journal of Engineering Education*. 2009. vol. 34, no. 4, p. 305–316. ISSN 03043797. <https://doi.org/10.1080/03043790902987378>
68. YOUNG, C.Y.; GEORGIPOULOS, Michel.; HAGEN, Scott.C.; GEIGER, C.L.; DAGLEY-FALLS, M.A.; ISLAS, A.L.; RAMSEY, P.J.; LANCEY, P.M.; STRANEY, R.A.; FORDE, D.S.; BRADBURY, E.E. Improving student learning in calculus through applications. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2011. vol. 42, no. 5, p. 591–604. ISSN 0020739X. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2010.550944>
69. ZAKANI, Sima; KAUPP, Jake; TURNER, Roderick D; FRANK, Brian. Analyzing Implicit Science and Math Outcomes in Engineering and Technology Programs. *The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*. 2019. vol. 10, no. 1. ISSN 1918-2902. <https://doi.org/10.5206/cjsotl-rcacea.2019.1.7994>
70. URRUTIA, Gerard; BONFILL, Xavier. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina clínica*, 135(11), 507-511. <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-declaracion-prisma-una-propuesta-mejorar-S0025775310001454>