

Investigación en educación matemática y tecnología: aportes desde los grupos entornos tecnológicos en SEIEM y tecnologías digitales en SOMIDEM

Research in mathematics education and technology:
contributions from the groups technological environments in
SEIEM and digital technologies in SOMIDEM

Javier del Olmo-Muñoz ¹ 

Verónica Hoyos ² 

Pascual D. Diago ³ 

Minerva Martínez-Ortega ⁴ 

Ana Isabel Sacristán ⁵ 

Resumen

En este capítulo se analizan la evolución y las perspectivas de futuro de la integración de las tecnologías digitales en Educación Matemática a través del trabajo desarrollado por dos grupos de investigación: el grupo Entornos Tecnológicos en Educación Matemática (ETEM) de la SEIEM y el grupo Educación Matemática y Tecnologías Digitales (EMTD) de la SOMIDEM. Se presentan los objetivos y las líneas de investigación de cada grupo, detallando los marcos teóricos y metodológicos utilizados, así como los resultados más relevantes obtenidos hasta la fecha. Además, se señalan los desafíos y áreas emergentes en el uso de la tecnología en la educación matemática, como el impacto de la inteligencia artificial, el pensamiento computacional y la evaluación mediada por tecnología. Por último, se proponen posibles sinergias entre ETEM y EMTD para fomentar futuras colaboraciones que contribuyan al desarrollo de la investigación en educación matemática y tecnología.

¹ javier.olmo@uclm.es

Universidad de Castilla-La Mancha, España

² vhoyosa@upn.mx

Universidad Pedagógica Nacional, México

³ pascual.diago@uv.es

Universitat de València, España

⁴ minervamarort@gmail.com

Dirección General de Educación Tecnológica Industrial y de Servicios, México

⁵ asacrist@cinvestav.mx

CINVESTAV, México

Del Olmo-Muñoz, J., Hoyos, V., Diago, P. D., Martínez-Ortega, M., & Sacristán A. I. (2025). Investigación en educación matemática y tecnología: aportes desde los grupos entornos tecnológicos en SEIEM y tecnologías digitales en SOMIDEM. En E. Flores-Medrano, M. Molina, I. Sandoval, & I. Polo-Blanco (Eds.), *Educación Matemática en México y España: Investigaciones y líneas de trabajo compartidas* (pp. 339–372). Editorial SOMIDEM - SEIEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S2/2025/03-13>

Palabras clave

Tecnología educativa, educación matemática y tecnologías digitales, pensamiento computacional, inteligencia artificial, evaluación digital.

Abstract

This chapter examines the evolution and future perspectives of in the integration of digital technologies in mathematics education through the work of two research groups: Entornos Tecnológicos en Educación Matemática (ETEM) from SEIEM and Educación Matemática y Tecnologías Digitales (EMTD) from SOMIDEM. The objectives and research lines of each group are presented, detailing the theoretical and methodological frameworks employed, as well as the most relevant results obtained to date. Furthermore, challenges and emerging areas in the use of technology in mathematics education are identified, such as the impact of artificial intelligence, computational thinking, and technology-mediated assessment. Finally, potential synergies between ETEM and EMTD are proposed to foster future collaborations that contribute to the advancement of the research in mathematics education and technology.

Keywords

Educational technology, mathematics education and digital technologies, computational thinking, artificial intelligence, digital assessment.

Introducción

A lo largo de los últimos años, el uso de tecnologías digitales en la educación matemática ha cobrado una gran relevancia, generando diversas líneas de investigación en distintos contextos académicos. En este capítulo se analizan los principales objetivos y temas centrales de dos grupos que han abordado esta temática desde perspectivas complementarias: el grupo Entornos Tecnológicos en Educación Matemática (ETEM) de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM) y el grupo Educación Matemática y Tecnologías Digitales (EMTD) de la Sociedad Mexicana de Investigación y Divulgación de la Educación Matemática (SOMIDEM). A continuación, se presentan sus planteamientos y líneas de trabajo.

Principales objetivos

El principal objetivo del grupo ETEM de la SEIEM es analizar y comprender temas relacionados con el análisis de fenómenos didácticos propios de la educación matemática en entornos tecnológicos, considerando como entorno tecnológico cualquier conjunto de herramientas tecnológicas (ya sea software o hardware) que, aplicado en un contexto educativo, intervenga en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Además, busca generar conocimiento basado en la investigación para informar las prácticas docentes y contribuir a la mejora de la educación matemática.

Por su parte, el grupo EMTD de la SOMIDEM se centra en investigar el uso e integración de las tecnologías digitales en la enseñanza y aprendizaje

de las matemáticas en diversos niveles educativos, con especial atención en el desarrollo de estrategias de enseñanza que incorporen herramientas digitales en la resolución de problemas. Entre sus objetivos se incluyen la evaluación del impacto de estas tecnologías en la formación docente y en el aprendizaje del estudiantado, atendiendo al desarrollo del razonamiento y del pensamiento matemático.

Temas centrales

Ambos grupos comparten un interés común en la exploración de la tecnología como un medio para enriquecer la enseñanza de las matemáticas. En el caso de ETEM, las principales líneas de investigación contemplan el uso de software educativo, el pensamiento computacional, la inteligencia artificial (IA) aplicada a la educación matemática y las analíticas de aprendizaje. Se presta atención asimismo a la forma en que estas tecnologías pueden facilitar la visualización de conceptos matemáticos, personalizar la enseñanza y generar datos para la evaluación del aprendizaje.

En cuanto a EMTD, el grupo ha desarrollado investigaciones sobre la implementación de tecnologías digitales en contextos educativos diversos, en los que se incluye el uso de software dinámico para la enseñanza de las matemáticas, plataformas de aprendizaje y metodologías basadas en la utilización de entornos virtuales. También se ha planteado la integración de IA generativa y el diseño de estrategias de evaluación que incorporen el uso de tecnologías digitales. Además, la formación de docentes es un aspecto en el que se ha hecho hincapié en el período que se revisa.

Partiendo de esta coincidencia en el interés por las tecnologías digitales aplicadas a la educación matemática, resulta pertinente presentar la trayectoria y los planteamientos de ambos grupos. En este capítulo se presentan los avances, intereses y proyecciones de ambos grupos de trabajo con el objetivo de identificar posibles sinergias y áreas de colaboración. Para ello, se describirá primero el estado actual de cada grupo, detallando las principales líneas de investigación, metodologías utilizadas y aportaciones recientes. Posteriormente, se abordarán los desafíos y tendencias emergentes en el campo de las tecnologías digitales en la educación matemática. Finalmente, se reflexionará sobre las oportunidades de colaboración entre ETEM y EMTD, analizando cómo la confluencia de enfoques puede enriquecer la investigación y la aplicación de las tecnologías digitales en la enseñanza de las matemáticas.

Estado actual del grupo ETEM

Breve descripción de los intereses y proyectos actuales

El grupo ETEM es un grupo de trabajo vinculado a la SEIEM relativamente joven. La semilla del grupo comenzó a gestarse en marzo de 2018 en

Valencia, con la realización de un primer *workshop* sobre Entornos Tecnológicos en Educación Matemática en la Facultat de Magisteri de la Universitat de València. A este encuentro piloto asistieron 44 personas, la mayoría de ellas vinculadas a la SEIEM, y en él se presentaron 17 comunicaciones. En 2019, el germen del grupo se consolidó con una segunda edición en abril en el mismo lugar, edición que sentó las bases para su desarrollo formal. En este segundo encuentro se presentaron 15 comunicaciones.

Desde antes de la consolidación oficial del grupo ETEM en el seno de la SEIEM, el interés del grupo ha sido dotar de un enfoque de investigación a la creciente cantidad de tecnologías educativas orientadas a desarrollar la educación matemática en diferentes niveles educativos. En esta línea, además del principal objetivo del grupo mencionado anteriormente relacionado con el análisis de fenómenos didácticos, también son objeto de estudio el uso de soluciones tecnológicas que faciliten la obtención de datos y métricas de aprendizaje, bien a través de herramientas diseñadas ad hoc o de otras ya existentes.

La clasificación que, para este capítulo, se ha hecho de las tecnologías utilizadas en la investigación del grupo ETEM se basa en una observación sistemática de los trabajos presentados en el grupo y en los tipos de tecnología empleados. A diferencia de otras propuestas, como la de funciones didácticas de Drijvers (2015), que clasifican las tecnologías según su uso pedagógico (herramienta, entorno de práctica, desarrollo conceptual), la de Hoyles y Noss (2003), que distingue entre micromundos programables y herramientas expresivas, o la de los roles clásicos de Taylor (1980), centrados en el papel que desempeña la tecnología (tutor, herramienta, alumno), la taxonomía propuesta en este capítulo se interesa por la naturaleza y las características específicas de las herramientas así como por los temas abordados.

De este modo, la clasificación se organiza en siete categorías principales: software especializado, plataformas educativas, dispositivos tecnológicos, IA, entornos 3D, pensamiento computacional y analíticas de aprendizaje. Las contribuciones analizadas, junto con la categoría o categorías tecnológicas bajo las que se han clasificado, se presentan en la Tabla 1.

Como primera categoría dentro de esta clasificación el software especializado ha desempeñado un papel central en las investigaciones del grupo, con 14 contribuciones que han explorado aplicaciones como *GeoGebra*, utilizada para construcción del conocimiento matemático mediante la visualización y la modelización, o *GeoPattern*, creada para promover el desarrollo del pensamiento algebraico temprano en estudiantes de Educación Primaria mediante la resolución de problemas de patrones geométricos. Algunas propuestas han abordado el uso de entornos específicos tales como *Mathematica* para facilitar la resolución de problemas avanzados en álgebra y cálculo, o *Matlab* para la resolución de problemas matemáticos clásicos

desde un enfoque computacional. Otros sistemas como *Read & Learn o Read & Answer* se han usado para estudiar el aprendizaje a través de aspectos específicos en la resolución de problemas, como la comprensión lectora de enunciados y la detección de inconsistencias en ejemplos resueltos paso a paso (*worked examples*). Este tipo de herramientas ha abierto nuevas vías de investigación al permitir registrar los comportamientos e interacciones de los estudiantes con los contenidos matemáticos. También se incluye en esta categoría a *HINTS*, un sistema tutorial inteligente que combina capacidades adaptativas con un diseño específico para el planteamiento y resolución de problemas verbales aritmético-algebraicos.

En la categoría de plataformas educativas, con 11 contribuciones, se destacan los sistemas de gestión del aprendizaje, muchas veces también utilizados como herramientas de analítica educativa. Así, estas plataformas pueden integrar algoritmos para ajustar las tareas según el desempeño del estudiante, como es el caso de *Smartick*, utilizada, por ejemplo, para la clasificación automática de estrategias de cálculo mental representadas en una recta numérica vacía interactiva, o para introducir una secuencia de tareas destinadas al aprendizaje de la modelización mediante el método gráfico de Singapur. Además, se han explorado entornos como *PoliformaT*, una plataforma educativa utilizada para implementar metodologías como la clase invertida, integrando recursos como vídeos, foros y evaluaciones en el ámbito universitario. Otras propuestas innovadoras son *MathCityMap*, una aplicación que permite crear y vivenciar paseos matemáticos a través de dispositivos móviles, desarrollando habilidades matemáticas mediante el análisis de objetos en entornos cotidianos; y *EduCITY*, que promueve el uso de la ciudad como entorno educativo a través de rutas matemáticas diseñadas para transformar los recursos del territorio en espacios de aprendizaje. Por último, *Moodle*, ampliamente reconocido como un sistema de gestión del aprendizaje robusto, se ha utilizado en investigaciones para analizar el rendimiento estudiantil y enriquecer la enseñanza mediante metodologías basadas en datos.

Los dispositivos tecnológicos, con nueve comunicaciones, han ampliado también el abanico de posibilidades en la educación matemática mediante el uso de herramientas físicas e interactivas. La robótica educativa ha gozado de un gran protagonismo con múltiples propósitos. Por ejemplo, se han presentado propuestas que han hecho uso del robot *Bee-Bot* para el estudio de las habilidades espaciales en educación primaria, así como para estudiar los procesos metacognitivos en alumnos de primeras edades escolares cuando abordan y resuelven problemas. También se ha examinado el uso de *mBot* durante el aprendizaje de las isometrías en el plano, relacionando conceptos abstractos con actividades prácticas de programación y manipulación directa. La vertiente analógica también ha ocupado un espacio significativo merced

al uso de dispositivos como *Turing Tumble*, un juego físico que permite a los alumnos manipular piezas mecánicas para descubrir conceptos de lógica o secuencias algorítmicas, pudiendo aprender así cómo pequeños cambios en un sistema pueden influir en su comportamiento general. Por otro lado, herramientas como el *Eye-tracker* han protagonizado trabajos sobre el estudio del razonamiento matemático a partir de la medición de la posición y el movimiento ocular durante el uso de un videojuego comercial. Por último, los dispositivos de respuesta remota *clickers* han mostrado su utilidad al posibilitar la interacción en tiempo real y la evaluación formativa en el aula, haciendo posible que los estudiantes participen activamente mientras los docentes recopilan datos para ajustar su práctica.

De los datos recopilados en algunas de las mencionadas plataformas se nutren las analíticas de aprendizaje, que, con siete trabajos, han permitido investigar patrones de interacción y rendimiento mediante el análisis de datos educativos. Estudios realizados con herramientas como *Moodle*, *Smartick*, *TaskTimeTracker* o los mencionados *clickers*, han puesto de manifiesto la posibilidad de capturar información en tiempo real y emplearla en la predicción del rendimiento académico.

El pensamiento computacional, presente en 17 comunicaciones distribuidas en todas las reuniones, sobresale como el tema más recurrente, reflejando el interés del grupo ETEM por investigar tanto las bases teóricas como las aplicaciones prácticas de esta habilidad, junto con sus conexiones con la educación matemática. No en vano, la primera conferencia invitada que tuvo lugar en la primera de las reuniones versó sobre el tema, deteniéndose en una reflexión preliminar sobre el estudio de la enseñanza y aprendizaje de la programación en edades tempranas como proceso de resolución de problemas, atendiendo a las particularidades de este tipo de tareas y su relevancia en la formación del pensamiento computacional. A menudo asociado con la programación y la robótica educativa, esta recientemente acuñada habilidad ha sido abordada en el grupo a través de propuestas que se han servido de robots como *Bee-Bot* o de simuladores como *Abella*, pero también de dispositivos analógicos como el *Turing Tumble*. Además, iniciativas como el proyecto *PENSACT* han promovido la integración curricular del pensamiento computacional en la formación docente. Otro proyecto, *MAPS*, ha explorado los fundamentos aritméticos de esta habilidad a través del sistema *Exploding Dots*. También se ha investigado la transferencia de estas competencias a contextos prácticos mediante la resolución de problemas de la vida real, como en las tareas *Bebras*, diseñadas para desafiar a los estudiantes con retos accesibles pero intelectualmente estimulantes. Por último, aunque de manera secundaria, el pensamiento computacional ha estado presente en otras investigaciones del grupo, como las propuestas con *BlocksCAD* o el simulador *Abella*.

Vinculada al pensamiento computacional, la reciente explosión de la IA en 2022 ha comenzado a transformar significativamente las prácticas de enseñanza y aprendizaje, y la educación matemática no ha sido la excepción. Aunque presente desde los inicios del grupo, ha cobrado un notable auge en estos últimos años, acumulando un total seis comunicaciones. Entre sus aplicaciones más innovadoras está el uso de la IA para la resolución de problemas mediante análisis generativo, una línea de trabajo centrada en identificar los errores a los que se enfrentan los grandes modelos del lenguaje a la hora de determinar las cantidades necesarias para resolver problemas matemáticos. Sin embargo, esta revolución se asienta sobre un terreno previamente abonado por décadas de investigación en sistemas tutoriales inteligentes, que ya venían marcando la pauta en la personalización del aprendizaje en entornos adaptativos. Un caso notable es *HINTS*, un sistema tutorial inteligente diseñado para el aprendizaje de la resolución de problemas verbales aritméticos y algebraicos, que jerarquiza contenidos y tareas en función del rendimiento individual del estudiante para optimizar su aprendizaje. Además, se han desarrollado modelos dinámicos que emplean algoritmos para predecir el éxito en la resolución de problemas aritmético-algebraicos, ajustando las tareas según las estrategias empleadas por los estudiantes. Algunas plataformas, como *Smartick*, han incorporado recientemente técnicas de IA para ofrecer secuencias de actividades adaptativas.

Por otro lado, los entornos 3D, que han protagonizado hasta siete contribuciones, han abarcado desde tecnologías como el software para el diseño de figuras geométricas hasta la realidad virtual y la aumentada, pasando por la impresión 3D. Todas ellas constituyen entornos que han hecho avanzar de manera apreciable la comprensión de conceptos matemáticos complejos. Estas herramientas se han utilizado especialmente para fomentar el desarrollo de la visualización tridimensional. Un ejemplo destacado es el uso de *NeoTrie VR* en la enseñanza de la geometría tridimensional en secundaria, concretamente para el aprendizaje de las simetrías en los sólidos platónicos y arquimedianos. Además, herramientas como *Tinkercad*, *Mathigon* y *BlocksCAD* se han utilizado para explorar y construir figuras geométricas en 3D, contribuyendo al análisis del conocimiento geométrico y la representación espacial en diferentes niveles educativos. La impresión 3D también ha ocupado un lugar destacado, permitiendo la creación de modelos tangibles que facilitan la visualización espacial y el análisis geométrico, especialmente en educación secundaria.

Por último, otros siete trabajos exploran temas que no encajan en las categorías principales, como los videojuegos, los vídeos educativos, los recursos en Internet, el modelo TPACK o los juegos de estrategia en formato tecnológico, lo que da cuenta de la diversidad de intereses dentro del grupo.

Principales marcos teóricos y metodológicos empleados

Es bien sabida la existencia de multitud de marcos teóricos y metodológicos en el ámbito educativo, cuyo objetivo no solo es el de analizar y entender cómo aprenden las personas, sino también guiar el diseño de experiencias de aprendizaje significativas y efectivas en diversos contextos educativos. La Didáctica de la Matemática se ha nutrido de diferentes marcos para elaborar adaptaciones teóricas y metodológicas diseñadas *ad hoc* para abordar las particularidades de esta disciplina. Así, el enfoque constructivista o la teoría sociocultural han sido reinterpretados para explicar fenómenos propios del aprendizaje matemático, dando lugar a teorías adaptadas para entender cómo las prácticas matemáticas se construyen en contextos específicos. Por otro lado, marcos específicos como la *Teoría de las Situaciones Didácticas* de Brousseau, la *Teoría Instrumental* de Rabardel o el *modelo APOS* (Acción, Proceso, Objeto, Esquema) han sido creados directamente para estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, abordando aspectos como la interacción entre el estudiante y las herramientas, la progresión conceptual y el diseño de situaciones problemáticas que favorecen la comprensión matemática.

El fuerte desarrollo tecnológico experimentado en el inicio del siglo XXI ha conllevado la incorporación de la propia tecnología en diferentes marcos relacionados con la educación. Para el caso de la educación matemática, a finales de la primera década de este siglo, Hoyles y Lagrange (2010), *Mathematics Education and Technology*, describían algunos de los marcos teóricos concretos empleados en la investigación sobre la integración de herramientas tecnológicas en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. En concreto, el capítulo escrito por Drijvers et al. (2009) recopilaba marcos teóricos empleados en la investigación relacionada con la integración de la tecnología en el dominio de la educación matemática e identificaban los aportes ofrecidos por estos enfoques. Asimismo, ponían de manifiesto la importancia de diferentes factores, como el papel del lenguaje, el rol del docente en entornos tecnológicos o la influencia de las distintas configuraciones disponibles en el diseño de las tareas. Estos aspectos, junto con la creciente variedad de herramientas tecnológicas disponibles actualmente, abren un amplio abanico de posibilidades a la hora de seleccionar un paradigma teórico o metodológico cuando se busca estudiar y comprender las dinámicas de la enseñanza-aprendizaje mediada por la tecnología.

En lo que concierne a la descripción de los marcos metodológicos y teóricos empleados en las comunicaciones del grupo ETEM, el análisis de las 69 contribuciones presentadas en el grupo desde sus inicios nos indica que en 43 de ellas (62%) se menciona explícitamente un marco teórico o metodológico utilizado en el estudio, investigación o intervención presentada. En cambio, en el resto de las comunicaciones (38%) no se aporta información

que permita identificar el marco teórico. A pesar de que es habitual que la mayoría de las contribuciones presentadas en las reuniones del grupo ETEM versen sobre investigaciones en curso, proyectos en desarrollo o situaciones prácticas realizadas en el aula utilizando tecnología, los resultados indican que más de la mitad de las propuestas se presentan bajo un claro enfoque de investigación, pues describen un marco metodológico o teórico para la observación directa, el diseño o el análisis de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas que integran herramientas tecnológicas.

Como se verá en la próxima sección, esta ratio de trabajos orientados a la investigación se ve reflejada en la producción académica derivada de trabajos presentados previamente en reuniones del grupo ETEM. Categorizando las 69 contribuciones con base en los paradigmas teóricos y metodológicos más característicos de la investigación educativa en general, se obtiene el siguiente panorama de marcos teóricos:

- 39 de las contribuciones (57%) emplean paradigmas propios de la Educación Matemática, indicando que estos marcos propios del área son los predominantes en los trabajos del grupo. Más adelante se analizará la distribución de estos marcos teóricos y metodológicos propios.
- 18 comunicaciones (26%) pueden categorizarse bajo el paradigma de los *modelos basados en prácticas*, pues presentan estudios basados en comunidades de práctica (colaborativa o individualmente), en Aprendizaje Basado en Problemas o en proyectos llevados a cabo en situaciones de aula. Así, la cantidad de trabajos sobre procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas con tecnología en situaciones prácticas o de aula representa también un conjunto significativo.
- Cinco comunicaciones (7%) se enmarcan en el paradigma del *diseño instruccional* (como por ejemplo el TPACK), pues presentan estudios orientados a la creación y evaluación de entornos tecnológicos de aprendizaje efectivos.
- Tres comunicaciones (4%) se clasifican dentro de la teoría de las situaciones didácticas, centrada en la interacción entre el estudiante, el docente y el medio (en este caso las herramientas tecnológicas analizadas) en el proceso de aprendizaje matemático.
- Finalmente, cuatro comunicaciones se categorizan en los marcos del *procesamiento de la información* (una comunicación; 1%), la *génesis instrumental* (una comunicación; 1%) y la *perspectiva crítica* (dos comunicaciones; 3%).

El panorama anterior refleja un fuerte énfasis de las contribuciones en marcos específicos de la Didáctica de la Matemática, lo cual no es de extrañar, pues la especificidad de estos paradigmas ofrece ventajas significativas al

abordar las particularidades de la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, aunque esté mediada por herramientas tecnológicas, como es nuestro caso.

Dentro de las 39 comunicaciones que emplean marcos específicos de Didáctica de la Matemática, haciendo una categorización similar, pero tomando los enfoques teóricos propios del área, se obtiene la siguiente distribución de los principales paradigmas teóricos o metodológicos empleados:

- 17 comunicaciones (44%) se categorizan dentro del paradigma de la resolución de problemas matemáticos, centrado en la comprensión de cómo los estudiantes resuelven problemas, analizando sus estrategias, procesos o su competencia a la hora de resolverlos; elementos ampliamente estudiados por autores clásicos como Pólya (1957) o Schoenfeld (1985, 1992), entre otros. En estos trabajos, aunque la tecnología juega un papel relevante en el proceso de enseñanza-aprendizaje, el objeto de estudio sigue siendo la comprensión profunda y la reflexión sobre los procesos involucrados en la resolución de problemas por parte de los estudiantes.
- 18 comunicaciones (46%) quedan ubicadas bajo el paradigma del pensamiento computacional, tan en boga desde su reciente inclusión en muchos planes de estudio de diversos países (Broley et al., 2024), e identificado como uno de los principales actores del desarrollo de las posibilidades de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas para este siglo XXI, complementando las matemáticas tradicionales y conectándolas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y otros campos (Pérez, 2018). Además, la investigación ha dejado claro que el pensamiento computacional está especialmente ligado a procedimientos profundamente relacionados con la actividad matemática: la propia resolución de problemas como contenido, los procesos cognitivos relacionados con la resolución de problemas, y la formulación de soluciones que puedan ser transferidas o externalizadas a otra persona o herramienta tecnológica (Kallia et al., 2021). No es de extrañar, por tanto, que en el grupo ETEM haya una fuerte presencia de trabajos relacionados con el pensamiento computacional, pues queda implícito en el objetivo germinal del grupo orientado al análisis de la integración de las herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas.
- Finalmente, se categorizan cuatro aportaciones (3%, cada una) en los marcos relacionados con el modelo de *Van Hiele*, el *early algebra*, el trabajo colaborativo en matemáticas y las trayectorias de aprendizaje; reflejando un uso más puntual de estos paradigmas, pero mucho más especializado y relacionado con las particularidades de las herramientas tecnológicas empleadas en estudios concretos.

Los diferentes desarrollos teóricos y metodológicos empleados por el grupo ETEM reflejan un esfuerzo sostenido por integrar perspectivas teóricas y metodológicas, tanto generales como especializadas, con el fin de responder a las necesidades únicas de la educación matemática cuando se involucran elementos tecnológicos. No obstante, queda patente que los marcos especializados ligados a la resolución de problemas y al pensamiento computacional son los paradigmas más empleados en las contribuciones llevadas a cabo por los miembros del grupo ETEM.

Resultados recientes o proyectos destacados

Desde sus inicios, el grupo ETEM ha venido auspiciando una notable producción académica derivada de las comunicaciones presentadas en sus reuniones. Para evaluar esta actividad, se ha llevado a cabo un exhaustivo proceso de rastreo que ha combinado la búsqueda sistemática en bases de datos como Web of Science (WoS) y Google Scholar. Dicho proceso se ha realizado mediante cadenas de búsqueda destinadas a identificar las publicaciones derivadas de las comunicaciones presentadas en las reuniones del grupo.

Estas cadenas han contemplado diversos elementos, como el nombre de los autores, las palabras clave en español y en inglés y el intervalo de tiempo comprendido entre el año de presentación del trabajo y 2025. Por ejemplo, para la primera comunicación “Un entorno tecnológico para el desarrollo de herramientas heurísticas de resolución de problemas basado en Bee-bot”, presentada en la primera reunión de 2018, la cadena de búsqueda utilizada fue la siguiente:

(AU=(Diago PD) OR AU=(González-Calero JA) OR AU=(Arnau D)) AND TS=("Primeras edades escolares" OR "Early childhood education" OR "Robótica educativa" OR "Educational robotics" OR "Resolución de problemas" OR "Problem-solving" OR "Pensamiento computacional" OR "Computational thinking") AND PY=(2018-2025)

Así pues, y aunque no se han cuantificado las actas de congresos y otros formatos, pudimos identificar un total de 29 publicaciones derivadas: 19 indexadas en WoS y 10 en otras fuentes. En cuanto a su impacto nacional e internacional, las publicaciones se distribuyen de forma equilibrada: 12 están escritas en español, 16 en inglés, y una en ambos idiomas. Esto pone de manifiesto tanto su presencia en el contexto hispanohablante como una notable proyección de carácter global. Por otro lado, un análisis temático de estas publicaciones nos permite observar la diversidad de intereses, para lo cual se han retomado las siete categorías ya definidas anteriormente. Esta clasificación, elaborada *ad hoc* a partir de una observación sistemática de las contribuciones presentadas en el grupo, responde a la naturaleza y a las características de las herramientas tecnológicas utilizadas. A continuación,

se presenta la Tabla 1 con la clasificación detallada de estas publicaciones y las características descritas.

Tabla 1
Clasificación temática y bibliográfica de las publicaciones derivadas del grupo ETEM

Nº	Publicación	Formato	Idioma	WoS	Categorías
1	(Sanz et al., 2020)	Artículo	Inglés	Sí	SE
2	(Orts Muñoz et al., 2018)	Artículo	Español	Sí	SE
3	(Sanz Garcia et al., 2019)	Artículo	Español/inglés	Sí	AA, IA
4	(Cañada et al., 2018)	Artículo	Español	No	SE
5	(Escrivà et al., 2021)	Artículo	Español	Sí	SE
6	(Rodríguez-Martínez et al., 2023)	Artículo	Inglés	Sí	AA, DT
7	(Gea et al., 2018)	Artículo	Español	Sí	O
8	(Beltrán-Pellicer et al., 2020)	Artículo	Español	No	3D, PC
9	(Muñiz-Rodríguez et al., 2018)	Artículo	Inglés	No	PE
10	(Suárez Zapata et al., 2018)	Artículo	Español	No	DT, PC
11	(Arbona Picot et al., 2019)	Artículo	Español	Sí	SE
12	(Diago et al., 2019)	Artículo	Español	Sí	SE, PC
13	(Pla-Castells & García-Fernández, 2020)	Artículo	Español	No	SE, AA
14	(Albarracín & Hernández-Sabaté, 2020)	Artículo	Español	No	DT
15	(Del Olmo-Muñoz et al., 2023)	Artículo	Inglés	Sí	O
16	(González-Calero et al., 2019)	Artículo	Inglés	Sí	DT
17	(Sanjosé et al., 2022)	Artículo	Inglés	Sí	SE
18	(Rodríguez-Muñiz et al., 2021)	Artículo	Español	No	O
19	(García-Moreno et al., 2022)	Artículo	Inglés	Sí	PC, SE
20	(Beltrán-Pellicer & Muñoz-Escolano, 2021)	Artículo	Español	No	3D, PC
21	(Van Vaerenbergh & Pérez-Suay, 2022)	Capítulo	Inglés	No	IA
22	(Pla-Castells et al., 2021)	Artículo	Inglés	Sí	SE, AA
23	(Gavilán-Izquierdo & Gallego-Sánchez, 2024)	Artículo	Inglés	Sí	O
24	(Pérez-Suay, Van Vaerenbergh, et al., 2023)	Artículo	Inglés	Sí	PE, AA
25	(Pérez-Suay, Ferris-Castell, et al., 2023)	Artículo	Inglés	Sí	PE, AA
26	(Del Olmo-Muñoz et al., 2024)	Artículo	Inglés	Sí	SE, PC
27	(Nolla et al., 2024)	Artículo	Inglés	Sí	3D
28	(Sánchez-López et al., 2024)	Artículo	Inglés	No	DT, PC
29	(Wu et al., 2025)	Artículo	Inglés	Sí	IA

Software Especializado (SE), Plataformas Educativas (PE), Dispositivos Tecnológicos (DT), Inteligencia Artificial (IA), entornos 3D (3D), Pensamiento Computacional (PC), Analíticas de Aprendizaje (AA), Otra (O)

El software especializado se posiciona como el tema más preponderante en la producción académica, con 11 publicaciones, especialmente en los primeros años del grupo, centradas en herramientas como *GeoGebra*, *Read & Learn* o *HINTS*. Le sigue el pensamiento computacional, con siete contribuciones, con un interés constante a lo largo del tiempo. La analítica del aprendizaje, utilizada tanto para la predicción del rendimiento académico como para la adaptación de procesos formativos, ha dado lugar a cinco publicaciones. Los dispositivos tecnológicos, como la robótica educativa, han inspirado cinco artículos, mientras que los entornos 3D, donde se incluyen herramientas para la visualización y la impresión 3D, están presentes en tres trabajos. La IA, aunque presente desde los inicios del grupo, ha cobrado impulso en los últimos años y cuenta con un total de tres publicaciones. Las plataformas educativas, tales como los sistemas de gestión del aprendizaje, están representadas en dos contribuciones. Por último, otros cuatro estudios abordan temas diversos que no encajan en las categorías principales, como los recursos de Internet, los vídeos educativos o el modelo TPACK.

Paralelamente a estas publicaciones científicas, cabe destacar el lanzamiento de la revista *iETEM (Investigación en Entornos Tecnológicos en Educación Matemática)*¹, una revista electrónica de acceso abierto relacionada con el grupo ETEM. Presentada durante la reunión intermedia de 2019. La revista *iETEM* busca ofrecer un espacio para la difusión de resultados de investigación e innovación sobre el uso de entornos tecnológicos en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Hasta la fecha, dos comunicaciones presentadas en las reuniones del grupo han dado lugar a publicaciones en esta revista, lo que demuestra su papel como canal para visibilizar los proyectos destacados del grupo y estimular el intercambio académico en este ámbito.

Líneas futuras del grupo ETEM

Desafíos o temas emergentes

En el horizonte de la investigación en entornos tecnológicos para la enseñanza de las matemáticas se plantean múltiples desafíos. Durante la pandemia de COVID-19, la brecha digital puso de manifiesto cómo las desigualdades económicas afectan la capacidad de los estudiantes para participar plenamente en las modalidades de aprendizaje a distancia. Como destacan Drijvers y Sinclair (2024), explorar cómo superar estas barreras, es clave. Además, este acontecimiento puso de relieve la importancia de las habilidades de resolución de problemas matemáticos para abordar los retos del mundo real y, ante la imposibilidad de que los estudiantes trabajaran

¹ <https://turia.uv.es/index.php/ietem/index>

juntos en persona, deben encontrarse nuevas vías para la colaboración. Todo esto ha constatado la urgencia de diseñar tecnologías educativas que sean accesibles y pertinentes, tal y como apuntan Engelbrecht y Borba (2024).

Otro reto clave es la integración efectiva de tecnologías emergentes como la IA y la personalización del aprendizaje. Aunque estas herramientas tienen el potencial de enriquecer la enseñanza, su aplicación requiere un marco ético sólido y una formación adecuada del profesorado para evitar que se consideren meros sustitutos de las prácticas pedagógicas tradicionales. Este cambio de paradigma también afecta al rol del profesor, que deberá adoptar un papel de facilitador y mediador a la hora de guiar el desarrollo matemático de los alumnos, sacando partido de la IA para enriquecer las experiencias de aprendizaje sin perder de vista el enfoque humano de la educación (Engelbrecht & Borba, 2024), mientras que los estudiantes toman la iniciativa en su proceso de aprendizaje de las matemáticas como investigadores (Hwang et al., 2023). No debe perderse de vista que existe el riesgo de que estas aplicaciones refuercen los enfoques individualistas y desconecten a los alumnos de las interacciones sociales necesarias para el aprendizaje colaborativo, por lo que alcanzar el equilibrio entre personalización y colaboración es otro reto.

Además, estos fenómenos están comenzando a poner en tela de juicio las métricas de evaluación tradicionales, pues exigen la adopción de sistemas capaces de medir en tiempo real competencias matemáticas complejas como el razonamiento y la resolución de problemas. Las métricas actuales, centradas sobre todo en resultados superficiales, no siempre captan los avances en el pensamiento conceptual de los estudiantes. En este sentido, Lavicza et al. (2022) destacan la importancia de diseñar evaluaciones longitudinales que midan tanto el aprendizaje inmediato como su transferencia a contextos reales.

Nuevas áreas o metodologías a explorar

Paralelamente a los retos emergentes, el grupo ETEM está ante la coyuntura de aventurarse en áreas aún no estudiadas o de avanzar en fórmulas innovadoras que amplíen los horizontes de su actividad.

La literatura sugiere la conveniencia de una mayor integración del pensamiento computacional en los currículos de matemáticas, del mismo modo que en el pasado se amplió el plan de estudios para incluir la estadística y la probabilidad (Drijvers & Sinclair, 2024). Como habilidad en continua evolución, el pensamiento computacional debería seguir ocupando un lugar prominente en la investigación, pero su integración curricular requiere ahora un enfoque más holístico. Más allá de la robótica, el pensamiento computacional tiene el potencial para abordar problemas interdisciplinares y conectar las matemáticas con situaciones de la vida cotidiana, favoreciendo

que los estudiantes desarrollen habilidades para interpretar y resolver problemas actuales. En esta línea de avance constante, surge la noción de “Pensamiento Computacional 2.0” (Tedre, 2022), que destaca cómo las interacciones mutuas entre pensamiento computacional e IA permiten ampliar su alcance, posibilitando que los estudiantes exploren temas como el aprendizaje automático, el modelado de datos y los dilemas éticos de los sistemas inteligentes.

Otro avance por explorar es el desarrollo de nuevos sistemas de evaluación adaptativa potenciados por la IA, también conocidos como hiperpersonalización (Engelbrecht & Borba, 2024). Estos sistemas pueden analizar los avances de los alumnos, identificar ideas erróneas y ofrecer pistas o explicaciones, esto es, una asistencia personalizada que contribuya a una comprensión más profunda. No obstante, además de las mencionadas cuestiones éticas, la privacidad de los datos y el papel humano en el proceso de aprendizaje, su implementación plantea preguntas críticas sobre cómo integrar estas herramientas en la enseñanza sin desvirtuar el aprendizaje conceptual.

No se trata solo de personalizar el aprendizaje, sino también de evaluar competencias críticas, como el pensamiento lógico o la colaboración. Estos avances tecnológicos en los procesos educativos deberían adherirse a la metáfora *humans-with-media*, con la que Borba y Villarreal (2005) explican cómo el uso de una herramienta tecnológica transforma y reorganiza los procesos de pensamiento matemático mediante una relación de simbiosis. Esto es, la integración de la IA debería centrarse en complementar, y no sustituir, el razonamiento humano en la resolución de problemas.

Pero el desarrollo de las tecnologías de la información en la enseñanza de las matemáticas no solo se manifiesta en las herramientas de IA, sino también a través de la tecnología multitáctil, las herramientas de realidad aumentada, virtual y mixta, o las impresoras 3D, que, si bien aún no son una práctica común en el aprendizaje habitual en las aulas, pueden dar pie a estudios exploratorios (Drijvers & Sinclair, 2024). Nuevos avances en estas herramientas pueden dar lugar a la aparición de otros paradigmas, como el de *body-artifact* (cuerpo-artefacto), en el que los estudiantes, a través de la experiencia corporal o la manipulación virtual, pueden explorar nuevos puntos de vista sobre diferentes conceptos matemáticos abstractos (Shvarts et al., 2021).

Estado actual del grupo EMTD de la SOMIDEM

Breve descripción de los intereses y proyectos actuales

La Sociedad Mexicana de Investigación y Divulgación de la Educación Matemática (SOMIDEM) se fundó en 2013, con el objetivo inicial de asegurar la consolidación de la revista Educación Matemática² y de contribuir al avance del conocimiento sobre el aprendizaje y la enseñanza

de las matemáticas en todos los niveles educativos al mismo tiempo que se ofrece un foro académico para promover la discusión de ideas, conceptos, propuestas y modelos relacionados con la Educación Matemática.

Recientemente (desde 2023) la SOMIDEM ha confirmado su capacidad de fomentar globalmente la presentación y divulgación de investigaciones mediante la realización del congreso³ SOMIDEM, además de promover o apoyar otros proyectos editoriales que más adelante serán mencionados. El congreso *SOMIDEM1* tuvo lugar en línea en el 2023, fue un foro para la presentación de reportes de investigación en los formatos oral y escrito y su organización se basó en el desarrollo de 18 Grupos de Trabajo Temático (GTT). Dos de ellos fueron el GTT1 y el GTT11, ambos centrados en Educación Matemática y Tecnologías Digitales (EMTD).

A continuación, se informará del contenido de las presentaciones en SOMIDEM1 con enfoque EMTD. Como cierre de esta breve introducción baste decir que ya se cuenta con 23 participaciones con enfoque EMTD para SOMIDEM2; y del 2023 a la fecha la labor editorial de SOMIDEM se ha intensificado, al menos con la publicación de otros 4 libros de investigación en educación matemática.

EMTD en el congreso SOMIDEM1

SOMIDEM1 fue un foro académico internacional en lengua española. Se llevó a cabo del 9 al 14 de marzo del 2023, contó con 98 participaciones que permitieron la discusión de problemáticas y hallazgos en torno a la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, principalmente de México. Hubo colegas provenientes de Argentina (1), Chile (5), Colombia (8), España (3), Estados Unidos (3), Países Bajos (1) y San Marino (1), y un total de 76 provenientes de diferentes estados o regiones de México.

De las presentaciones de trabajo en los dos grupos GTT1 y GTT11, los grupos con el enfoque en educación matemática y tecnologías digitales (EMTD), se refieren algunos de los aspectos que se presentaron en los reportes del trabajo llevados a cabo por ambos grupos.

Según el reporte “Tecnologías digitales en matemática educativa: reflexiones, propuestas y retos” (Sandoval & Larios, 2024), en el contexto del grupo de trabajo GTT1 en SOMIDEM1 se presentaron 14 contribuciones que los líderes del grupo clasificaron en tres partes: i) propuestas de tecnologías digitales específicas para su uso en el aula; ii) exploraciones basadas en el diseño de situaciones, actividades y herramientas computacionales para

² <https://www.revista-educacion-matematica.org.mx/revista/>

³ Los congresos SOMIDEM se llevan a cabo cada dos años. El próximo (SOMIDEM2) tendrá lugar del 10 al 16 de marzo de 2025.

la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas; iii) reflexiones sobre experiencias específicas de integración de tecnologías digitales en el aula. Entre ellas destacan los temas siguientes: la visualización dinámica tridimensional (en actividades de lugares geométricos 3D) mediante geometría dinámica, la simulación de problemas contextuales para la enseñanza de la combinación lineal, la construcción de trayectorias hipotéticas de aprendizaje para el razonamiento covariacional con apoyo de la tecnología y el desarrollo de habilidades de razonamiento proporcional con apoyo tecnológico. De los trabajos anteriores, solo el trabajo de Fernández-Mosquera y Santacruz-Rodríguez (2024) derivó en un artículo de investigación publicado en el libro editado por Sánchez Aguilar et al. (2024).

Por otro lado, también en SOMIDEM1, en el grupo de trabajo temático 11 (GTT11), “Educación matemática a distancia mediada por tecnologías digitales, en formato híbrido o por medios electrónicos de aprendizaje”, y de acuerdo con el reporte que presenta Hoyos (2024), solo hubo 5 presentaciones: una de ellas (Silva Bautista, 2024) informa acerca del impacto de la modalidad remota en el aprendizaje de un grupo de estudiantes del bachillerato; otra (Dávila Betancourt et al., 2024) aborda las percepciones de estudiantes de matemáticas durante y después de la pandemia del COVID-19.

En otras dos presentaciones se abordó el diseño y la exploración de educación matemática en línea a nivel universitario. En una de ellas (Navarro et al., 2024) se consideró el diseño de un sistema adaptativo en línea para el apoyo de clases presenciales de estudiantes de estadística a nivel universitario; y en la otra (Hoyos & Raggi, 2024) se presentaron resultados de una exploración de desarrollo profesional en línea de docentes del nivel bachillerato, sobre el impacto en la práctica de los docentes del establecimiento de conexiones entre las matemáticas del nivel superior y las matemáticas del bachillerato.

Resalta que en este grupo de trabajo (el GTT11) solo hubo una tercera parte de participantes en comparación con el número de participaciones en el GTT1. Esta disminución en el número de participaciones en el GTT11, confirma que, aunque la temática de la educación a distancia mediada por tecnologías digitales involucra el uso de las tecnologías digitales en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, también es cierto que este tipo de educación matemática (ahora también conocida como ‘en línea’ o administrada mediante una plataforma digital de aprendizaje) siempre ha seguido derroteros propios. En acuerdo con Balacheff (2012), su diseño, implementación y resultados hacen que se cuestionen las modalidades habituales de enseñanza y hacen visibles las limitaciones de las prácticas comunes de enseñanza-aprendizaje. Finalmente, en esta reseña destaca que las cinco presentaciones en el GTT11 derivaron en artículos de investigación que se publicaron en el libro editado por Sánchez Aguilar et al. (2024).

Derivado del potencial del congreso SOMIDEM1 para la promoción de la investigación en la educación matemática, al término del SOMIDEM1 se acordó la celebración de SOMIDEM2 y que estos congresos se irán celebrando periódicamente cada dos años. Así, al momento de escribir estas líneas ya se tiene avanzado el programa del próximo SOMIDEM2, a celebrarse del 14 al 16 de marzo de 2025. Finalmente, además de que hubo convocatoria para participar en los GTT1 y GTT11 (actualmente se cuenta con 16 y 3 contribuciones, respectivamente), se abrió un nuevo grupo de trabajo temático con enfoque EMTD: el GTT10, “Usos y experiencias de Inteligencia Artificial en matemática educativa”, que a la fecha cuenta con cinco contribuciones.

EMTD en la revista de investigación Educación Matemática

Una de las dos plataformas globales de la SOMIDEM para presentar y divulgar de manera escrita las investigaciones en Educación Matemática que se llevan a cabo en Iberoamérica, la ocupa la edición de la revista cuatrimestral Educación Matemática. Sus inicios se remontan a 1989 y, actualmente, es editada por la SOMIDEM junto con la Universidad de Guadalajara (UDG). A partir de su lanzamiento se convirtió en uno de los principales órganos de difusión de la investigación en Educación Matemática que se realiza en Iberoamérica y, en el plano nacional, en México está clasificada por la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI, antes el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología -CONAHCyT) dentro de los más altos estándares de calidad.

La revista se ha publicado en forma ininterrumpida durante 35 años, y desde 2014 es digital y de libre acceso². Su visibilidad se refleja en su inclusión en bases de datos como Scopus, y está presente en índices como SciELO, Redalyc, Latindex y Dialnet. Si bien se aceptan manuscritos escritos en inglés, portugués o francés, la mayor parte de los artículos publicados están en español. Por su calidad e impacto se ha constituido como una de las revistas de investigación en español más importantes en el campo de la Educación Matemática.

En el periodo que en este capítulo interesa revisar, 2019-2024, es posible localizar una serie de artículos de investigación relacionados con el enfoque EMTD, los cuales se presentan a continuación en cuatro bloques, de acuerdo con sus líneas temáticas de investigación.

I. En torno de la investigación en enseñanza y aprendizaje de estocásticos se encuentra el trabajo de Inzunza Cázares e Islas Anguiano (2019), en el que analizan una trayectoria de aprendizaje para desarrollar razonamiento sobre muestras, variabilidad y distribuciones muestrales, mediada por el uso intensivo de tecnología. También sobre la educación en estocásticos, Cañadas

et al. (2019) abordan la influencia de las tecnologías en el contraste de hipótesis en estadística inferencial.

II. Sobre la investigación en la enseñanza y aprendizaje de la Geometría, Mántica y Freyre (2019) construyen una situación problemática mediada por *GeoGebra* para abordar la noción de poliedro regular, a partir de no ejemplos del concepto de poliedro regular. Por otro lado, en el artículo de Sua Flórez y Camargo Uribe (2019) se aborda la resolución de un problema de geometría por parte de una pareja de estudiantes de grado noveno, problema relacionado con el lugar geométrico de los centros de las circunferencias que contienen dos puntos dados. El trabajo de Samper y Vargas (2019) contribuye a la indagación sobre la construcción de definiciones en el aula escolar de geometría con estudiantes de grado décimo (14 a 16 años), utilizando la negación de proposiciones para llegar a definir una figura geométrica. Finalmente, Sánchez Noroño et al. (2020) investigan el impacto del aprendizaje en geometría mediante una experiencia de elaboración de simuladores con *GeoGebra* en la educación media.

III. Sobre la investigación en torno de la enseñanza y aprendizaje del Cálculo, Trejo Martínez et al. (2021) investigan acerca del desarrollo del razonamiento covariacional que logran futuros profesores de matemáticas con apoyo de un programa de geometría dinámica, específicamente centrados en la covariación logarítmico-exponencial.

IV. Sobre la investigación en torno a la identificación del conocimiento y las habilidades de los docentes (en formación o en servicio) en relación con el uso de tecnologías digitales en su práctica, se localizan los trabajos de Santacruz Rodríguez y Sacristán Rock (2019), quienes analizan el proceso de selección de medios (digitales y no digitales) por parte de un profesor de quinto grado de primaria en Colombia, para enseñar transformaciones geométricas. Por su parte, Arnal-Bailera y Oller-Marcén (2020) examinan la realización con *GeoGebra* de tres procedimientos de construcción hechos por alumnos de tercer curso del Grado de Magisterio de Educación Primaria, a partir de las instrucciones presentadas en dos ediciones diferentes de los Elementos de Euclides.

Además, Verástegui Gutiérrez et al. (2024) indagaron sobre la incorporación de la tecnología por parte de docentes de matemáticas en formación, para la formulación de conjeturas, así como para la exploración y el análisis de los datos, por ejemplo, mediante hojas electrónicas de cálculo, juegos de azar virtuales, software dinámico, videos educativos, sitios web y aplicaciones didácticas, así como el uso de calculadoras graficadoras, promoviendo al mismo tiempo el discurso estadístico a partir de la integración de herramientas tecnológicas.

También es importante destacar la publicación en la revista de artículos con impacto alto sobre el estado del arte en relación con un tema específico

(publicación por invitación). Por ejemplo, el de Bakker et al. (2021), donde los autores identifican que nuevas tecnologías, como la impresión 3D, las matemáticas fotográficas y la realidad aumentada y virtual, ofrecen nuevas oportunidades para el aprendizaje de las matemáticas.

Finalmente, en una búsqueda realizada por Sánchez y López (2023) en la Web of Science, se encontraron datos sobre la presencia de la revista Educación Matemática en Iberoamérica. Los autores informan que los países que han publicado con mayor frecuencia en la revista son México, con 143 autores; España con 90; Colombia con 37; Chile con 36; y Argentina con 31.

EMTD en el proyecto editorial SOMIDEM 2018-2024

La segunda plataforma global para la presentación y divulgación de investigaciones de manera escrita de la SOMIDEM es un proyecto editorial que agrupa contribuciones de destacados investigadores en Educación Matemática, cuyas reflexiones buscan enriquecer y diversificar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

En 2018, la SOMIDEM editó el libro *Rutas de la Educación Matemática*. En él se presentan capítulos que hablan de trayectorias de investigación temática iniciadas en la revista Educación Matemática. El libro está dividido en tres partes, la segunda está dedicada al conocimiento, la resolución de problemas y la tecnología, y se integra por las aportaciones de: *i*) Hitt (2018), quien habla de “De un marco teórico constructivista del aprendizaje de las matemáticas a otro sociocultural en ambientes tecnológicos”; *ii*) Moreno-Armella (2018), quien discute “De fractales y cónicas dinámicas: prácticas de enseñanza y mediación instrumental”; Santos-Trigo y Aguilar-Magallón (2018), que presentan “Resolución de problemas matemáticos: del trabajo de Pólya al razonamiento digital”; *iii*) Camargo et al. (2018), quienes detallan “Actividad demostrativa: protagonista en la clase de geometría”; *iv*) Batanero (2018), que expone “Treinta años de investigación didáctica sobre el análisis inferencial de datos”; *v*) Blanco y Cárdenas (2018), quienes presentan “La resolución de problemas en la formación de profesores de matemáticas”.

Recientemente, la SOMIDEM editó tres series de libros que abarcan una gama amplia de temas y enfoques que van desde experiencias concretas de intervención en el aula hasta reflexiones teóricas sobre la naturaleza y los objetivos de la educación matemática. En las Series 1 y 3 se encuentran contribuciones relacionadas con el enfoque EMTD, tal y como se detalla a continuación.

La Serie 1, *Aportes y recursos para la innovación en la educación matemática* (editado por Castañeda, 2023) consta de 12 capítulos de los cuales dos se enmarcan en el enfoque EMTD. En el Capítulo 2, Lemus y Brun Battistini (2023) destacan la implementación de una trayectoria hipotética de apren-

dizaje que puede favorecer la comprensión de la probabilidad y estadística en un contexto universitario aprovechando la tecnología en temas transversales de corte socioemocional. Por otro lado, en el Capítulo 4, Ángel et al. (2023) se adentran en la exploración del uso de herramientas digitales (específicamente Excel) para la enseñanza y comprensión de la multiplicación y división de fracciones.

La Serie 3, *Perspectivas Actuales y Tendencias en la Educación Matemática*, consta de tres libros. El libro *Perspectivas actuales de la educación matemática* (editado por Sánchez Aguilar et al., 2024), se derivó de la realización del congreso SOMIDEM1, y los artículos relacionados con la investigación en educación matemática y tecnologías digitales que ahí se incluyen ya fueron comentados con anterioridad en la sección “EMTD en el congreso SOMIDEM1”.

Figura 1
Serie 3



El libro *Tendencias en la educación matemática* (editado por Juárez Ruiz et al., 2023) abarca tres tendencias en investigación, dos de las cuales están relacionadas con el enfoque EMTD: a) actividades innovadoras para el desarrollo del pensamiento matemático, y b) resolución de problemas de matemáticas. En la primera se presenta investigación (Lugo-Lugo et al., 2023) que versa sobre el razonamiento proporcional de alumnos de telesecundaria unitaria a través del uso de micromundos; mientras que, en la segunda, Sánchez (2023) aborda el análisis de tres problemas complejos de razonamiento probabilístico, destacando que es el uso de la tecnología (en este caso, el software *Fathom* para la modelación con matemáticas) el que facilita el tratamiento didáctico de dichos problemas en el aula. Por otro lado, también se utiliza el mismo software *Fathom* en el trabajo de Sánchez et al. (2024), pero ahora para el análisis de datos y la estadística inferencial con estudiantes de bachillerato.

Tabla 2
Enfoque EMTD en el Proyecto Editorial SOMIDEM 2023–2024

Serie	Título	Edición	Técnicas Digitales en juego/uso
1	Aportes y recursos para la innovación en la educación matemática	2023	Excel, Matlab, Symbolab
3	Perspectivas actuales de la Educación Matemática	2023	GeoGebra, dispositivos inteligentes, herramientas de Internet y materiales en plataformas digitales
	Tendencias en la Educación Matemática	2023 y 2024	Hoja de cálculo, GeoGebra, micromundos, Fathom

La edición 2024 de *Tendencias en la educación matemática* (Sánchez Aguilar et al. 2024) reúne investigaciones que reflejan perspectivas actuales sobre el aprendizaje de las matemáticas, enfocadas en la creatividad, comprensión conceptual, desarrollo de modelos mentales y el papel de las herramientas tecnológicas. En dicha edición, se incluyen dos investigaciones con el enfoque EMTD, a saber: 1) La resolución de un problema verbal mediante sistemas de ecuaciones lineales y el uso de la hoja de cálculo (Vargas-Alejo et al., 2024); 2) *GeoGebra* como recurso didáctico en el análisis y solución de problemas que involucran la función logística (Quilantán-Ortega & Rodríguez-Vázquez, 2024) (Tabla 2).

EMTD/SOMIDEM: posibles líneas futuras de investigación
Desafíos y temas emergentes

La innovación y las nuevas tecnologías son piezas clave en los desafíos que se deben afrontar en el siglo XXI como es el caso de la IA y su impacto en la educación matemática. El uso de IA se puede considerar desde tres perspectivas: *i*) un enfoque de capacidad cognitiva; *ii*) de acuerdo con su funcionalidad; *iii*) según su enfoque técnico (Teigens et al., 2020; Medina et al., 2024; Palma et al., 2008). Desde el GTT10 de la SOMIDEM se han encausado esfuerzos hacia algunas de las líneas emergentes de investigación que de ahí se derivan, específicamente aquellas relacionadas con: ajustes y posibles reformas en el currículo propiciadas por la IA; la IA (con o sin código abierto); reformulación de tareas para que los estudiantes utilicen IA en actividades que promuevan diferentes formas de conjeturar, analizar, razonar y resolver problemas; el rol del profesorado en la integración de la IA en la enseñanza; finalmente, formas de promover y evaluar el aprendizaje mediado por IA.

También cabe destacar que, en general, un desafío permanente planteado en la SOMIDEM es continuar realizando acciones que coadyuven a incorporar en la práctica los resultados de la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, particularmente aquellos derivados de las investigaciones con enfoque EMTD.

Por otro lado, también es pertinente resaltar que las experiencias vividas durante la pandemia de COVID-19 funcionaron como un elemento amplificador del estado de la situación educativa y del papel de los recursos digitales existentes. Así, se hicieron patentes los usos, la disponibilidad y la evolución de las tecnologías digitales en todos los niveles y ámbitos de la educación. Una línea de investigación que de ahí emerge es replantear la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas después de la pandemia, manteniendo la incidencia, o no, de los recursos digitales implementados durante este periodo.

Nuevas áreas o metodologías a explorar en torno a la integración de las tecnologías digitales en la educación matemática

Son muchas las investigaciones (p.e., Hegedus & Moreno-Armella, 2009) que confirman que el uso de tecnología digital en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas implica entender que esta en sí misma no proporciona los medios o las formas necesarias para que los estudiantes las utilicen eficientemente. También es cierto que, a pesar de los muchos años de investigación en torno a la integración de las tecnologías digitales en el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas, este objetivo no se ha logrado, e incluso hay evidencias de que la deseada integración se ha revertido (Ruthven, 2018).

Sin embargo, la consideración de ambos aspectos, característicos de la problemática de la integración de las tecnologías digitales en la educación matemática, no provoca abandonar tal empresa, sobre todo ante el potencial de avances tecnológicos como el de la IA, o de tecnologías como la impresión 3D, las matemáticas fotográficas y la realidad aumentada y virtual (siguiendo a Bakker et al., 2021), o la emergencia de nuevos enfoques en donde la incorporación de software es pieza clave (Lowrie et al, 2024). Estos nuevos recursos digitales o enfoques ofrecen nuevas oportunidades para el aprendizaje de las matemáticas.

Por otro lado, atendiendo al conocimiento y a las habilidades que requiere el profesorado para usar recursos digitales en la educación matemática, en el trabajo de Hoyos et al. (2024) se sugiere un potencial investigativo en la conexión o en la transversalidad entre las diferentes conceptualizaciones teóricas que probablemente son las más influyentes en la investigación sobre el desarrollo del conocimiento y las habilidades de los docentes para usar tecnologías digitales en la educación matemática, a saber: *i)* el modelo TPACK; *ii)* el marco naturalístico o de consideración de las características estructurales de la práctica en el salón de clases; *iii)* la teoría de la variación; *iv)* los marcos teóricos instrumentales. Hoyos et al. (2024) también señalan el potencial de la investigación sobre el papel del contexto en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas con recursos digitales.

Otra área con enfoque EMTD que requiere mayor desarrollo es la evaluación en línea, la cual puede ofrecer la ventaja de ampliar la flexibilidad en la toma de exámenes y una puntuación rápida (Bakker et al., 2021), aunque existen problemas adicionales de privacidad, ética y rendimiento que no han sido resueltos de manera favorable, en comparación con la evaluación en papel y lápiz (Backers & Cowan, 2019). Figueras et al. (2021) argumentan que es posible el uso de tecnología digital como un componente cognitivo en el proceso de evaluación. Al respecto, también es importante notar los avances en exploraciones sobre la utilización de las herramientas disponibles en las plataformas digitales tipo *Moodle*, como es el *workshop*, el cual permite llevar a cabo evaluación entre pares, propiciando así mayor interacción y camaradería entre los estudiantes matriculados en un mismo curso (Dahal, 2021)

En acuerdo con Bakker et al. (2021), debido a los avances tecnológicos en la sociedad, los objetivos sociales y de la educación matemática deben ajustarse, por ejemplo, buscando desarrollar el pensamiento computacional para garantizar la empleabilidad en una sociedad tecnológica, cuestión que actualmente se promueve en muchos países de occidente. En México, Sacristán (2008) desarrolló una exploración pionera en su tipo, centrada en el diseño y utilización de un ambiente computacional específico como medio para gestionar y coordinar diferentes representaciones del infinito. Más recientemente, Sacristán, en colaboración con un equipo internacional de investigadores (ver, por ejemplo, Gueudet et al., 2022; Buteau et al., 2020; Buteau et al., 2019), ha indagado en torno a la programación computacional como instrumento para el trabajo matemático, así como en los roles del pensamiento computacional en las matemáticas universitarias.

Por último, pero no menos importante, es necesario señalar que en la investigación en Educación Matemática siempre ha sido significativo indagar sobre el papel de las tecnologías digitales en diferentes contextos educativos como elemento que coadyuva al desarrollo del razonamiento y del pensamiento matemático (p. e., Martínez-Ortega et al., 2017; Hoyos et al., 2018; Santos-Trigo y Aguilar Magallón, 2018; Hoyos & Pecina, 2024). Este tipo de indagación resulta particularmente pertinente ahora, en el marco de la ‘nueva escuela mexicana’, debido a las reformas curriculares que recientemente (2022-2024) se han llevado a cabo en México.

Conclusiones

El análisis del trabajo desarrollado por ETEM y EMTD pone de manifiesto una visión compartida sobre el papel de las tecnologías digitales en la educación matemática. Ambos grupos han explorado diversas aproximaciones para integrar herramientas digitales en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, entre las que destacan el uso de software

especializado, plataformas educativas, robótica, IA y pensamiento computacional. Además, han generado espacios de discusión y publicación que han contribuido a la consolidación de este campo de investigación en sus respectivos contextos académicos.

Son muchas las afinidades de los dos grupos de investigación en cuanto a objetivos e intereses y se percibe una complementariedad en sus enfoques y metodologías, además de la existencia de posibilidades todavía inexploradas para la colaboración entre ambos grupos. Una de ellas es el estudio comparativo del impacto de las tecnologías digitales en la enseñanza de las matemáticas en distintos contextos educativos y culturales. Asimismo, el avance de la IA y la necesidad de desarrollar estrategias éticas y pedagógicas para su integración en la educación matemática abren una línea de trabajo conjunta de gran potencial y pertinencia. Otro punto de interés común es la conveniencia de desarrollar investigaciones sobre herramientas de evaluación adaptativa que permitan un análisis más preciso del aprendizaje matemático mediado por tecnología.

Para fortalecer la colaboración entre ambos grupos, algunas iniciativas concretas serían el desarrollo de proyectos de investigación conjuntos que estudien la implementación de la tecnología en contextos matemáticos de enseñanza y aprendizaje, lo que permitiría comparar su impacto en diferentes sistemas educativos. Estos proyectos podrían complementarse con la organización de jornadas y seminarios compartidos, donde se presenten avances, se discutan retos comunes y se generen espacios de intercambio académico, lo que a su vez posibilitaría la elaboración de publicaciones conjuntas. Además, como parte de la colaboración, sería de interés el diseño de un programa de formación docente en el uso pedagógico de la IA y el pensamiento computacional, con materiales elaborados por investigadores de ambos grupos, con el fin de atender futuras demandas en el área. En un escenario en el que la tecnología evoluciona y redefine rápidamente los paradigmas educativos, el fomento de estos vínculos reforzaría y enriquecería la labor académica mediante el intercambio de experiencias y puntos de vista y, en última instancia, también podría incidir en la práctica educativa.

Referencias

- Ángel, A., Figueras, O., & Valenzuela-García, C. (2023). Multiplicación y división de fracciones: Excel y otras tecnologías digitales para reflexionar sobre su enseñanza. En A. Castañeda, (Ed.), *Aportes y recursos para la innovación en la educación matemática* (pp. 97–122). SOMIDEM Editorial.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S1/2023/01-04>

- Albarracín, L., & Hernández-Sabaté, A. (2020). El potencial del eye-tracker como herramienta para estudiar el razonamiento matemático: Una experiencia usando videojuegos. *Investigación En Entornos Tecnológicos En Educación Matemática*, 1. <https://doi.org/10.7203/ietem.1.16285>
- Arbona Picot, E., García Costa, D., Beltrán Meneu, M. J., & Gutiérrez Rodríguez, Á. (2019). GeoPattern, una app para resolver problemas de patrones geométricos en Primaria. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 7(2), 1–23. <https://doi.org/10.24197/edmain.2.2018.1-23>
- Arnal-Bailera, A., & Oller-Marcén, A. (2020). Construcciones geométricas en GeoGebra a partir de diferentes sistemas de representación: un estudio con maestros de primaria en formación. *Educación Matemática*, 32(1), 67–98. <https://doi.org/10.24844/em3201.04>
- Bakker, A., Cai J., & Zenger, L. (2021). Future themes of mathematics education research: an international survey before and during the pandemic. *Educational Studies in Mathematics* 107(1), 1–24. <https://doi.org/gpb56t>
- Backers, B., & Cowan, J. (2019). ¿Es el bolígrafo más poderoso que el teclado? El efecto de las pruebas en línea en el rendimiento académico de los estudiantes. *Revista de Economía de la Educación*. 68(C), 89–103. <https://doi.org/qjvb>
- Balacheff, N. (2012). *Note pour un débat “provocateur” sur la formation ouverte et à distance (FOAD)*. <https://bit.ly/493kO2g>
- Batanero, C. (2018). Treinta años de investigación didáctica sobre el análisis inferencial de datos. En A. Ávila (Ed.), *Rutas de la Educación Matemática* (pp. 186–199). Editorial SOMIDEM.
- Beltrán-Pellicer, P., & Muñoz-Escolano, J. M. (2021). Experiencia formativa con blocksCAD con futuros docentes de matemáticas en secundaria. *Didacticae: Revista de Investigación En Didácticas Específicas*, 10, 71–90. <https://doi.org/10.1344/did.2021.10.71-90>
- Beltrán-Pellicer, P., Rodríguez-Jaso, C., & Muñoz-Escolano, J. M. (2020). Introduciendo BlocksCAD como recurso didáctico en matemáticas. *Suma*, 93, 39–48.
- Blanco, L., & Cárdenas, J. (2018). La resolución de problemas en la formación de profesores de matemáticas. En A. Ávila (Ed.), *Rutas de la Educación Matemática* (pp. 200–218). Editorial SOMIDEM.
- Borba, M. C., & Villarreal, M. E. (2005). *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking*. Springer. <https://doi.org/10.1007/b105001>
- Broley, L., Buteau, C., Modeste, S., Rafalska, M., & Stephens, M. (2024). Computational Thinking and Mathematics. En L. Brolye, C. Buteau, S. Modeste, M. Rafalska, & M. Etephens (Eds.), *Handbook of Digital Resources in Mathematics Education* (pp. 323–360). <https://doi.org/qjvc>
- Buteau, C., Muller, E., Mgombelo, J., Sacristán, A. I., & Dreise, K. (2020). Instrumental genesis stages of programming for mathematical work. *Digital Experiences in Mathematical Education*, 6(3). 367–390

- Buteau C., Sacristán A. I., & Muller E. (2019). Roles and demands in constructionist teaching of computational thinking in university mathematics. *Constructivist Foundations* 14(3), 294–309. <https://constructivist.info/14/3/294>
- Camargo, L., Samper, C., & Perry, P. (2018). Actividad demostrativa: protagonista en la clase de geometría. En A. Ávila (Ed.), *Rutas de la Educación Matemática* (pp. 168–187). Editorial SOMIDEM.
- Cañada, C. O., Ordóñez Cañada, L., Contreras De La Fuente, Á., Ángel, M., Muñoz, G., Francisco, J., & Ruíz, R. (2018). Un proyecto de innovación didáctica e investigación enfocado en la didáctica del álgebra superior mediada por recursos tecnológicos. *Magister*, 30(1 y 2), 1–8. <https://doi.org/qjvf>
- Cañadas, G. Molina-Portillo, Elena, Contreras, José Miguel, & Álvarez-Arroyo, Rocío. (2019). Las tecnologías en el aula para la enseñanza del contraste de hipótesis. *Educación Matemática*, 31(2), 195–211. <https://doi.org/qjvf>
- Castañeda A. (Ed.). (2023). *Aportes y recursos para la innovación en la educación matemática*. SOMIDEM Editorial. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S1/2023/01>
- Del Olmo-Muñoz, J., Diago, P. D., Arnau, D., Arnau-Blasco, D., & González-Calero, J. A. (2024). Metacognitive control during problem solving at early ages in programming tasks using a floor robot. *ZDM – Mathematics Education*, 56(6), 1303–1317. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01621-8>
- Dahal, N. (2021). Workshop activity in online courses of mathematics education: insights for learning and assessment/TSG 49. Distance Learning, E-learning, and Blended Learning of Mathematics. En J. Wang (ed.) *Proceedings of the 14th International Congress on Mathematical Education* (pp. 578–581). <https://www.worldscientific.com/doi/epdf/10.1142/13700-vol1>
- Dávila Betancourt, H., Rivera Rosales, E. E., & Quiroz Rivera, S. (2024). Educación matemática en los alumnos post-pandemia. En M. Sánchez Aguilar, M. del S. García González, & A. Castañeda (Eds.) *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 353–357). Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-42>
- Del Olmo-Muñoz, J., González-Calero, J. A., Diago, P. D., Arnau, D., & Arevalillo-Herráez, M. (2023). Intelligent tutoring systems for word problem solving in COVID-19 days: could they have been (part of) the solution? *ZDM – Mathematics Education*, 55(1), 35–48. <https://doi.org/qjvg>
- Diago, P. D., González-Calero, J. A., & Arnau, D. (2019). Fundamentos de diseño de un entorno tecnológico para el estudio de las habilidades en resolución de problemas en primeras edades escolares. *Research in Education and Learning Innovation Archives*, 22, 60. <https://doi.org/10.7203/realia.22.14113>
- Drijvers, P. (2015). Digital Technology in Mathematics Education: Why It Works (Or Doesn't). En S. J. Cho (Ed.), *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 135–151). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6_8

- Drijvers, P., Kieran, C., Mariotti, M.-A., Ainley, J., Andresen, M., Chan, Y. C., Dana-Picard, T., Gueudet, G., Kidron, I., Leung, A., & Meagher, M. (2009). *Integrating Technology into Mathematics Education: Theoretical Perspectives* (pp. 89–132). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0_7
- Drijvers, P., & Sinclair, N. (2024). The role of digital technologies in mathematics education: purposes and perspectives. *ZDM – Mathematics Education*, 56(2), 239–248. <https://doi.org/10.1007/S11858-023-01535-X/>
- Engelbrecht, J., & Borba, M. C. (2024). Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM – Mathematics Education*, 56(2), 281–292. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2>
- Escrivà, M. T., Jaime, A., & Gutiérrez, Á. (2021). Uso de software 3D para el desarrollo de habilidades de visualización en Educación Primaria. *Edma 0-6: Educación Matemática En La Infancia*, 7(1), 42–62. <https://doi.org/qjvh>
- Fernández-Mosquera, E., & Santacruz-Rodríguez, M. (2024). Visualización dinámica tridimensional en actividades de lugares geométricos 3D en geometría dinámica. En M. Sánchez Aguilar, M. del S. García González, & A. Castañeda (Eds.) *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 39–45). Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-03>
- Figueras, O., Valenzuela, C., & Martínez, M. (2021). ¿Debemos usar calculadoras en un examen? *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 92, 45–53. <https://documat.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7989194>
- García-Moreno, M. Á., Yáñez, D. F., & Diago, P. D. (2022). Introduction to Computational Mathematics Using the Historical Solutions of the “Hundred Fowls” Problem. *Education Sciences*, 13(1), 18. <https://doi.org/qjvj>
- Gavilán-Izquierdo, J. M., & Gallego-Sánchez, I. (2024). Developing TPACK through task design: exploring the use of multiple modes of representation and the promotion of mathematical processes. *Journal of Education for Teaching*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/02607476.2024.2422507>
- Gea, M. M., Arteaga, P., Batanero, C., & Ortiz, J. J. (2018). Conocimiento Tecnológico sobre la Correlación y Regresión: un estudio exploratorio con Futuros Profesores. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 32(60), 134–155. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n60a07>
- González-Calero, J. A., Cózar, R., Villena, R., & Merino, J. M. (2019). The development of mental rotation abilities through robotics-based instruction: An experience mediated by gender. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3198–3213. <https://doi.org/10.1111/bjet.12726>
- Gueudet, G., Buteau, C., Muller, E. Mgombelo, J., Sacristán, A. I., & Santacruz, M. (2022). Development and evolution of instrumented schemes: a case study of learning programming for mathematical investigations. *Educational Studies in Mathematics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/gqv6bp>

- Hitt, F. (2018). De un marco teórico constructivista del aprendizaje de las matemáticas a otro sociocultural en ambientes tecnológicos. En A. Ávila (Ed.), *Rutas de la Educación Matemática* (pp. 101–125). Editorial SOMIDEM.
- Hoyles, C., & Lagrange, J.-B. (Eds.). (2010). *Mathematics Education and Technology—Rethinking the Terrain* (Vol. 13). Springer. <https://doi.org/cnxp8k>
- Hoyles, C., & Noss, R. (2003). What can digital technologies take from and bring to research in mathematics education? En A. J. Bishop, M. A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. K. S. Leung. (Eds.), *Second International Handbook of Mathematics Education* (pp. 323–349). Springer. <https://doi.org/fhnxyzp>
- Hoyos, V. (2024). Educación matemática a distancia mediada por tecnologías digitales, en formato híbrido o por medios electrónicos de aprendizaje. En M. Sánchez Aguilar, M. del S. García González, & A. Castañeda (Eds.), *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 347–352). Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-41>
- Hoyos, V., Navarro, M. E., Raggi, V., & Rodríguez, G. (2018). Challenges and opportunities in distance and hybrid environments for technology-mediated mathematics teaching and learning. En J. Silverman & V. Hoyos (Eds.), *Distance Learning, E-Learning and Blended Learning in Mathematics Education* (pp. 29–45). Springer-ICME. <https://doi.org/qjvp>
- Hoyos, V., Silverman, J., Carlsen, L. M., & Lee, A. (2024). Teachers' knowledge and capacity for using digital resources in mathematics education. En Pepin, B., Gueudet, G., & Choppin, J. (Eds.), *Handbook of Digital Resources in Mathematics Education*. Springer. <https://doi.org/qjvq>
- Hoyos, V., & Pecina, L. (2024). Connecting secondary and college geometry: Resolution of problems of finding intersections and measures of curves using dynamic geometry software. En T. Lowrie, A. Gutiérrez, & F. Emprin (Eds.), *Proceedings of the 26th ICMI Study Conference (Advances in Geometry Education)* (pp. 361–376). ICMI. <https://bit.ly/3KCvXyZ>
- Hoyos, V., & Raggi, V. J. (2024). Exploración sobre el desarrollo profesional en línea de maestros de matemáticas del bachillerato: Conexiones entre matemáticas avanzadas y matemáticas del bachillerato. En M. Sánchez Aguilar, M. del S. García González, & A. Castañeda (Eds.) *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 369–378). Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-44>
- Hwang, S., Flavin, E., & Lee, J.-E. (2023). Exploring research trends of technology use in mathematics education: A scoping review using topic modeling. *Education and Information Technologies*, 28(8), 10753–10780. <https://doi.org/qjvr>
- Inzunza Cazares, S., & Islas Anguiano, E. (2019). Análisis de una trayectoria de aprendizaje para desarrollar razonamiento sobre muestras, variabilidad y distribuciones muestrales. *Educación Matemática*, 31(3), 203–230. <https://doi.org/10.24844/em3103.08>

- Juárez Ruiz, E., Hernández Rebollar, L., Castañeda, A. (Eds.). (2023). *Tendencias en la Educación Matemática 2023*. Editorial SOMIDEM.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2023/01>
- Juárez Ruiz, E., & Hernández Rebollar, L. (Eds.). (2024). *Tendencias en la Educación Matemática 2024*. Editorial SOMIDEM.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/02>
- Kallia, M., van Borkulo, S. P., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. (2021). Characterising computational thinking in mathematics education: a literature-informed Delphi study. *Research in Mathematics Education*, 23(2), 159–187.
<https://doi.org/10.1080/14794802.2020.1852104>
- Lavicza, Z., Weinhandl, R., Prodromou, T., AndiĆ, B., Lieban, D., Hohenwarter, M., Fenyvesi, K., Brownell, C., & Diego-Mantecón, J. M. (2022). Developing and Evaluating Educational Innovations for STEAM Education in Rapidly Changing Digital Technology Environments. *Sustainability*, 14(12), 7237.
<https://doi.org/10.3390/su14127237>
- Lemus, M. E., & Brun Battistini, D. (2023). Aplicación de una trayectoria de aprendizaje en estadística universitaria usando tecnología en un proyecto integrador. En A. Castañeda, (Ed.), *Aportes y recursos para la innovación en la educación matemática* (pp. 43–68). SOMIDEM Editorial.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S1/2023/01-02>
- Lowrie, T., Gutiérrez, A., & Emprin, F. (Eds.). (2024). *Proceedings of the 26th ICMI Study: Advances in Geometry Education*. INSPE- Université de Reims Champagne Ardenne. <https://icmistudy26.sciencesconf.org>
- Mántica, A., & Freyre, M. (2019). Análisis de la relación entre imagen y definición en una situación problemática mediada por GeoGebra a partir de no ejemplos del concepto de poliedro regular. *Educación Matemática*, 31(1), 204–234. <https://doi.org/10.24844/em3101.08>
- Martínez-Ortega, M., Preciado-Babb, P., & Mejía-Velasco, H. (2017). Making Meaning of Periodic Functions through Body Movements. En P. Preciado Babb, L. Yeworiew, & S. Sabbaghan (Eds.). *Selected Proceedings of the IDEAS Conference: Leading Educational Change* (pp. 159–168). Werklund School of Education, University of Calgary.
- Medina, M., Uyasan, R., & Valenzuela, R. (2024). *Riesgos de la Inteligencia Artificial Generativa en la producción de la información para la toma de decisiones*. Universidad EAN.
- Moreno-Armella, L. (2018). De fractales y cónicas dinámicas: prácticas de enseñanza y mediación instrumental. En A. Ávila (Ed.), *Rutas de la Educación Matemática* (pp. 126–147). Editorial SOMIDEM.

- Muñiz-Rodríguez, L., Alonso, P., Rodríguez-Muñiz, L. J., De Coninck, K., Vanderlinde, R., & Valcke, M. (2018). Exploring the Effectiveness of Video-Vignettes to Develop Mathematics Student Teachers' Feedback Competence. *EU-RASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(11). <https://doi.org/10.29333/ejmste/92022>
- Navarro Robles, M., Arellano Sánchez, B., & Hernández García, A. (2024). Sistema adaptativo para un curso introductorio de matemáticas en línea, como apoyo para clases presenciales de los estudiantes de la UPN. En M. Sánchez Aguilar, M. del S. García González, & A. Castañeda (Eds.), *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 385–389). Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-46>
- Nolla, Á., Ibricu, Á., & Benito, A. (2024). A Collaborative Experience with Mathematical 3D Modeling and Printing. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 31(2), 37–44. <https://doi.org/qjvs>
- Orts Muñoz, A., Llinares Ciscar, S., & Boigues Planes, F. J. (2018). Trayectorias de aprendizaje del concepto de recta tangente en alumnos de Bachillerato. Enseñanza de Las Ciencias. *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(3), 121–140. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2252>
- Palma, J., & Marín, R. (2008). *Inteligencia artificial. Técnicas, métodos y aplicaciones*. McGraw- Hill.
- Pérez-Suay, A., Ferrís-Castell, R., Van Vaerenbergh, S., & Pascual-Venteo, A. B. (2023). Assessing the Relevance of Information Sources for Modelling Student Performance in a Higher Mathematics Education Course. *Education Sciences*, 13(6), 555. <https://doi.org/10.3390/educsci13060555>
- Pérez-Suay, A., Van Vaerenbergh, S., Diago, P. D., Pascual-Venteo, A. B., & Ferri, F. J. (2023). Data-Driven Modeling Through the Moodle Learning Management System: An Empirical Study Based on a Mathematics Teaching Subject. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 18(1), 19–27. <https://doi.org/10.1109/RITA.2023.3250434>
- Pérez, A. (2018). A Framework for Computational Thinking Dispositions in Mathematics Education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 49(4), 424–461. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.49.4.0424>
- Pla-Castells, M., & García-Fernández, I. (2020). TaskTimeTracker: A tool for temporal analysis of the problem solving process. *Investigación En Entornos Tecnológicos En Educación Matemática*, 1. <https://doi.org/qjvt>
- Pla-Castells, M., Melchor, C., & Chaparro, G. (2021). MAD+. Introducing Misconceptions in the Temporal Analysis of the Mathematical Modelling Process of a Fermi Problem. *Education Sciences*, 11(11), 747. <https://doi.org/qjvv>
- Pólya, G. (1957). *How to solve it* (2nd ed.). Princeton University Press.

- Quilantán-Ortega, I., & Rodríguez-Vázquez, F. M. (2024). Geogebra como recurso didáctico en el análisis y solución de problemas que involucran a la función logística. En E. Juárez Ruiz, & L. Hernández Rebollar (eds.), *Tendencias en la Educación Matemática 2024*. Editorial SOMIDEM.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/02-07>
- Rodríguez-Muñiz, L. J., Alonso-Castaño, M., & Muñiz-Rodríguez, L. (2021). Análisis del conocimiento de estudiantes para maestro o maestra en la elaboración de videos educativos: una experiencia didáctica. *Magister*, 75–84.
<https://doi.org/10.17811/msg.33.1.2021.75-84>
- Rodríguez-Martínez, J. A., González-Calero, J. A., del Olmo-Muñoz, J., Arnau, D., & Tirado-Olivares, S. (2023). Building personalised homework from a learning analytics based formative assessment: Effect on fifth-grade students' understanding of fractions. *British Journal of Educational Technology*, 54(1), 76–97. <https://doi.org/10.1111/bjet.13292>
- Ruthven, K. (2018). Constructing dynamic geometry: Insights from a study of teaching practices in English schools. En G. Kaiser, H. Forgasz, M. Graven, A. Kuzniak, E. Simmt, & B. Xu (Eds.), *Invited Lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education* (pp. 521–540). Springer-ICME
- Sacristán, A. I., & Noss, R. (2008). Computational construction as a means to coordinate representations of infinity. *International Journal of Computer Mathematics*, 13(1). 47–70.
- Samper, C. & Vargas, C. (2019). La negación: Un aporte a la construcción de definiciones en el aula escolar de geometría. *Educación Matemática*, 31(3), 39–60. <https://doi.org/10.24844/EM3103.02>
- Sánchez, E. (2023). Uso de tecnología en el análisis de tres problemas de probabilidad utilizados en la investigación en educación matemática. En Juárez Ruiz, E. L., Hernández Rebollar, L. A., & Castañeda, A. (Eds.), *Tendencias en la educación matemática 2023* (pp. 91–111). Editorial SOMIDEM.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2023/01-05>
- Sánchez, E., García-Ríos, V. N., & Sepúlveda, F. (2024). Development of high school students' conceptions of sampling distribution in the context of learning significance tests with technology. *Educational Studies in Mathematics*, 117(2). 215–238. <https://doi.org/10.1007/s10649-024-10330-8>
- Sánchez, E., & López, J. L. (2023). Educación Matemática: Conectando a investigadores y educadores por 35 años. *Educación Matemática*, 35(1), 5–8.
<https://doi.org/10.24844/EM3501.00>
- Sánchez Aguilar, M., García González, M. del S., & Castañeda, A. (Eds.). (2024). *Perspectivas actuales de la Educación Matemática*. Editorial SOMIDEM.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01>

- Sánchez-López, M., González-Calero, J. A., & del Olmo-Muñoz, J. (2024). Exploring the role of floor robots in enhancing computational thinking skills and mental rotation in second and third graders. *Quadrante*, 33(2), 36–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.48489/quadrante.36860>
- Sánchez Noroño, I., Prieto G., J., Gutiérrez Araujo, R., & Díaz-Urdaneta, S. (2020). Sobre os processos de objetivação de saberes geométricos. Análise de uma experiência de elaboração de simuladores com o GeoGebra. *Educación Matemática*, 32(1), 99–131. <https://doi.org/10.24844/em3201.05>
- Sandoval Cáceres, I. & Larios Osorio, V. (2024). Tecnologías Digitales en Matemática Educativa: Reflexiones, propuestas y retos. En M. Sánchez Aguilar, M. del S. García González, & A. Castañeda (Eds.), *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 31–38). Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-02>
- Sanjosé, V., Gómez-Ferragud, C. B., Verdugo-Perona, J. J., & Solaz-Portolés, J. J. (2022). Testing a Model for the Monitoring of Worked-out Algebra-Problem Examples: From Behaviours to Outcomes on a Math Task. *Psicología Educativa*, 28(2), 141–149. <https://doi.org/10.5093/psed2021a25>
- Santacruz Rodríguez, M. & Sacristán Rock, A. (2019). Una mirada al trabajo documental de un profesor de primaria al seleccionar recursos para enseñar geometría. *Educación Matemática*, 31(3), 7–38. <https://doi.org/10.24844/em3103.01>
- Santos-Trigo, M., & Aguilar Magallón, D. (2018). Resolución de problemas matemáticos: del trabajo de Pólya al razonamiento digital. En A. Ávila (Ed.), *Rutas de la Educación Matemática* (pp. 148–167). Editorial SOMIDEM.
- Sanz Garcia, M. T., González-Calero, J. A., Arnau, D., & Arevalillo-Herráez, M. (2019). Uso de la comprensión lectora para la construcción de un modelo predictivo del éxito de estudiantes de 4o de Primaria cuando resuelven problemas verbales en un sistema inteligente. *Revista de Educacion*, 384, 41–69. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2019-384-409>
- Sanz, M. T., López-Iñesta, E., Garcia-Costa, D., & Grimaldo, F. (2020). Measuring Arithmetic Word Problem Complexity through Reading Comprehension and Learning Analytics. *Mathematics*, 8(9), 1556. <https://doi.org/10.3390/math8091556>
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. En D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334–370). MacMillan.
- Shvarts, A., Alberto, R., Bakker, A., Doorman, M., & Drijvers, P. (2021). Embodied instrumentation in learning mathematics as the genesis of a body-artifact functional system. *Educational Studies in Mathematics*, 107(3), 447–469. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10053-0>

- Silva Bautista, D. (2024). Exploración en modalidad remota de la pedagogía de la variación en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas del bachillerato: El caso de la resolución general de ecuaciones diofánticas lineales. En M. Sánchez Aguilar, M. del S. García González, & A. Castañeda (Eds.), *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 359–367). Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-43>
- Sua Flórez, C., & Camargo Uribe, L. (2019). Geometría dinámica y razonamiento científico: Dúo para resolver problemas. *Educación Matemática*, 31(1), 7–37. <https://doi.org/10.24844/em3101.01>
- Suárez Zapata, A., García Costa, D., Martínez Delgado, P. A., & Martos Torres, J. (2018). Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria/ Contribution of educational robotics in the acquisition of mathematical knowledge in primary education. *Magister*, 30(1), 43. <https://doi.org/jfff>
- Taylor, R. (1980). *The computer in the school: Tutor, tool, tutee*. Teachers College.
- Tedre, M. (2022). Computational Thinking 2.0. En M. Grillenberg, & M. Berges (Eds.), *Proceedings of the 17th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 1–2). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3556787.3556788>
- Teigens, V., Skalfist, P., & Mikelsten, D. (2020). *Inteligencia artificial: la cuarta revolución industrial*. Cambridge Stanford Books.
- Trejo Martínez, M., Ferrari Escolá, M., & Martínez Sierra, G. (2021). Covariación logarítmico-exponencial en futuros profesores de matemáticas. Un estudio de caso. *Educación Matemática*, 33(1), 41–70. <https://doi.org/10.24844/em3301.02>
- Van Vaerenbergh, S., & Pérez-Suay, A. (2022). A Classification of Artificial Intelligence Systems for Mathematics Education. En P. R. Richard, M. P. Vélez, & Van Vaerenbergh (Eds.), *Mathematics Education in the Age of Artificial Intelligence* (pp. 89–106). https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0_5
- Vargas-Alejo, V., Valenzuela-García, C., & Aguiar-Barrera, M. E. (2024). La resolución de un problema verbal mediante sistemas de ecuaciones lineales y la hoja de cálculo. En E. Juárez Ruiz, & L. Hernández Rebollar (Eds.), *Tendencias en la Educación Matemática 2024*. Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/02-08>
- Verástegui Gutiérrez, M., López-Flores, J., & García-García, J. (2024). El razonamiento estadístico en el currículo de formación inicial del profesor de matemáticas de educación secundaria en México. *Educación Matemática*, 36(3), 116–142. <https://doi.org/10.24844/em3603.05>
- Wu, Y., Albornoz-De Luise, R. S., & Arevalillo-Herráez, M. (2025). On improving conversational interfaces in educational systems. *Computer Speech & Language*, 89, 101693. <https://doi.org/10.1016/j.csl.2024.101693>