

La Investigación sobre el uso de tecnologías digitales en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas: una revisión desde las memorias de los congresos en la última década

Research on the use of digital technologies in teaching and learning mathematics: a review from conference proceedings in the last decade

Martha Leticia García-Rodríguez^a, Adrián Hary Ortiz-García^b, Jonathan Enríquez Velázquez^c

^aDoctora en Ciencias por el CINVESTAV, Orcid: 0000-0003-2435-1334, mlgarcia@ipn.mx, CICATA Legaria, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México-México

^bEstudiante de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Orcid 0000-0003-2435-1334, haryortiz@gmail.com, ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, Tultitlán, México

^cEstudiante de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, jonathan_enriquez_velazquez@hotmail.com, ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México-México

Forma de citar: García-Rodríguez. M.L, Ortiz-García. A.H, Velázquez. J.E, La Investigación sobre el uso de tecnologías digitales en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas: una revisión desde las memorias de los congresos en la última década. *Eco Matemático*, 11 (1), 90-103

Recibido: 10 de julio de 2019

Aceptado: 27 de agosto de 2019

Palabras clave

Tecnologías digitales,
Educación Matemática,
ICME,
CERME,
PME-NA

Resumen: En este documento se presenta los resultados de una revisión documental realizada para responder a la pregunta ¿cuál ha sido la evolución de la investigación en relación con las tecnologías digitales para la enseñanza de las matemáticas? Para dar respuesta a la pregunta de investigación se utilizó el método de las Revisiones Sistemáticas (RS), método sistemático y explícito para localizar, seleccionar, sintetizar y valorar críticamente las investigaciones relevantes asociadas con la pregunta planteada, con el objetivo de alcanzar conclusiones válidas y objetivas sobre dicho tópico que ayuden a los interesados en el tema en la toma de decisiones. Se asume que con la emergencia y difusión de las tecnologías se han ido posicionando varias líneas de investigación: análisis de los cambios experimentados en el curriculum de matemáticas como consecuencia de la difusión de las nuevas tecnologías; enseñanza de temas matemáticos en cursos de informática; diseño y uso de herramientas TIC como mediadores de procesos de enseñanza y aprendizaje en matemáticas y estudio del proceso educativo en matemáticas en entornos de aprendizaje basados en tecnología. De los resultados obtenidos en esta revisión, emergen nuevas líneas que requieren de investigación, que den respuesta a preguntas como ¿qué produjo el incremento que se observa en el año 2013 en el PME-NA, ¿esta esto relacionado con la promoción de alguna tecnología en particular? ¿son los eventos los que dirigen las líneas de investigación vigentes? O ¿son las líneas que dirigen las categorías en los eventos?

Keywords

Digital technology,
Mathematics Education,
ICME,

Abstract: This document presents the results of a documental review carried out to answer the question: what has been the evolution of research related to digital technologies for mathematics teaching? To answer the research question, the Systematic Reviews (RS) method was used, a systematic and explicit method to locate, select, synthesize and critically evaluate the relevant investigations associated with the question posed, with the aim of reaching valid conclusions and on this topic that help those interested in the issue in decision making. It is assumed that with the emergence and diffusion of technologies, several lines of research have been positioned:

*Autor para correspondencia mlgarcia@ipn.mx

CERME,
PME-NA

analysis of the changes experienced in the mathematics curriculum as a result of the diffusion of new technologies; teaching of mathematical subjects in computer courses; design and use of ICT tools as mediators of teaching and learning processes in mathematics and study of the educational process in mathematics in technology-based learning environments. From the results obtained in this review, new lines emerge that require research, which answer questions such as: what produced the increase observed in 2013 in the PME-NA, is this related to the promotion of some technology in particular? Are the events that direct the current research lines? Or are the lines that direct the categories in the events?

Introducción

En la década de los setentas inició un nuevo campo de estudio en la educación matemática que fue logrando su propia identidad, Bottino y Kynigos (2009) señalan que los trabajos del matemático Papert iniciaron investigaciones considerando tecnologías digitales y que con su emergencia y difusión se han ido posicionando varias líneas de investigación:

- análisis de los cambios experimentados en el currículum de matemáticas como consecuencia de la difusión de las nuevas tecnologías.
- enseñanza de temas matemáticos en cursos de informática
- diseño y uso de herramientas TIC como mediadores de procesos de enseñanza y aprendizaje en matemáticas
- estudio del proceso educativo en matemáticas en entornos de aprendizaje basados en tecnología (p. 205).

Las dos primeras líneas de investigación se relacionan con el currículum y las dos últimas se pueden identificar con procesos cognitivos que siguen los estudiantes cuando en su trabajo en actividades matemáticas, incluyen tecnologías digitales.

Al revisar la literatura se observa que las investigaciones relacionadas con el uso de tecnologías digitales han cambiado a lo largo del tiempo, en 1985 se estudiaba sobre el efecto de

Logo en el aprendizaje de las matemáticas con una fuerte influencia de los trabajos de Papert (1980) y Skemp (1979) las aportaciones del primero se orientan al efecto de las computadoras en el aprendizaje y el pensamiento de las personas, y el segundo se refiere a los procesos de pensamiento que las personas ponen en juego cuando trabajan en matemáticas y realiza un análisis psicológico de estos procesos. Hoy en día, las tecnologías digitales se han mimetizado en prácticamente todas las actividades que realizamos, incluyendo las actividades en el aula. El campo de la investigación no ha quedado exento de esto, gran parte de los trabajos se orientan a los procesos de interacción que se llevan a cabo en ambientes mediados por tecnologías digitales. Martín, Hernández-Suarez, y Mendoza-Lizcano (2017), afirman que se espera que las personas cada vez hagan mayor uso de las tecnologías digitales, y que se debe prestar mayor atención a la preparación de una sociedad orientada a las TIC, que incluya el uso de una variedad de tecnologías digitales aplicados a la resolución de problemas. En este panorama vislumbran al docente como un actor principal.

Es posible afirmar que las tecnologías digitales se han convertido en un medio en que las interacciones entre los actores de los procesos de enseñanza aprendizaje se han convertido en los objetos de estudio (Poveda, 2019), también lo son los procesos que siguen los estudiantes cuando trabajan en estos ambientes (Poveda, Aguilar-Magallón, y Gómez-Arciga, 2019; Vargas y Montero, 2019); con lo que las tecnologías digitales han modificado su papel en las investigaciones en educación matemática. A pesar de identificar

numerosas investigaciones relacionadas con el uso de tecnologías digitales, las interrogantes planteadas por Drijvers (2013), acerca del potencial de las tecnologías digitales para el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas; así como conocer cuáles son los factores decisivos que hacen que esto funcione en el salón de clases, no han sido resultas, más aún, surgen nuevas interrogantes con el surgimiento de nuevas tecnologías.

Esta reflexión ha dado lugar a la revisión que aquí se reporta y que dará respuesta a la pregunta ¿cuál ha sido el cambio en la investigación en relación con las tecnologías digitales para la enseñanza de las matemáticas, que se puede identificar en tres eventos internacionales?

Para dar respuesta a la pregunta de investigación se utilizó el método de las Revisiones Sistemáticas (RS), método sistemático y explícito para localizar, seleccionar, sintetizar y valorar críticamente las investigaciones relevantes asociadas con la pregunta planteada, con el objetivo de alcanzar conclusiones válidas y objetivas sobre dicho tópico que ayuden a los interesados en el tema en la toma de decisiones (Letelier, 2005; Araujo, 2011; Sánchez, 2010 y Muñoz y Salas, 2012).

Para dar respuesta a la pregunta de investigación este documento se ha estructurado en cuatro apartados; en el primero se discute sobre la repercusión de las tecnologías digitales en la educación matemática, en la segunda sección se presenta el método seguido durante la revisión, en la tercera sección se analizan los datos de los eventos del PME-NA, ICME y CERME y en la última sección se hace una reflexión final.

Las tecnologías digitales y su repercusión en la investigación en educación matemática. En relación con su funcionalidad, Drijvers (2013) distingue tres funcionalidades didácticas para la tecnología digital: (a) herramientas para hacer matemáticas, como DERIVE, Maple, Matemática, entre otros; y

(b) ambientes de aprendizaje (b.1) para desarrollar habilidades; y (b.2) para el desarrollo de conceptos. Mariotti (2002) por su parte, se refiere a que los ambientes efectivos de aprendizaje basados en computadora, presentan una característica única cuando se les compara con otros recursos para el aprendizaje, y es su carácter cognitivo intrínseco. Señala, que esto generó grandes expectativas en la comunidad de educadores matemáticos, sin embargo, no todas se han logrado como puede identificarse en los trabajos presentados en los eventos que aquí se mencionan.

Las diferentes tecnologías digitales han sido incorporadas también en la investigación, en el contenido y diseño curricular y para el estudio de los procesos de aprendizaje, entre otros. Con la evolución de las tecnologías digitales y los marcos teóricos utilizados en el campo de la matemática educativa, Bottino y Kynigos (2009) identifican que se ha producido un cambio progresivo del enfoque de las investigaciones de analizar el contenido matemático al integrar los métodos y principios de diseño que integran medios digitales, así como a los procesos de enseñanza y aprendizaje. En los estudios, el papel mediador de las tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas se ha vuelto predominante en la comunidad de investigadores, lo que hace aún más complejo analizar los procesos de enseñanza -aprendizaje que se circunscriben a las características propias de las instituciones educativas en los diferentes países y al medio social en la cual se desarrollan dichas instituciones (Duran-Chinchilla, Cárdenas-García y Velásquez-Pérez. 2016). Bottino y Kynigos (2009) reportan que la mayor parte de la investigación que involucra el uso de tecnologías digitales, se ha orientado al diseño y/o uso de herramientas basadas en las tecnologías para apoyar una enseñanza innovadora y los procesos de aprendizaje en matemáticas, así como analizar estos procesos, también los estudios han incluido el apoyo para los profesores.

El enfoque en las investigaciones también se ve reflejado en los eventos sobre educación matemática que se realizan a nivel internacional, el Grupo Internacional para la Psicología de la Educación Matemática de Norte América [PME NA, por sus siglas en inglés], el Congreso Internacional sobre Educación Matemática [ICME por sus siglas en inglés] y el Congreso de la Sociedad Europea para la investigación en Educación Matemática [CERME, por sus siglas en inglés] son una muestra representativa, y en ellos es posible identificar las líneas de investigación y las instituciones nacionales e internacionales que destacan en la construcción de conocimiento en el área de la matemática educativa.

Hans Freudenthal organizó el primer Congreso Internacional sobre Educación Matemática [ICME por sus siglas en inglés] en Lyon, en el año 1969, Este congreso se ha convertido en un foro especializado en el que se promueve la reflexión, la colaboración, el intercambio y la difusión de ideas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en todos los niveles educativo; en ese espacio se busca estimular la creación, mejora y difusión de los resultados de las investigaciones y de los recursos disponibles para la instrucción en educación matemática.

En 1976 Fischbein junto con 100 participantes formaron una organización en educación matemática con un enfoque psicológico. Fischbein de formación psicólogo especialista en cognición trabajaba en el departamento de psicología educativa en la universidad de Bucarest. El grupo continuó con la discusión sobre aspectos psicológicos en la educación matemática, que se había iniciado en el segundo ICME en 1972 (Exeter, Gran Bretaña). Con el paso del tiempo se integraron cientos de participantes que coincidieron en que los problemas psicológicos del aprendizaje y razonamiento matemáticos eran científicamente interesantes y relevantes para la educación matemática. Fischbein fungió como primer presidente y Skemp como

segundo presidente del Grupo Internacional para la Psicología de la Educación Matemática (Otten, Candela, de Araujo, Haines, y Munter, 2019).

El Grupo Internacional para la Psicología de la Educación Matemática (PME, por sus siglas en inglés) fue establecido en 1976 en Alemania con tres objetivos principales:

- Promover contactos internacionales e intercambio de información científica en el campo de la educación matemática;
- Promover y estimular la investigación interdisciplinaria en el área mencionada; y
- Promover una comprensión más profunda y correcta de la psicología y otros aspectos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y sus implicaciones.

Su versión en América es el Grupo para la Psicología de la Educación Matemática de Norteamérica [PME-NA por sus siglas en inglés]. El PME-NA realizó la primera reunión en Evanston, Illinois en 1979: las principales metas que guían a este grupo son: promover contactos internacionales y el intercambio de información científica en psicología de la educación matemática; promover y estimular investigación interdisciplinaria en el área con la colaboración de psicólogos, matemáticos y profesores de matemáticas y; lograr una profunda y mejor comprensión de aspectos psicológicos del aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas.

El Congreso Europeo de Investigación en Matemática Educativa [CERME, por sus siglas en inglés] está organizado por la Sociedad Europea de Investigación en Educación Matemática [ERME, por sus siglas en inglés], tiene como objetivo promover la comunicación, la cooperación y la colaboración en investigación en educación matemática en Europa, abre un foro para difundir la investigación que se ha realizado y está en curso,

y dar a conocer los grupos de investigación y los intereses de investigación en diferentes países europeos así como de otras partes del mundo. Este congreso está diseñado para fomentar un espíritu comunicativo a través de un trabajo grupal colaborativo.

Existe un gran número de eventos que se realizan a nivel internacional que reúnen a los investigadores en la disciplina, el PME-NA, el ICME y el CERME son solo una muestra representativa, ya que en ellos es posible identificar las líneas de investigación y las instituciones nacionales e internacionales que destacan en la construcción de conocimiento en el área de la matemática educativa. Estos son los eventos que serán objeto de análisis en la presente revisión.

Métodos y procedimientos

Para lograr el objetivo de la investigación se empleó el método de revisión sistemática (RS) en el que se plantean preguntas específicas, con el fin de responderlas mediante un análisis de la evidencia a partir de una revisión estructurada de la literatura científica. La RS utiliza métodos sistemáticos y explícitos para localizar, seleccionar, sintetizar y valorar críticamente las investigaciones relacionadas con la pregunta planteada, con el objetivo de alcanzar conclusiones válidas y objetivas sobre dicho tópico que ayuden en la toma de decisiones.

Las revisiones sistemáticas tienen como objetivo reunir toda evidencia empírica y cumplir con unos criterios de elegibilidad previamente establecidos, con el fin de orientar un tema específico de investigación. Utiliza métodos sistemáticos y explícitos que se eligen con el fin de minimizar sesgos, aportando los resultados más fiables a partir de los cuales se puedan extraer conclusiones y tomar decisiones (Cochrane C. I., 2012).

Manchado, Tamames, González, Mohedano y Veiga, (2009) establecen como los principales objetivos de una revisión sistemática:

Evaluar la calidad y metodología empleadas en las investigaciones realizadas en una determinada área de conocimiento.

- Sintetizar la evidencia científica.
- Servir de utilidad en la toma de decisiones.

De acuerdo con los mismos autores, las RS: que recuperan y articulan todas las evidencias disponibles sobre un tema; presentan un resumen del estado del arte dentro de un marco de referencia explícito y siguiendo métodos reproducibles.

Etapas de la Revisión Sistemática

Formulación del problema y preguntas de investigación

¿cuál ha sido el cambio en la investigación en relación con las tecnologías digitales para la enseñanza de las matemáticas, que se puede identificar en tres eventos internacionales?

Búsqueda y selección de los estudios

Una vez planteado el problema y los objetivos de la RS, se localizan los estudios que aborden el tema. La búsqueda deberá ser exhaustiva y sin sesgo, para lo que es necesario establecer criterios de selección.

En esta revisión se seleccionaron tres eventos importantes en la disciplina de la educación matemática: el PME-NA, el ICME y el CERME.

Criterios de inclusión

- Ponencias que se encuentren ubicadas en un tema relacionado con tecnología, que así lo indique su nombre

Fuentes de información
 Memorias del PME-NA
 Memorias del ICME
 Memorias del CERME
 Proceso de extracción de datos

Esta etapa consiste en obtención de la información necesaria de cada uno de los documentos seleccionados. Para ello, se diseña una hoja de extracción de datos con las variables que deben identificarse en los artículos originales (figura 1).

Año	Nombre del evento	Sede del evento	Tema	Reportes de investigación	Reportes Breve Poster	Total	
2018	PME-NA 2018	Greenville, SC USA November 15-18, 2018	1. Papeles plenarios	6	0	0	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Curriculum y factores relacionados	5	4	11	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Álgebra inicial, Álgebra y conceptos numéricos	5	10	10	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Geometría y medida	2	6	2	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Educación de profesores en servicio/ desarrollo profesional	9	20	20	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Conocimiento matemático para la enseñanza	3	8	5	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Procesos matemáticos	9	7	9	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Educación de futuros profesores	8	27	19	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Probabilidad y estadística	3	4	5	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Aprendizaje y factores relacionados	7	14	14	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Enseñanza y prácticas en el salón de clase	9	10	21	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Tecnología	9	10	14	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	Teoría y métodos de investigación	5	6	4	
2018		Greenville, SC USA November 15-18, 2018	14. Grupos de trabajo	17	0	0	
			Nota: las propuestas en las que aparecen investigadores de dos países				279
2019		PME-NA 2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019	Plenarias	1	1	3
2019			St Louis, MO, USA November 14-17, 2019	Curriculum, tecnología y evaluación	6	7	11
2019			St Louis, MO, USA November 14-17, 2019	Álgebra inicial, Álgebra y conceptos numéricos	4	6	6
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Equidad y Justicia	4	6	6	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Geometría, Medición, Estadística y Probabilidad	4	10	5	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Educación de profesores en servicio/ desarrollo profesional	5	19	16	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Liderazgo, políticas e instituciones educativas /	2	5	4	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Conocimientos matemáticos para la enseñanza	2	14	6	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Procesos matemáticos	11	6	10	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Preálgebra, cálculo y matemáticas superiores	0	6	4	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Formación docente previa al servicio	9	46	16	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Aprendizaje del estudiante y factores relacionados	6	10	12	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Enseñanza y prácticas en el aula	11	10	10	
2019	St Louis, MO, USA November 14-17, 2019		Teoría, métodos de investigación y temas diversos	3	17	5	

Figura 1. Variables a considerar en las memorias del PME-NA; ICME Y CERME

Análisis y presentación de resultados

La revisión que se presenta puede dar un panorama general del estado que guarda la línea de investigación relacionada con las tecnologías digitales en campo de la educación matemática y la relevancia que se le otorga hoy en día, los resultados se presentan en forma particular para cada uno de los congresos seleccionados, después se realizan observaciones generales.

En 2019 se llevó a cabo el evento número 41 del PME-NA, cada uno ha tenido un tema como eje principal y un grupo de categorías clasificadas de acuerdo con el objetivo que se propone para el evento. En las categorías se agrupan los reportes de investigación, reportes breves de investigación y trabajos presentados en la modalidad de poster (Otten, Candela, de Araujo, Haines, y Munter, 2019).

En el PME-NA 4 realizado en 1982 en Georgia USA, se identifica la categoría para los trabajos sobre tecnología. Durante el PME-NA 5 realizado en 1983 en Quebec Canadá, se encuentra una categoría de

Grupo Internacional para la Psicología de la Educación Matemática (PME)

trabajos con el nombre de computadoras y educación matemática; cabe hacer notar que el nombre dado a la categoría hace referencia a un intento por relacionar la tecnología con esta disciplina (PME-NA, 2020).

Es en el PME-NA 6 de 1984 en Wisconsin USA, donde se presentaron dos trabajos en la categoría instrucción basada en la computadora; el nombre hace referencia al uso de la tecnología y a su incorporación en el contenido curricular, orientación que ha sido identificada por Bottino y Kynigos (2009).

En el PME-NA 7 de 1985 en Ohio USA, se identifica la influencia de Seymour Papert y de Logo en 5 trabajos relacionados con tecnología, específicamente incluidos en una categoría de Logo y el aprendizaje de las matemáticas. A partir de ese año el número de trabajos relacionados con tecnología aumentó, en el PME-NA 9 de 1987 en Montréal, Canadá se identifican tres categorías relacionadas con tecnología: (i) Álgebra en ambientes computacionales con 12 trabajos, (ii) Geometría en ambientes computacionales con 9 trabajos y (iii) Ambientes computacionales con 7 trabajos. En el PME-NA 11 de 1989 realizado en New Jersey USA, se identifica la categoría de ambientes computacionales en el aprendizaje de matemáticas con 3 trabajos, y la categoría cambios en la evaluación de los estudiantes debido a las herramientas graficadoras de funciones con 3 trabajos. En los PME NA 12, 13, 14, 15 y 16 no se identifica una categoría específica para los trabajos relacionados con tecnología.

En el PME-NA 17 de 1995 realizado en Ohio USA, nuevamente se identifica una categoría tecnología con 2 reportes de investigación, 2 reportes breves y 3 posters; durante el PME-NA 18 de 1996 se presentaron 7 reportes de investigación, 1 reporte breve y 3 posters en la categoría de tecnología; en el PME-NA 19 de 1997 en Illinois USA, se encuentra una categoría de tecnología con 4 reportes de investigación, 2 reportes breves y 3

posters; en el PME-NA 20 de 1998 realizado en North Carolina USA, en la categoría de tecnología se encuentran 2 reportes de investigación, 3 reportes breves y 6 posters; en el PME-NA 21 de 1999 en Morelos México, se identifica en la categoría de tecnología 1 reporte de investigación y 3 reportes breves; en el PME-NA 22 de 2000 que se llevó a cabo en Arizona USA, se identifica 1 reporte de investigación 4 reportes breves y 6 posters en la categoría de tecnología. En el PME-NA 23 de 2001 en Snowbird, Utahen, en la categoría de tecnología se identifican 3 reportes de investigación, 1 reporte breve y 5 posters (Speiser, Maher, Walter, y Charles, 2001).; durante el PME-NA 24 de 2002 de Georgia USA,

En la figura 2 se presenta el número de reportes de investigación, reportes breves y posters relacionados con tecnología. De 2010 a 2019 el número total de trabajos aumenta de 17 a 19, en 2013 hay un aumento significativo llegando hasta 31 trabajos en temas muy variados; se presentaron trabajos en ambientes interactivos, con sistemas de geometría dinámica y sobre el razonamiento de los estudiantes cuando incorporan tecnología (Wiest, y Lamberg, 2011; Van Zoest, Lo, y Kratky, 2012; Martínez y Castro-Superfine, 2013; Brosnan, Erchick, Flevares, 2010; Liljedahl, Nicol, Oesterle, y Allan, 2014).

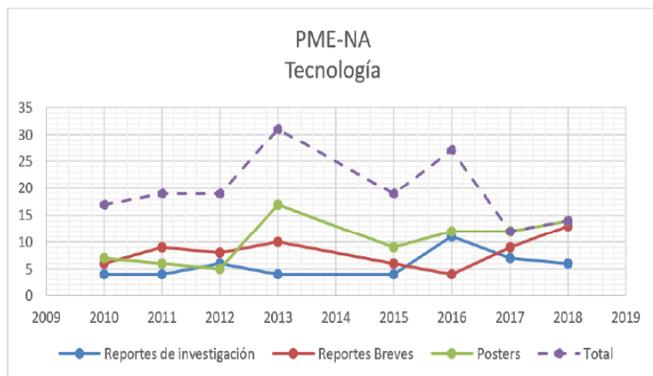


Figura 2. Trabajos en el tema de tecnología de 2009 a 2019.

En relación con los trabajos presentados sobre el tema, en el año 2014 los trabajos no fueron agrupados en categorías, por esta razón estas memorias no han sido objeto de análisis en la presente investigación. En 2015, disminuye el número de trabajos en la categoría de tecnología, se identifican trabajos en los mismos temas que en 2014 y se encuentra un trabajo sobre cursos en línea (Bartell, Bieda, Putnam, Bradfield, y Dominguez, 2015). En el 2016 se incrementa el número de trabajos en esta categoría, en comparación con 2015, se identifica un nuevo tipo de trabajos relacionado con los videojuegos para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (Wood, Turner, Civil, y Eli, 2016). Aunque en 2017 disminuye el número de trabajos en relación con 2016, se encuentran trabajos con otras tecnologías, dispositivos móviles, simulaciones, ambientes manipulativos virtuales, cursos masivos en línea (MOOC) y realidad virtual (Galindo y Newton, 2017). En 2018 es el último año en el que se identifica la categoría de tecnología, y los temas son similares a los del año 2017, (Hodges, Roy y Tyminski, 2018). En 2019 esta categoría se une con currículo y evaluación; los temas son simulaciones, cursos masivos en línea, materiales interactivos y aparecen trabajos en currículo digital (Otten, Candela, de Araujo, Haines, y Munter, 2019).

Congreso Internacional sobre Educación Matemática (ICME)

El primer congreso se llevó a cabo en 1969 en Lyon France, fue en el ICME 5 realizado en 1984 en Australia, en el que se formó un grupo de trabajo en torno al papel de la tecnología en la educación matemática; en el ICME 7 de 1992 en Canadá, ya se identifican dos grupos de trabajo en esta dirección: el impacto de la calculadora en el currículo de la escuela elemental y la tecnología al servicio del currículo de matemáticas. En el ICME 11 de 2008 en México se formó el grupo de trabajo ¿Cómo la tecnología nos está cambiando para re-pensar los fundamentos de la educación matemática? En el ICME 12 de 2012 realizado en Corea, se identifican dos grupos de trabajo sobre tecnología: análisis de los usos de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas y análisis de los usos de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas; en el ICME 13 de 2016 en Alemania se formaron cuatro grupos de trabajo en relación con la tecnología: usos de la tecnología en educación matemática en primaria, usos de la tecnología en educación matemática en secundaria.

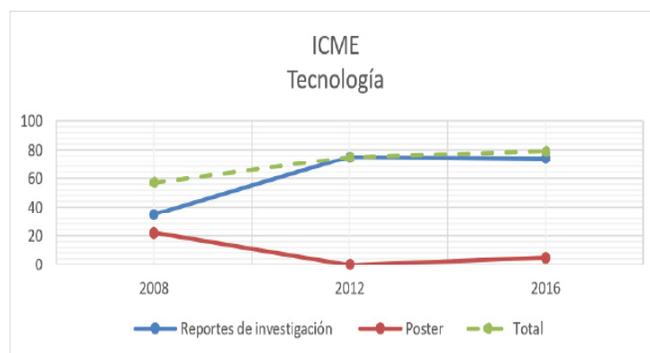


Figura 2. Trabajos en el tema de tecnología de 2008 a 2016.

En el ICME de 2008 se presentaron un total de 57 trabajos, 35 reportes de investigación y 22 posters. Los trabajos fueron clasificados en tres temas: integración de la tecnología en las escuelas y otros ambientes de aprendizaje, temas relacionados con el uso de tecnología por parte de los profesores y diseño de tecnología para la enseñanza y el

aprendizaje de la matemática (Dirk, Søndergaard, Gómez, y Chun, 2008).

En el ICME de 2012 el total de trabajos fue de 75 y los temas tratados fueron: uso de tecnología en el salón de clase, diseño y uso de materiales de enseñanza digitales, educación a distancia y sistemas de gestión de contenidos educativos, diseño de tecnología digital, diseño de ambientes de aprendizaje, proyectos de implementación de tecnología digital a gran escala y longitudinales, entre otros (Sung, 2012).

En el ICME de 2016 se presentaron cuatro categorías relacionadas con tecnologías: usos de la tecnología en la educación matemática en primaria, usos de la tecnología en la educación matemática en secundaria, usos de la tecnología en la educación matemática en bachillerato y aprendizaje a distancia, e-learning y blended-learning. Se presentaron un total de 79 trabajos, 74 reportes de investigación y 5 posters (Kaiser, 2017).

Congreso Europeo de Investigación en Matemática Educativa (CERME)

El CERME 1 se llevó a cabo en Alemania en 1998, en él se formó el grupo herramientas y tecnología en didáctica de las matemáticas (Schwank, 1999); en el CERME 2 realizado en República Checa en 2001 se formó un grupo con el mismo nombre herramientas y tecnología en didáctica de las matemáticas (Novotná, 2002); en el CERME 3 realizado en Italia en 2003, se identifica de nuevo un grupo con el nombre herramientas y tecnología en didáctica de las matemáticas; en el CERME 4 de 2005 en España, se identifica también el grupo herramientas y tecnología en didáctica de las matemáticas (Bosch, 2006; Mariotti, 2004).

En el CERME 5 de 2007 en Chipre, continúa el grupo herramientas y tecnología en didáctica de las matemáticas (Pitta-Pantazi, y Philippou, 2007); en el CERME 6 de 2009 en Francia, debido a la evolución de las tecnologías, el nombre cambia a

tecnologías y recursos en educación matemática, la palabra recursos incluye software, computadoras, materiales interactivos, pizarrones electrónicos y recursos en línea, entre otros; en el CERME 7 de 2011 en Polonia también se encontró el grupo tecnologías y recursos en educación matemática (CERME, 2019).

Al igual que en CERME 8 de 2013 en Turquía; en el CERME 9 de 2015 en República Checa ya aparecen dos grupos de trabajo en tecnología: enseñanza de las matemáticas con recursos y tecnología y aprendizaje matemático de los estudiantes con recursos y tecnología; en el CERME 11 de 2017 en Irlanda también se formaron los grupos enseñanza de las matemáticas con recursos y tecnología y aprendizaje de las matemáticas con tecnología y otros recursos.

En la figura 3 se muestra el número de trabajos sobre tecnología aceptados desde el año 2009 hasta 2015, cabe recordar que a diferencia del PME este evento se realiza cada dos años. En el año 2009 se identifica la categoría: tecnologías y recursos en educación matemática, en ella se encuentran 39 reportes de investigación, los trabajos versaron sobre ambientes interactivos, con sistemas de geometría dinámica, uso de simuladores, diseño de objetos de aprendizaje, se identifica que desde este año se incluye un trabajo sobre realidad virtual (Durand-Guerrier, Soury-Lavergne y Arzarello, 2009).

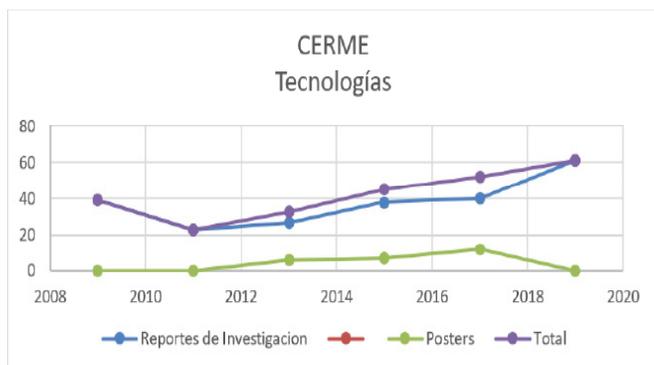


Figura 2. Trabajos en el tema de tecnología de 2009 a 2015.

En 2011 nuevamente aparece la categoría tecnologías y recursos en educación matemática, en esta ocasión hubo una disminución en el número de trabajos, se presentaron 23 trabajos de investigación, en este caso el tema central fue sobre los usos de la tecnología para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (Pytlak, Rowland, y Swoboda, 2011).

En 2013 en la categoría tecnologías y recursos en educación matemática se incrementó el número de trabajos, con 33 trabajos en total, 27 trabajos de investigación y 6 posters, en este año se identifica que surge un tema de interés entre la comunidad de investigadores en educación matemática, la relación de profesor y la implementación de la tecnología y aparece el tema de educación matemática en línea (Ubuz, Haser, y Mariotti, 2013).

El incremento observado en el CERME del año 2013 dio lugar, en el CERME de 2015 a dos categorías relacionadas con tecnología; enseñanza de las matemáticas con recursos y tecnología y aprendizaje matemático de los estudiantes con recursos y tecnología, el total en las dos categorías fue de 45 trabajos, 38 reportes de investigación y 7 posters. Predominaron los reportes de investigación sobre el aprendizaje de los estudiantes con 21 trabajos en comparación con los 17 relacionados con la enseñanza, en los trabajos presentados se analizaron los procesos cognitivos de los estudiantes al hacer uso de tecnologías y percepciones de los

estudiantes en ambientes mediados por tecnologías digitales. (Krainer, y Vondrová, 2015).

En el CERME de 2017 nuevamente se formaron las categorías: enseñanza de las matemáticas con recursos y tecnología y aprendizaje matemático de los estudiantes con recursos y tecnología, es considerable el aumento en el número de trabajos que se presentaron este año, 52 trabajos en total, con 40 reportes de investigación y 12 posters. Se reconocen dos temas nuevos, integración de tecnologías en el aula y cursos masivos en línea (MOOC), estos últimos aparecen el mismo año en el PME-NA, también se presentan propuestas relacionadas con el uso de dispositivos móviles (Dooley, y Gueudet, 2017).

En el CERME de 2019 se presentaron 61 trabajos en las dos categorías: enseñanza de las matemáticas con recursos y tecnología y aprendizaje matemático de los estudiantes con recursos y tecnología, se presentaron trabajos sobre estrategias de los estudiantes, simulaciones, dificultades de los estudiantes en un ambiente e-learning y realidad aumentada (Jankvist, Heuvel-Panhuizen y Veldhuis, 2019). López-García, y Gutiérrez-Niño (2018), identifican a la realidad aumentada como una tecnología emergente que ha incursionado en el campo de la educación con un potencial prometedor para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje. A partir de una investigación que realizan, identifican que la realidad aumentada coadyuva para que los estudiantes generen estructuras de conocimientos intencionadas y se favorezcan los procesos colaborativos y de resolución de problemas.

Reflexiones finales

Se identifica que las demandas de participación en cada uno de los eventos, ha provocado una reconfiguración de las categorías para el evento siguiente. En el CERME y en el ICME se ha mantenido una tendencia a considerar trabajos en la categoría de tecnología con enseñanza, tecnología

con aprendizaje, tecnología y currículo etc. Esta tendencia solo se observa en el PME-NA de 2019.

De los resultados obtenidos en esta revisión, emergen nuevas líneas que requieren de investigación, que den respuesta a preguntas como ¿qué produjo el incremento que se observa en el año 2013 en el PME-NA, ¿esta esto relacionado con la promoción de alguna tecnología en particular? ¿son los eventos los que dirigen las líneas de investigación vigentes? O ¿son las líneas que dirigen las categorías en los eventos?

Agradecimientos

Los autores de este documento pertenecen a la comunidad del Instituto Politécnico Nacional. Este trabajo fue posible gracias al apoyo institucional del Instituto Politécnico Nacional, a través de la Secretaría de Investigación y Posgrado y de los proyectos de investigación en el periodo de 2017 a 2019.

Referencias

- Araujo, M. (2011). Las revisiones sistemáticas I. *Medwave*, 11 (11).
- Bartell, T. G., Bieda, K. N., Putnam, R. T., Bradfield, K., & Dominguez, H. (Eds.). (2015). *Proceedings of the 37th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. East Lansing, MI: Michigan State University. Recuperado de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2037%202015%20Proceedings.pdf>
- Bottino, R. y Kynigos, C. (2009). *Mathematics Education & Digital Technologies: Facing the Challenge of Networking European Research Teams*. *Int J Comput Math Learning* (2009) 14:203–215 DOI 10.1007/s10758-009-9153-y
- Bosch, M. (Ed.). (2006). *European Research in Mathematics Education IV: Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 4, February 17 - 21, 2005)*. Sant Feliu de Guíxols, Spain: FUNDEMI IQS – Universitat Ramon Llull and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Brosnan, P., Erchick, D. B., & Flevares, L. (Eds.). (2010). *Proceedings of the 32nd annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Columbus, OH: The Ohio State University. Recuperado de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2032%202010%20Proceedings.pdf>
- Cochrane, C. I. (2012). *Revisiones Sistemáticas de Intervenciones*. Recuperado el 9 de mayo de 2015, de <http://www.cochrane.es/?q=es/node/26>
- Dirk, D.B., Søndergaard, B.D., Gómez, A.B., Chun C., (Ed.) (2008). *ICME-11 Proceedings of the 11th International Congress on Mathematical Education 6-13 July 2008*. Monterrey, Nuevo León, México. Recuperado de: <https://www.mathunion.org/icmi/publications/icme-proceedings/materials-icme-11-mexico>
- Dooley, T. & Gueudet, G. (Eds.). (2017). *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME10, February 1 – 5, 2017)*. Dublin, Ireland: DCU Institute of Education & ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Drijvers, P. (2013). Digital technology in mathematics education: why it works (or doesn't). *PNA*, 8(1), 1-20.
- Durand-Guerrier, V., Soury-Lavergne, S., & Arzarello, F. (Eds.). (2010). *Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 6, January 28 – February 1, 2009)*. Lyon, France: Institut National de Recherche Pédagogique and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Duran-Chinchilla, Cárdenas-García y Velásquez-Pérez. (2016). “Los modelos pedagógicos

- y su influencia en la práctica docente de la Universidad Francisco de Paula Santander,” *Revista Ingenio*, vol. 9, no. 1, pp. 77-88, mayo 2016. Recuperado de: <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2068/2018>
- European Society for Research in Mathematics Education, (CERME). (2019). *Proceedings*. Utrecht. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=organization>
- Galindo, E., & Newton, J., (Eds.). (2017). *Proceedings of the 39th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Indianapolis, IN: Hoosier Association of Mathematics Teacher Educators. Recuperado de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2039%202017%20Proceedings.pdf>
- Kaiser(Ed.), ICME – 13 (2016). *Proceedings of the 13th International Congress on Mathematical Education*. 24-31 July 2016 Education. Monographs. DOI 10.1007/978-3-319-62597-3_1. Recuperado de: <https://books.google.com.mx/s?hl=es&lr=&id=iNpCDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=ICME+13+proceedings&ots=tpA9IzARI6&sig=TrycXMFhmByaPIpvAVE3I5oR5Y#v=onepage&q&f=false>
- Hodges, T.E., Roy, G. J., & Tyminski, A. M. (Eds.). (2018). *Proceedings of the 40th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Greenville, SC: University of South Carolina & Clemson University. Recupeardo de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2040%202018%20Proceedings.pdf>
- Jankvist, U. T., Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Veldhuis, M. (Eds.). (2019). *Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME11, February 6 – 10, 2019)*. Utrecht, the Netherlands: Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Kaiser, G. (Ed.) (2017). *Proceedings of the 13th International Congress on Mathematical Education (ICME-13, July 24 -31, 2016)*. Hamburg, Germany: Springer Open.
- Krainer, K., & Vondrová, N. (Eds.). (2015). *Proceedings of the Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 9, February 4 – 8, 2015)*. Prague, Czech Republic: Charles University in Prague, Faculty of Education and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Letelier, L., Manríquez, J., & Rada, G. (2005). Revisión sistemática y meta análisis: ¿son la mejor evidencia? *Revista Médica de Chile*, 133 (2), 246 - 249. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872005000200015>
- Liljedahl, P., Nicol, C., Oesterle, S., & Allan, D. (Eds.). (2014). *Proceedings of the 38th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education and the 36th Conference of the North American Chapter of the Psychology of Mathematics Education (Vol. 1)*. Vancouver, Canada: PME. Recuperado de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2036%20PME%2038%202014%20Proceedings%20Vol%201.pdf>
- López-García, J. D., & Gutiérrez-Niño, D. (2018). Efecto del uso de la herramienta “realidad aumentada” en el rendimiento académico de estudiantes de Educación Básica. *Revista Perspectivas*, 3(1), 6-12. <https://doi.org/10.22463/25909215.1464>
- Manchado, R., Tamames, S., González, M., Mohedano, D. M., & Veiga, J. (2009). Revisión Sistemática Exploratoria. *Medicina y Seguridad Social del Trabajo*, 55(216), 12-19.
- Mariotti M. A. (2002). Influence of technologies advances on students' math learning. In L. English et al. (Eds), *Handbook of International Research in Mathematics Education*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Mariotti, M. A. (Ed.). (2004). *European Research in*

- Mathematics Education III: Proceedings of the Third Conference of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 3, February 28 – March 3, 2003). Bellaria, Italy: University of Pisa and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Martín, M. M., Hernández-Suarez, C. A., & Mendoza-Lizcano, S. M. (2017). Ambientes de aprendizaje basados en herramientas web para el desarrollo de competencias TIC en la docencia. *Revista Perspectivas*, 2(1), 97-104. <https://doi.org/10.22463/25909215.1282>
- Martinez, M. & Castro Superfine, A (Eds.). (2013). Proceedings of the 35th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. Chicago, IL: University of Illinois at Chicago. Recuperado de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2035%202013%20Proceedings.pdf>
- Muñoz, I., & Salas, M. (2012). Cómo buscar (y encontrar) evidencia científica en salud: Revisiones Sistemáticas. *Nure Investigación* (58), 1 – 9.
- North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME-NA). (2020). PME Proceedings. ERIC Document Reproduction Service the Ohio State University. Columbus, EU. Recuperado de <https://www.pmena.org/proceedings/>
- Novotná, J. (Ed.). (2002). European Research in Mathematics Education II: Proceedings of the Second Conference of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 2, February 24 - 27, 2001). Mariánské Lázně, Czech Republic: Charles University, Faculty of Education and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Otten, S., Candela, A. G., de Araujo, Z., Haines, C., & Munter, C. (2019). Proceedings of the forty-first annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. St Louis, MO: University of Missouri. Recuperado de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2041%202019%20Proceedings.pdf>
- Pitta-Pantazi, D., & Philippou, C. (Eds.). (2007). European Research in Mathematics Education V: Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 5, February 22 - 26, 2007). Larnaca, Cyprus: University of Cyprus and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Papert, S. (1980), *Mindstorms*. Brighton: Harvester press.
- Poveda, W. (2019). Un ambiente de resolución de problemas y tecnologías digitales en un curso masivo en línea. Proceedings of the forty-first annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. St Louis, MO: University of Missouri, pp. 129-131.
- Poveda, W., Aguilar-Magallón, D., & Gómez-Arciga, A. (2018). Problem Solving and the use of digital technologies in a MOOC: Design and Implementation. In T. Hodges, G. Roy, & A. Tyminski (Eds.), Proceedings of the 40th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (pp. 1203-1218). Greenville, SC: University of South Carolina & Clemson University.
- Pytlak, M., Rowland, T., & Swoboda, E. (Eds.). (2011). Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 7, February 9- 13, 2011). Rzeszów, Poland: University of Rzeszów and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Sánchez, J. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática y un meta - análisis. *Aula abierta*, 38 (2), 53 – 63.
- Schwank, I. (Ed.). (1999). European Research in

- Mathematics Education I. I and I.II: Proceedings of the First Conference of the European Society for Research in mathematics Education (CERME 1, August 27-30, 1998). Osnabrück, Germany: Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Skemp, R. (1999). *Psicología del aprendizaje de las matemáticas tercera Edición*. Madrid: Ediciones Morata.
- Speiser, Robert., Maher, Carolyn A., Walter, Charles N., (Eds.). (2001). Proceedings of the Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Snowbird, Utah, October 18-21, 2001). Volume 1 [and] Volume 2. Recuperado de: <https://eric.ed.gov/?q=ED476613>
- Sung J.C., (Ed.) (2012). ICME-12 Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education 8-15 July 2012. Seoul, Korea. Recuperado de: https://books.google.com.mx/books?id=NTqfBgAAQBAJ&pg=PR7&lpg=PR7&dq=ICME+12+Proceedings&source=bl&ots=YlO1gE3sUm&sig=ACfU3U1wSmFOBbP17rsI6wCe2ZXXJaSU-A&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwifyqyr3r_EwB3oECAoQAQ#v=onepage&q=ICME%2012%20Proceedings&f=false
- Ubuz, B., Haser, C., & Mariotti, M. A. (Eds.). (2013). Proceedings of the Eighth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 8, February 6 - 10, 2013). Ankara, Turkey: Middle East Technical University and ERME. Recuperado de: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/index.php?slab=proceedings>
- Van Zoest, L. R., Lo, J.-J., & Kratky, J. L. (Eds.). (2012). Proceedings of the 34th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. Kalamazoo, MI: Western Michigan University. Recuperado de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2034%202012%20Proceedings.pdf>
- Vargas, V. y Montero, L. (2019). Uso de excel para la modelación de una actividad de crecimiento poblacional. Proceedings of the forty-first annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, pp. 910-918. St Louis, MO: University of Missouri, pp. 129-131.
- Wiest, L. R., & Lamberg, T. (Eds.). (2011). Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. Reno, NV: University of Nevada, Reno. Recuperado de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2033%202011%20Proceedings.pdf>
- Wood, M. B., Turner, E. E., Civil, M., & Eli, J. A. (Eds.). (2016). Proceedings of the 38th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. Tucson, AZ: The University of Arizona. Recuperado de: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2038%202016%20Proceedings.pdf>