

El aprendizaje de las matemáticas mediante tecnología en Europa: revisión de literatura

Aprendizagem de matemática aprimorada por tecnologia na

Europa: uma revisão de literatura

Technology-enhanced mathematics learning in Europe: a literature review

Vicente Gabarda Méndez  ^{*1}, Ernesto Colomo Magaña  ^{†2}, Julio Ruiz Palmero  ^{‡3} y Andrea Cívico Ariza  ^{§4}

¹Universitat de Valencia, Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación, Departamento de Didáctica y Organización Escolar, Valencia, España.

²Universidad de Málaga, Facultad de Ciencias de la Educación, Departamento de Teoría e Historia de la Educación, Málaga, España.

³Universidad de Málaga. Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica y Organización Escolar, Málaga, España.

⁴Universidad Internacional de Valencia, Facultad de Educación, Valencia, España.

Resumen

La integración de la tecnología en los procesos formativos es una realidad en los diferentes sistemas educativos internacionales, estando presente de manera transversal o específica en el aprendizaje de las diferentes materias en las distintas etapas formativas. Este trabajo aborda específicamente el modo en que esta se utiliza como herramienta metodológica al servicio de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en la etapa de Educación Secundaria. Tomando como contexto geográfico la Unión Europea, se realiza una revisión sistemática de la literatura científica alojada en la base de datos de *Web Of Science* de los últimos cinco años. Los resultados arrojan que la producción científica es prolífica, especialmente en los dos últimos años y en el contexto español; que las herramientas tecnológicas utilizadas son diversas; y que, independientemente de estas cuestiones, se concibe que estas tienen un impacto positivo en los procesos formativos de las matemáticas, tanto para los estudiantes como para los docentes.

Palabras clave: Matemáticas. Tecnologías. Educación secundaria. Unión Europea. Estudio bibliográfico.

Resumo

A integração da tecnologia nos processos formativos é uma realidade nos diferentes sistemas educativos internacionais, estando presente de forma transversal ou específica na aprendizagem das diferentes disciplinas nas diferentes etapas formativas. Este trabalho trata especificamente da forma como ela é utilizada como ferramenta metodológica a serviço do ensino e da aprendizagem da matemática no ensino médio. Tomando a União Europeia como contexto geográfico, é realizada uma revisão sistemática da literatura científica hospedada na base de dados Web Of Science dos últimos cinco anos. Os resultados mostram que a produção científica é prolífica, especialmente nos últimos dois anos e no contexto espanhol; que as ferramentas tecnológicas utilizadas são diversas; e que, independentemente dessas questões, se concebe que elas tenham um impacto positivo nos processos formativos da matemática, tanto para alunos quanto para professores.

Palavras-chave: Matemática. Tecnologias. Educação secundária. União Europeia. Estudo bibliográfico.

Abstract

The integration of technology in educational processes is a reality in different international education systems, being included in a transversal or specific way in the learning of the different subjects in different educational stages. This paper deals specifically addresses the way in which technology is used as a methodological tool in the teaching and learning of Mathematics at the Secondary Education in high school. Taking the European Union as a geographical context, a systematic review of the scientific literature hosted in the Web of Science database over the last five years is carried out. The results show that the scientific production is prolific, especially in the last two years and in the Spanish context; that the technological tools used are diverse; and

*Email: vicente.gabarda@uv.es

†Email: ecolomo@uma.es

‡Email: julioruiz@uma.es

§Email: andrea.civico@campusviu.es

that, regardless of these issues, they are considered to have a positive impact on the educational processes of Mathematics, for both students and teachers.

Keywords: Mathematics. Technologies. Secondary education. European Union. Literature review.

1 Introducción

Los procesos formativos, en las últimas décadas, se han caracterizado por una integración progresiva de la tecnología en el diseño, el desarrollo y la evaluación de las acciones educativas de cualquier etapa.

Esta digitalización responde a múltiples motivaciones: por un lado, es importante que el ámbito educativo se desarrolle de manera alineada a otros ámbitos de la realidad (social, económico, productivo, etc.). Para ello, las diferentes políticas, tanto a nivel nacional como internacional, han tratado de promover la integración de la tecnología, tanto desde un punto de vista transversal en todas las etapas, como mediante contenidos específicos en algunas de ellas (COLOMO et al., 2020). Por otro lado, la utilización de la tecnología como herramienta metodológica se ha vinculado a un cambio de paradigma del propio hecho educativo, donde el estudiante se convierte en un eje fundamental del aprendizaje y se busca el modo de dotar al proceso formativo de una nueva mirada más cercana a sus intereses y necesidades, a la par que más innovadora. Esta realidad ha permitido no solamente el diseño de tecnologías *ad hoc* para el contexto educativo, sino la adaptación de otras herramientas ajenas a él con fines formativos. Por último, no podemos obviar que la reciente situación de pandemia mundial derivada de la COVID-19 ha supuesto la puesta en marcha de procesos de hibridación o de modelos en línea que permitieran continuar con el aprendizaje desde casa (CUEVAS et al., 2020).

Parece, además, que la tecnología y las matemáticas (área en la que se centra nuestro estudio) son áreas interconectadas, formando parte ambas de la metodología STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics). Esta propuesta, no exenta de controversias en su definición e implementación (BOGDAN y GARCÍA-CARMONA, 2021), se orienta hacia el aprendizaje de las disciplinas consideradas científicas, mediante métodos experienciales, para dar respuesta a las demandas de la sociedad actual (ACAR; TERTEMIZ y TADEMIR, 2018), siendo precisamente las matemáticas las que otorgan la base para el desarrollo del resto de ellas (MAASS et al., 2019). De hecho, estudios como el de Diego-Mantecón, Blanco et al. (2021) ponen de manifiesto que las prácticas STEM contribuyen de forma inequívoca al desarrollo de la competencia matemática y de la competencia tecnológica.

Centrando el análisis en nuestra área de estudio, el desarrollo de destrezas matemáticas ha formado parte tradicionalmente de los currículos de toda etapa educativa y de cualquier contexto geográfico. La relevancia otorgada a esta área de conocimiento a nivel comunitario, más allá de su tradición histórica, encuentra su fundamento en el reconocimiento de la destreza matemática como una de las competencias clave para el aprendizaje permanente (COMISIÓN EUROPEA, 2006; CONSEJO EUROPEO, 2018). Contextualizada en relación con la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería, la competencia matemática se vincula como la habilidad para desplegar y emplear el razonamiento matemático para la resolución de problemas en la vida cotidiana, materializándose específicamente en el cálculo, el pensamiento lógico y espacial, y la representación (fórmulas, gráficos, etc.).

Estas directrices comunitarias han servido para consolidar las matemáticas como área curricular en los diferentes sistemas educativos europeos, siendo una asignatura obligatoria en la práctica totalidad de los mismos, tanto en la etapa de Educación Primaria como en la de Educación Secundaria. De hecho, al margen de su presencia, es reseñable que representa la segunda mayor proporción de tiempo de instrucción (alrededor del 15%-20% del tiempo total de enseñanza) en la enseñanza obligatoria (COMISIÓN EUROPEA, 2021).

Además, cabe destacar que la integración de la tecnología en los procesos formativos en la Unión Europea constata que alrededor del 70% de los estudiantes manifiestan utilizar Internet con fines educativos al menos una vez por semana (COMISIÓN EUROPEA, 2019), habiendo una diferencia considerable entre países como Dinamarca, donde la práctica totalidad lo hacen, o Eslovenia, donde solamente lo hace la mitad de ellos. En relación con los docentes, alrededor del 60% utilizan la tecnología de forma habitual (en una cuarta parte o más de sus clases) a nivel europeo, siendo los

profesores noruegos, daneses, malteses o lituanos quienes hacen un mayor uso de ella.

2 La enseñanza y el aprendizaje de matemáticas mediante tecnología

La tecnología ofrece unas posibilidades casi infinitas para la propuesta de actividades formativas mediadas por ella, bien sea mediante recursos digitales específicos, diseñados *ad hoc*, como recursos metodológicos para un área en concreto o mediante tecnologías de carácter general que pueden ser implementadas como herramienta al servicio del proceso educativo.

La literatura científica previa avala que el uso de tecnología en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas genera beneficios y mejoras en diferentes dimensiones, como en el rendimiento académico de los estudiantes (MARTÍNEZ-GARRIDO, 2018), así como para el aprendizaje significativo (NIVELA et al., 2018) o, de manera casi natural, para el desarrollo de las competencias matemática y digital (VALVERDE-CRESPO; PRO-BUENO y GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, 2018).

Si centramos nuestra atención en primer lugar en el uso de software especializado, destaca el uso de *Geogebra*, presente en gran parte de la literatura científica. Esta herramienta contribuye a la mejora del rendimiento académico (ARDIÇ y İŞLEYEN, 2018), haciéndola recomendable para el desarrollo de las destrezas matemáticas en cualquier etapa educativa (ALABDULAZIZ et al., 2021). En la misma línea apuntan los estudios de Birgin y Acar (2020), Muñante-Toledo et al. (2021) y Zulnaidi, Oktavika e Hidayat (2019), que han puesto de manifiesto el potencial específico de *Geogebra* en el aprendizaje de las matemáticas, especialmente para una mejora del conocimiento conceptual y procedimental, y para la significatividad del aprendizaje y el rendimiento académico. Igualmente, García, Romero y Gil (2021) concluyen que el uso de este *software* aporta beneficios más allá de la esfera cognitiva, favoreciendo el desarrollo de relaciones afectivas entre los agentes. Además, cabe señalar que existe un impacto positivo de las aplicaciones móviles específicas para el aprendizaje de las matemáticas, evidenciado por estudios como el de Rodríguez-Cubillo, Del Castillo y Arteaga (2021) o Alabdulaziz (2021), quienes, al margen de corroborar el aumento del rendimiento, resaltan el fomento de la motivación y la mejora de la actitud de los estudiantes hacia el área de conocimiento con el uso de la tecnología, junto con el desarrollo del pensamiento crítico.

Conjuntamente, tal y como apuntábamos anteriormente, se han venido implementado, en los últimos años, otro tipo de tecnologías que, sin estar creadas expresamente para los procesos de enseñanza y aprendizaje, han demostrado una serie de beneficios. Es el caso de la realidad aumentada, la cual favorece la comprensión de los conceptos, el desarrollo del pensamiento crítico y la autonomía, la motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas y su individualización, así como el desarrollo de habilidades de investigación y la socialización entre estudiantes (FERNÁNDEZ-ENRÍQUEZ y DELGADO-MARTÍN, 2020; KRAMARENKO; PYLYPENKO y ZASELSKIY, 2019) o el uso de foros virtuales (JUÁREZ; CHAMOSO y GONZÁLEZ, 2020), evaluando la incidencia de estas herramientas tanto en la interacción como en el nivel de profundidad desarrollado en el proceso de aprendizaje. Asimismo, otros estudios como el de Menjivar et al. (2021) ponen de relieve que la realidad virtual se utiliza de manera frecuente en el área de matemáticas, según la producción científica analizada.

También se ha demostrado el potencial de los videojuegos y la gamificación como recursos metodológicos para el aprendizaje de las matemáticas. De este modo, las propuestas de Kim y Ke (2017) y Molina, Adamuz y Bracho (2020) o Pellas, Mystakidis y Christopoulos (2021), advierten de los beneficios de estas herramientas para un aprendizaje más significativo, la resolución de problemas aritméticos y otras competencias transversales. Asimismo, existen propuestas donde la tecnología utilizada son simuladores (DÍAZ, 2018), constatando su capacidad para la mejora del rendimiento académico o experiencias con blogs (SÁNCHEZ y VARGAS, 2016) o las tabletas (GUILLÉN-GÁMEZ; ÁLVAREZ-GARCÍA y MALDONADO, 2018), quienes subrayaban el potencial que tiene la tecnología para la organización y expresión del pensamiento matemático, facilitado por la portabilidad de algunas de las tecnologías.

La realidad que ponen de manifiesto estas experiencias, así como otras revisiones sistemáticas como las de Bano et al. (2018), junto con las políticas y directrices europeas, han servido de caldo de cultivo para el surgimiento de proyectos en el marco comunitario para la promoción del aprendizaje de las matemáticas mediante la tecnología. Algunos ejemplos de ello son el Proyecto MILAGE, que

se orientaba a la integración de las tecnologías digitales en el área de matemáticas (GONZÁLES, 2017), o la plataforma *STEMforYouth*, que integraba actividades en contextos reales para trabajar las matemáticas mediante metodologías como el aprendizaje mediante experimentación, el aprendizaje basado en investigación y la gamificación (DIEGO-MANTECÓN; GARCÍA-PIQUERAS et al., 2018).

A partir de este análisis, y con pretensión de comprender de forma más holística la utilización de la tecnología como herramienta metodológica para el aprendizaje de las matemáticas en Educación Secundaria, este estudio propone una revisión sistemática de la producción científica alojada en *Web of Science* en los últimos cinco años sobre esta realidad.

3 Metodología

Este estudio se fundamenta en un análisis bibliográfico acerca de la literatura científica sobre la utilización de tecnología para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en Educación Secundaria en la Unión Europea.

Para realizar la búsqueda bibliográfica, se ha utilizado como base de datos *Web of Science* (en adelante WOS), debido su potencial para dar cobertura a la literatura científica de ámbito internacional. Con relación a los términos de búsqueda, se han empleado “matemáticas”, “tecnología”, “aprendizaje” y “educación secundaria”, tanto en inglés como en español. La búsqueda devolvió un total de 123 resultados, los cuales han sido filtrados en base a los criterios de inclusión que se ofrecen a continuación:

Tabla 1. Criterios de selección de documentos.

Tipología	Artículos científicos
Disponibilidad	Acceso abierto y texto completo
Tipo de estudio	Investigación empírica
Participantes	Profesorado o alumnado de educación secundaria
Fecha de publicación	2017-2021
Contexto geográfico	Unión Europea
Idioma	Cualquier lengua oficial de la Unión Europea

Fuente: Elaboración propia.

Tras la selección de artículos, se realizó una búsqueda inversa, pero no se halló ninguna propuesta complementaria. Se muestra en la figura 1 todo el proceso de búsqueda y selección, fundamentado en el método PRISMA (URRÚTIA y BONFILL, 2010):

Con los 19 documentos seleccionados, se realiza un análisis de contenido que se centrará en las siguientes variables de estudio:

4 Resultados

En la tabla 3, se recogen los datos de las 19 investigaciones objeto de estudio respecto a variables identificativas y de contenido:

Tabla 3. Análisis de contenido.

Autor y año	País e idioma	Muestra y diseño	Objetivos	Tecnología	Resultados
-------------	---------------	------------------	-----------	------------	------------

Del Cerro y Morales (2021)	España Inglés	48 estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria. Cuasiexperimental. Pretest-Posttest	Averiguar si la integración del software <i>Geogebra</i> AR (Realidad Aumentada) afecta al rendimiento académico y a las habilidades espaciales de los estudiantes.	Realidad Aumentada (<i>Geogebra</i> AR)	La mayor parte de los estudiantes utiliza las TIC para estudiar matemáticas, aunque no consideran que les ayuden a mejorar sus notas.
Hosseini-Mohand et al. (2021)	España Inglés	2018 estudiantes de Educación Secundaria. Cuasiexperimental. Pretest-Posttest	Analizar los factores que podrían influir en el uso de las TIC con fines educativos y determinar la variación del uso de las TIC con fines académicos (matemáticas) a raíz del COVID-19.	Tecnología en general (sin especificar herramienta/s)	El acceso a las TIC para fines educativos influye sobre el rendimiento en matemáticas
Weinhandl y Lavicza (2021)	Austria Inglés	Estudiantes y profesores de Educación Secundaria. Estudio de caso. Cualitativo	Explorar la influencia de la modelización matemática, utilizando la tecnología, sobre la adquisición de conocimientos y competencias matemáticas y sobre la creatividad.	<i>Geogebra</i>	La aplicación de la modelización matemática apoyada en la tecnología favorece el intercambio de conocimientos tecnológicos y las competencias de los alumnos, así como sus conocimientos y competencias matemáticas.
Weinhandl, Lavicza et al. (2021)	Austria Inglés	42 estudiantes y profesores de Educación Secundaria. Estudio de caso. Cualitativo interpretativo	Descubrir algunos elementos clave del éxito del aprendizaje de las matemáticas en casa a raíz del COVID-19.	<i>Geogebra</i>	La utilización de la tecnología se constata como un elemento crucial para la transición de la enseñanza presencial a la educación en casa. Facilita, tanto la comunicación entre docente-discente, como con los compañeros, contribuyendo a la mejora de la colaboración y la estructura social del grupo. Además, favorece el trabajo autónomo y a la autorregulación del aprendizaje.

Silva-Díaz, Carrillo-Rosúa y Fernández-Plaza (2021)	España Español	17 estudiantes y un profesor de Educación Secundaria Mixto. Pre-test-posttest	Determinar el impacto de la Realidad Virtual Inmersiva en el desarrollo de actividades manipulativas y experienciales y sobre las actitudes científico-matemáticas de los alumnos.	Realidad Virtual Inmersiva	Los resultados indican que esta tecnología influye en la actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas, así como en la autopercepción del aprendizaje.
Petrov y Atanasova (2020)	Bulgaria Inglés	Estudio de caso. Estudio de caso. Pre-test-posttest	Analizar el efecto de la realidad aumentada (RA) en el aprendizaje de las matemáticas.	Realidad Aumentada	El estudio ha demostrado una mejora en la comprensión de la materia estudiada, así como la significatividad del aprendizaje. Se constata un mayor interés del estudiantado en el proceso formativo, así como su motivación. Favorece, asimismo, el trabajo cooperativo.
Iglesias, Pascual y Arteaga-Martínez (2020)	España Español	27 estudiantes. Descriptivo.	Analizar el impacto de la tecnología en la transición a la docencia no presencial por le COVID-19, especialmente, sobre el aprendizaje autónomo y la comunicación profesor-alumno.	Tecnología en general (sin especificar herramienta/s)	Los resultados muestran que los alumnos superaron los criterios de evaluación de este bloque de contenidos y que se alcanzaron niveles óptimos de retroalimentación durante todo el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Gómez-García et al. (2020)	España Inglés	2018 estudiantes. Correlacional y pre-dictivo.	Determinar las relaciones entre el rendimiento académico, los usos y los recursos TIC disponibles en el área de matemáticas.	Tecnología en general (sin especificar herramienta/s)	La mayor parte de los alumnos afirma que utiliza las TIC en casa para estudiar matemáticas. El nivel educativo es un predictor del rendimiento académico en matemáticas asociado a los usos de las TIC por parte de los estudiantes.
Gil-Quintana et al. (2020)	Italia Inglés	4845 estudiantes. Mixto. Descriptivo-correlacional.	Diagnosticar el papel de la cultura participativa, los recursos digitales, las redes sociales y, en concreto, YouTube, en los procesos de aprendizaje y la adquisición de las competencias de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM).	Youtube	Los adolescentes valoran los vídeos de YouTube como un recurso clave para mejorar su rendimiento escolar, valorando mejor a los <i>youtubers</i> que a los profesores. Sin embargo, llama la atención que en los procesos de aprendizaje y adquisición de competencias STEM, prefieren interactuar con profesores antes que con <i>youtubers</i> .
Nunes et al. (2020)	Portugal Portugués	96 profesores. Cuantitativo. Descriptivo y exploratorio.	Explorar y describir los factores fundamentales que influyen en el conocimiento y uso de las (TIC), en particular del Software Educativo (SE) como herramienta, por parte de los profesores de matemáticas.	Kahoot, Modellus y Scratch	Los resultados sugieren que hay un conocimiento y uso escaso de estos recursos por parte del profesorado, constituyendo la edad, el género y la antigüedad de los profesores de matemáticas algunos factores que influyen en ello.
Jesionkowska Wild y Deval (2020)	Reino Unido Inglés	Estudiantes y profesores. Estudio de caso. Cualitativo interpretativo.	Analizar los beneficios del Aprendizaje Activo para la enseñanza de asignaturas STEAM, utilizando un software de realidad aumentada.	Realidad Aumentada	Los estudiantes fueron capaces de crear aplicaciones funcionales y consideraron que la realidad aumentada mejoró su experiencia de aprendizaje.

Jiménez et al. (2020)	España Inglés	101 estudiantes. Cuantitativo. Correlacional.	Estudiar el impacto del <i>escape room digital</i> , utilizando <i>Genial.ly</i> y un <i>breakout</i> , para el aprendizaje del álgebra en el tercer curso de la educación secundaria para el aprendizaje de fracciones algebraicas y ecuaciones.	<i>Escape room digital</i> , <i>Genial.ly</i> y <i>breakout</i>	Los resultados muestran que hay diferencias en relación con el aprendizaje de ecuaciones, concluyéndose que el uso de estas técnicas contribuye a la mejora de las calificaciones. Asimismo, los estudiantes tienen una percepción positiva de la experiencia, por la mejora de sus conocimientos, el aumento de la motivación y la promoción del trabajo en equipo.
Curto et al. (2019)	España Inglés	68 estudiantes. Pre-experimental.	Evaluar el uso de la aplicación <i>Kahoot</i> en las asignaturas de matemáticas, biología y geología, y física y química.	<i>Kahoot</i>	Los resultados apuntan que, en el área de matemáticas, esta herramienta tiene potencial para la autoevaluación, auto-nomía y autorregulación del proceso de aprendizaje, así como para la mejora de los resultados académicos. Asimismo, los estudiantes perciben que el aprendizaje es más divertido, activo y experiencial, favoreciendo la creatividad y aumentando la motivación.

López et al. (2019)	España Inglés	60 estudiantes. Experimental. Descrip-tivo y correlacional (dos grupos).	Analizar la efectividad del <i>flipped learning</i> sobre un enfoque tradicional de enseñanza y aprendizaje en la asignatura.	<i>Flipped learning</i>	Los resultados reflejan que el <i>flipped learning</i> mejora los indicadores y conocimientos matemáticos establecidos. Se concluye, además, que su uso incrementa la motivación y las habilidades en el análisis y representación de gráficos.
Benítez, Sevillano y Vázquez (2019)	España Español	1376 estudiantes. Experimental. Correlacional entre grupos.	Evaluar el grado de asociación que el uso de las TIC podría tener con el rendimiento escolar en matemáticas.	Tecnología en general (sin especificar herramienta/s)	Los resultados reflejaron cambios positivos en el rendimiento escolar influidos por el uso eficaz de las TIC. Se demostró que el aprendizaje puede mejorarse gracias a las TIC, a menos que su uso no sea el adecuado.
Arís y Orcos (2019)	España Inglés	Estudiantes y profesores. Pre-experimental. Descriptivo.	Analizar el impacto de la robótica educativa (RE) sobre su impacto en el proceso de aprendizaje.	Robótica	Los resultados obtenidos permiten concluir que tanto profesores como alumnos consideran que este proyecto fomenta el interés y la curiosidad científica, así como las habilidades sociales a través del trabajo en equipo.

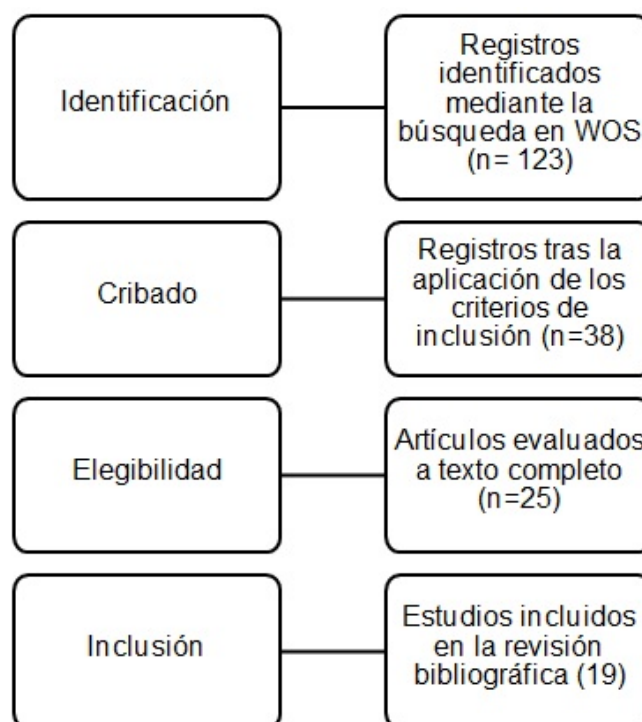
García-Martín y Cantón-Mayo (2019)	España Español	1488 estudiantes. Cuantitativo. Correlacional.	Analizar el uso que hacen los adolescentes de cinco herramientas (buscadores, wikis, blogs, podcasts y mensajería instantánea), y el impacto que el uso de estas herramientas tiene en su rendimiento académico en ciencias, matemáticas, lengua española e inglés.	Buscadores, wikis, blogs, podcast y mensajería instantánea	Los participantes utilizaron los buscadores y los wikis para realizar tareas académicas y los podcasts para entretenerse. Las mujeres obtuvieron un mejor rendimiento en las áreas lingüísticas y los hombres en las científicas. El uso de buscadores se asoció a un mejor rendimiento en ciencias, lengua española e inglés, mientras que el uso de podcasts se asoció a un mejor rendimiento en matemáticas.
Altanís, Retalis y Petropoulou (2018)	Grecia Inglés	22 estudiantes. Mixto. Descriptivo.	Analizar el efecto de la creación de juegos basados en el movimiento mediante la tecnología.	Cámaras	Los resultados indican que este enfoque puede aumentar la motivación de los estudiantes, reforzar su pensamiento computacional, mejorar su comprensión de los principios geométricos y mejorar sus habilidades sociales.
Beltrán y Rodríguez (2017)	España Español	15 alumnos. Cualitativo. Interpretativo.	Analizar el uso de impresoras 3D en la enseñanza de las matemáticas.	Impresoras 3D	El modelado y la impresión 3D contribuyen a la comprensión de los contenidos curriculares vinculados con los objetos y sus significados.

Fuente: Elaboración propia.

Atendiendo en primer lugar a las variables identificativas, es reseñable que, partiendo del rango de los últimos cinco años, la producción científica parece ir creciendo de manera progresiva. De este modo, hay un solo artículo de 2017 y de 2018, mientras que en el año 2020 hay 7 propuestas y, en el 2021, 5.

Por otro lado, la mayor parte de las investigaciones, dentro del ámbito comunitario, se contextualizan en España (12 de las 19 publicaciones), habiendo presencia de dos propuestas de Austria, mientras que con un estudio están países como Bulgaria, Italia, Portugal, Reino Unido y Grecia. Sin

Figura 1. Proceso de selección de documentos.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Variables de análisis.

Variables identificativas	
Fecha	Año de publicación
País	Contexto geográfico de la investigación
Autoría	Relación de autores y coautores
Idioma	Lengua en que se publica el artículo
Variables de contenido	
Muestra	Participantes del estudio
Diseño	Metodología implementada en el estudio
Objetivos	Fines que persigue el estudio
Tecnología	Herramienta digital utilizada
Resultados	Principales hallazgos del estudio

Fuente: Elaboración propia.

embargo, independientemente del contexto geográfico, la mayor parte de las publicaciones se realizan en lengua inglesa (13 de ellas), cinco en español y una en lengua portuguesa, respondiendo a las normas de publicación específicas de las revistas donde se publican.

Por último, en el caso de la autoría, es destacable que todos se realizan en coautoría (entre dos y cinco autores). Además, aunque con diferentes combinaciones, hay autores que están presentes en más de una propuesta, en cada uno de los dos contextos geográficos más habituales de las propuestas. De este modo, autores como Aris, Gómez-García, Hossein-Mohand, Hossein-Mohand, Orcos y Trujillo-Torres son autores de dos propuestas en el ámbito español (tres en el caso de Orcos), y Weinhandl y Lavicza comparten dos publicaciones en el contexto austríaco.

Si centramos la atención en el análisis del contenido de los artículos, la mayor parte de ellos toman como muestra a los estudiantes de Educación Secundaria, habiendo igualmente varios casos

donde los participantes son tanto éstos mismos como los docentes que imparten matemáticas. De este modo, se trata de obtener una perspectiva global y complementaria entre los diferentes agentes que participan en el proceso formativo. En relación con el tamaño de la muestra, hay bastante variabilidad, pudiendo encontrar desde un estudio de caso (PETROV y ATANASOVA, 2020), hasta estudios donde hay más de un millar de participantes, como los de Benítez, Sevillano y Vázquez (2019), García-Martín y Cantón-Mayo (2019), Gómez-García et al. (2020) y Hossein-Mohand et al. (2021), llegando a más de cinco mil en el caso de Gil-Quintana et al. (2020). Por otro lado, respecto al diseño de investigación utilizado, encontramos diversidad de enfoques, aunque predominan las aproximaciones cuantitativas. De este modo, encontramos diseños de pretest y postest (DEL CERRO y MORALES, 2021; HOSSEIN-MOHAND et al., 2021; PETROV y ATANASOVA, 2020; SILVA-DÍAZ; CARRILLO-ROSÚA y FERNÁNDEZ-PLAZA, 2021) que analizan la mejora de la competencia matemática tras la aplicación de la tecnología en el proceso, otros estudios que plantean análisis entre grupos (BENÍTEZ; SEVILLANO y VÁZQUEZ, 2019; LÓPEZ et al., 2019), otros de carácter correlacional, que abordan el impacto de otras variables en el aprendizaje, como los de Gil-Quintana et al. (2020) o Gómez-García et al. (2020) y algunos de corte descriptivo como los de Arís y Orcos (2019) o Iglesias, Pascual y Arteaga-Martínez (2020). En la aproximación más cualitativa, se encuentran estudios como los de Beltrán y Rodríguez (2017) o Weinhandl y Lavicza (2021), que les dotan de un abordaje centrado en la interpretación.

Los objetivos de las investigaciones se orientan principalmente hacia la comprobación del uso de tecnología para el aprendizaje de las matemáticas en general (si se utiliza algún tipo de herramienta digital para el desarrollo de destrezas matemáticas) o, las más comunes, hacia el análisis del impacto de alguna tecnología específica en el aprendizaje de las matemáticas. En el primer grupo (aquellas propuestas que estudian el uso o no de tecnologías), podemos encontrar los estudios de Hossein-Mohand et al. (2021) o Iglesias, Pascual y Arteaga-Martínez (2020), quienes analizan los cambios metodológicos asociados a las acciones formativas a raíz de la COVID-19, en términos de comunicación docente-discente y de uso de las TIC en los procesos de aprendizaje. También analizan la utilización genérica de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas Gómez-García et al. (2020) y Benítez, Sevillano y Vázquez (2019), constatando que se usan herramientas digitales por parte de los estudiantes o, en el caso contrario, confirmando su falta de conocimiento y uso por parte de los docentes (NUNES et al., 2020). Por otro lado, como apuntábamos anteriormente, son más numerosas las propuestas que evalúan el impacto de tecnologías específicas en las acciones formativas. En esta categoría, podemos igualmente distinguir dos tipos de estudios: los que se centran en el uso de software especializado en el desarrollo de competencias matemáticas o científicas, y los que analizan el impacto de otro tipo de tecnología. En el caso de los primeros, hay un especial interés por conocer la utilidad de *Geogebra* como herramienta metodológica (DEL CERRO y MORALES, 2021; WEINHANDL y LAVICZA, 2021; WEINHANDL; LAVICZA et al., 2021). También es destacable, por la naturaleza de la tecnología utilizada, que haya tres artículos vinculados al uso de la realidad aumentada (JESIONKOWSKA; WILD y DEVAL, 2020; PETROV y ATANASOVA, 2020) y la realidad virtual inmersiva (SILVA-DÍAZ; CARRILLO-ROSÚA y FERNÁNDEZ-PLAZA, 2021), así como uno asociado al uso de impresoras 3D (BELTRÁN y RODRÍGUEZ, 2017), otro que se vincula al uso de *Modellus* (NUNES et al., 2020) y otro sustentado en el uso de la robótica (ARÍS y ORCOS, 2019). En el último subgrupo de investigaciones, tendríamos aquellas que utilizan tecnología no especializada para el aprendizaje de las matemáticas. Este sería el caso de Gil-Quintana et al. (2020), quienes sustentan su estudio en el uso de *Youtube*; Curto et al. (2019), que evalúan el uso de *Kahoot*; López et al. (2019), con la implementación de una metodología *flipped learning*; o Altanis, Retalis y Petropoulou (2018), quienes evalúan el impacto del uso de cámaras. También estarían en este grupo las investigaciones de Jiménez et al. (2020), quienes utilizan diferentes metodologías (*escape room*, *Genial.ly* y *breakout*) y García-Martín y Cantón-Mayo (2019), que utilizan en su estudio buscadores, wikis, blogs, podcast y mensajería instantánea.

Por último, con relación a los resultados, pueden agruparse en dos grandes bloques: los relativos al rendimiento académico, y los que se asocian a otras cuestiones educativas. En el caso del impacto de la utilización de tecnología en el rendimiento académico en el área de matemáticas, aunque

uno de los estudios no evidencia correlación entre ambas cuestiones (DEL CERRO y MORALES, 2021), se constata de manera generalizada que las calificaciones de los estudiantes mejoran con su uso (BENÍTEZ; SEVILLANO y VÁZQUEZ, 2019; GIL-QUINTANA et al., 2020; GARCÍA-MARTÍN y CANTÓN-MAYO, 2019; GÓMEZ-GARCÍA et al., 2020; HOSSEIN-MOHAND et al., 2021). Parece haber consenso, igualmente, en que la utilización de la tecnología como herramienta metodológica favorece la comprensión de los contenidos curriculares asociados a esta área (BELTRÁN y RODRÍGUEZ, 2017; JESIONKOWSKA; WILD y DEVAL, 2020; JIMÉNEZ et al., 2020; PETROV y ATANASOVA, 2020). Por último, los resultados constatan que la integración de medios digitales en el área de matemáticas favorece el desarrollo de otras competencias, como el trabajo individual, la autonomía y la autorregulación (CURTO et al., 2019; WEINHANDL; LAVICZA et al., 2021) o las habilidades sociales y el trabajo cooperativo (ALTANIS; RETALIS y PETROPOULOU, 2018; IGLESIAS; PASCUAL y ARTEAGA-MARTÍNEZ, 2020; WEINHANDL y LAVICZA, 2021), favoreciendo del mismo modo la mejora de la motivación de los estudiantes frente a los procesos formativos (ARÍS y ORCOS, 2019; LÓPEZ et al., 2019; SILVA-DÍAZ; CARRILLO-ROSÚA y FERNÁNDEZ-PLAZA, 2021).

5 Conclusiones

La revisión sistemática de la literatura ha permitido identificar que, en los últimos cinco años, ha habido una producción científica reseñable sobre la utilización de tecnologías en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en Educación Secundaria, una tendencia al alza ya confirmada por estudios como el de Hillmayr et al. (2020). Este aumento de la producción científica responde no solamente a la innegable digitalización progresiva de los procesos formativos, sino a la situación derivada de la COVID-19, que ha supuesto la exploración de nuevos escenarios de aprendizaje desde los que diseñar, implementar y evaluar los procesos formativos desde el hogar. Aunque nuestro estudio se contextualiza en la Unión Europea por el alcance del proyecto al que se adscribe, la implementación de tecnología como respuesta a la pandemia en el área de matemáticas puede constatar en estudios en otros contextos geográficos como Arabia Saudí (ALABDULAZIZ, 2021), Franja de Gaza (MARBÁN et al., 2021), Singapur (TAY; LEE y RAMACHANDRAN, 2021) o Australia (ATTARD y HOLMES, 2020). Sería interesante, bajo esta perspectiva, poder analizar la tendencia durante los próximos años, a fin de poder vincular de manera más directa, la relación entre la pandemia y la producción científica en esta área.

Por otro lado, es reseñable que no se constata una correlación entre el país donde se evidencia una mayor producción científica (España) y los países donde, a tenor de los informes de la Comisión Europea (2019), se hace un mayor uso de la tecnología con fines formativos en Educación Secundaria (Dinamarca, Malta o Lituania entre otros).

Con relación al contenido de las propuestas analizadas, se concluye que se utilizan herramientas digitales de carácter diverso. Cuando se trata de software específico para el área matemática destaca *Geogebra*, en línea con las investigaciones previas (ALABDULAZIZ et al., 2021). No obstante, hay múltiples posibilidades para poder desarrollar las destrezas digitales mediante otros recursos como repositorios de vídeos, herramientas de evaluación o juegos en línea, poniendo de relieve la diversidad de opciones mediadas por tecnología para favorecer el aprendizaje de las matemáticas (LINO y CHAPARRO, 2022).

No obstante, es evidente que la utilización de la tecnología para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, a tenor de los resultados, contribuye a la mejora del proceso formativo. De este modo, se ha constatado su potencial para el rendimiento académico (ARDIÇ y İŞLEYEN, 2018; MARTÍNEZ-GARRIDO, 2018; ZULNAIDI; OKTAVIKA e HIDAYAT, 2019), el aprendizaje significativo (BIRGIN y ACAR, 2020; MOLINA; ADAMUZ y BRACHO, 2020; NIVELA et al., 2018) y la motivación de los estudiantes (FERNÁNDEZ-ENRÍQUEZ y DELGADO-MARTÍN, 2020; KRAMARENKO; PYLYPENKO y ZASELSKIY, 2019; RODRÍGUEZ-CUBILLO; DEL CASTILLO y ARTEAGA, 2021).

A pesar del consenso que denota la revisión realizada, sería interesante seguir desarrollando esta línea de trabajo mediante el análisis de este mismo fenómeno en otras etapas educativas, como la educación primaria, así como ampliar el estudio más allá de la Unión Europea para conocer la realidad en otros contextos geográficos. Por último, consideramos que sería relevante analizar cuál

es el papel que juegan aspectos como la formación del profesorado o la competencia digital docente (GUILLÉN-GÁMEZ; MAYORGA-FERNÁNDEZ; BRAVO-AGAPITO et al., 2021a; GUILLÉN-GÁMEZ; MAYORGA-FERNÁNDEZ y RAMOS, 2021b; LINDE-VALENZUELA; GUILLEN-GAMEZ y DEVITT, 2022) en la implementación de experiencias mediadas por tecnología para el aprendizaje de las matemáticas. De este modo, se podrían conocer algunas de las limitaciones que condicionan la puesta en marcha de este tipo de estrategias y desarrollar propuestas institucionales que favorecieran la incorporación de estas herramientas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

6 Agradecimientos

Este artículo forma parte del Proyecto Erasmus + IMAS (Increasing Mathematical Attainment in Schools), con referencia 2019-1-ES01-KA201-065104 (2019-2022), financiado por la Unión Europea.

Referencias

- ACAR, D.; TERTEMİZ, N. y TADEMİR, A. The effects of STEM training on the academic achievement of 4th graders in science and mathematics and their views on STEM training. *International Electronic Journal of Elementary Education*, v. 10, n. 4, p. 505-513, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26822/iejee.201843814>.
- ALABDULAZIZ, M. S. COVID-19 and the use of digital technology in mathematics education. en. *Education and Information Technologies*, v. 26, n. 6, p. 7609-7633, nov. 2021. ISSN 1360-2357, 1573-7608. DOI: 10.1007/s10639-021-10602-3. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s10639-021-10602-3>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- ALABDULAZIZ, M. S. et al. The effectiveness of the GeoGebra Programme in the development of academic achievement and survival of the learning impact of the mathematics among secondary stage students. en. *Education and Information Technologies*, v. 26, n. 3, p. 2685-2713, mayo 2021. ISSN 1360-2357, 1573-7608. DOI: 10.1007/s10639-020-10371-5. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s10639-020-10371-5>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- ALTANIS, I.; RETALIS, S. y PETROPOULOU, O. Systematic Design and Rapid Development of Motion-Based Touchless Games for Enhancing Students' Thinking Skills. en. *Education Sciences*, v. 8, n. 1, pág. 18, ene. 2018. ISSN 2227-7102. DOI: 10.3390/educsci8010018. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2227-7102/8/1/18>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- ARDIÇ, M. A. y İŞLEYEN, T. The Effect of Mathematics Instruction through Computer Algebra Systems on the Academic Achievements of Secondary Education Students: Turkey Example. *Journal of Education and e-Learning Research*, v. 5, n. 3, p. 165-173, 2018. ISSN 25180169, 24109991. DOI: 10.20448/journal.509.2018.53.165.173. Disponible en: <http://asianonlinejournals.com/index.php/JEELR/article/view/39>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- ARÍS, N. y ORCOS, L. Educational Robotics in the Stage of Secondary Education: Empirical Study on Motivation and STEM Skills. en. *Education Sciences*, v. 9, n. 2, pág. 73, abr. 2019. ISSN 2227-7102. DOI: 10.3390/educsci9020073. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-7102/9/2/73>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- ATTARD, C. y HOLMES, K. An exploration of teacher and student perceptions of blended learning in four secondary mathematics classrooms. en. *Mathematics Education Research Journal*, nov. 2020. ISSN 1033-2170, 2211-050X. DOI: 10.1007/s13394-020-00359-2. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s13394-020-00359-2>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- BANO, M. et al. Mobile learning for science and mathematics school education: A systematic review of empirical evidence. en. *Computers & Education*, v. 121, p. 30-58, jun. 2018. ISSN 03601315. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.02.006. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131518300381>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- BELTRÁN, P. y RODRÍGUEZ, C. Modelado e impresión en 3D en la enseñanza de las matemáticas: un estudio exploratorio. *ReiDoCrea: Revista electrónica de investigación Docencia Creativa*, p. 16-28, 2017. ISSN 2254-5883. DOI: 10.30827/Digibug.44193. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10481/44193>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- BENÍTEZ, L. M.; SEVILLANO, M. L. y VÁZQUEZ, E. Effects on academic performance in secondary students according to the use of ICT. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, n. 12, p. 90-108, jun. 2019. ISSN 2386-4303. DOI: 10.46661/ijeri.4045. Disponible en: <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/4045>. Acceso en: 19 ago. 2022.

- BIRGIN, O. y ACAR, H. The effect of computer-supported collaborative learning using GeoGebra software on 11th grade students' mathematics achievement in exponential and logarithmic functions. en. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, v. 53, n. 4, p. 872-889, abr. 2020. ISSN 0020-739X, 1464-5211. DOI: 10.1080/0020739X.2020.1788186. Disponible en: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0020739X.2020.1788186>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- BOGDAN, R. y GARCÍA-CARMONA, A. «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, v. 39, n. 1, p. 65-80, mar. 2021. ISSN 2174-6486, 0212-4521. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.3093. Disponible en: <<https://ensciencias.uab.cat/article/view/v39-n1-toma-garcia>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- COLOMO, E. et al. Percepción de estudiantes sobre el uso del videoblog como recurso digital en educación superior. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, n. 58, 2020. ISSN 11338482, 21717966. DOI: 10.12795/pixelbit.74358. Disponible en: <<https://institucional.us.es/revistas/PixelBit/2020/74358.pdf>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- COMISIÓN EUROPEA. *Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente*. es. [S.l.], dic. 2006. Disponible en: <<http://data.europa.eu/eli/reco/2006/962/oj/spa>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- COMISIÓN EUROPEA. *2nd survey of schools: ICT in education : objective 1 : benchmark progress in ICT in schools, final report*. LU: Publications Office, 2019. Disponible en: <<https://data.europa.eu/doi/10.2759/23401>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- COMISIÓN EUROPEA. *Recommended annual instruction time in full-time compulsory education in Europe, 2020/21*. LU: Publications Office of the European Union, 2021. ISBN 9789294846068. Disponible en: <<https://data.europa.eu/doi/10.2797/14312>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- CONSEJO EUROPEO. *Recomendación del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente*. [S.l.: s.n.], jun. 2018. Disponible en: <[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)&from=SV](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=SV)>.
- CUEVAS, N. et al. Flipped classroom en tiempos de COVID-19: una perspectiva transversal. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, n. 15, p. 326-341, dic. 2020. ISSN 2386-4303. DOI: 10.46661/ijeri.5439. Disponible en: <<https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/5439>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- CURTO, M. et al. Student Assessment of the Use of Kahoot in the Learning Process of Science and Mathematics. en. *Education Sciences*, v. 9, n. 1, pág. 55, mar. 2019. ISSN 2227-7102. DOI: 10.3390/educsci9010055. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2227-7102/9/1/55>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- DEL CERRO, F. y MORALES, G. Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions: A Study for the Development of Spatial Intelligence in Secondary Education Students. en. *Mathematics*, v. 9, n. 4, pág. 369, feb. 2021. ISSN 2227-7390. DOI: 10.3390/math9040369. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2227-7390/9/4/369>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- DÍAZ, J. E. Aprendizaje de las Matemáticas con el uso de Simulación. *Sophia*, v. 14, n. 1, p. 22-30, abr. 2018. ISSN 2346-0806, 1794-8932. DOI: 10.18634/sophiaj.14v.1i.519. Disponible en: <<https://revistas.ugca.edu.co/index.php/sophia/article/view/519>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- DIEGO-MANTECÓN, J. M.; BLANCO, T. et al. STEAM projects with KIKS format for developing key competences. es. *Comunicar*, v. 66, n. 29, p. 33-43, ene. 2021. ISSN 1134-3478, 1988-3293. DOI: 10.3916/C66-2021-03. Disponible en: <<https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=detalles&numero=66&articulo=66-2021-03>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- DIEGO-MANTECÓN, J. M.; GARCÍA-PIQUERAS, M. et al. Problemas en contextos reales para trabajar las matemáticas - Plataforma STEMforYouth. *Sociedad de la Información*, v. 58, p. 29-38, 2018.
- FERNÁNDEZ-ENRÍQUEZ, R. y DELGADO-MARTÍN, L. Augmented Reality as a Didactic Resource for Teaching Mathematics. en. *Applied Sciences*, v. 10, n. 7, pág. 2560, abr. 2020. ISSN 2076-3417. DOI: 10.3390/app10072560. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/7/2560>>. Acceso en: 19 ago. 2022.

- GARCÍA, M. D. M.; ROMERO, I. M. y GIL, F. Efectos de trabajar con GeoGebra en el aula en la relación afecto-cognición. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, v. 39, n. 3, p. 177-198, ago. 2021. ISSN 2174-6486, 0212-4521. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.3299. Disponible en: <<https://ensciencias.uab.cat/article/view/v39-n3-garcia-romero-gil>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- GARCÍA-MARTÍN, S. y CANTÓN-MAYO, I. Use of technologies and academic performance in adolescent students. es. *Comunicar*, v. 59, n. 27, p. 73-81, abr. 2019. ISSN 1134-3478, 1988-3293. DOI: 10.3916/C59-2019-07. Disponible en: <<https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=detalles&numero=59&articulo=59-2019-07>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- GIL-QUINTANA, J. et al. Learning Leaders: Teachers or Youtubers? Participatory Culture and STEM Competencies in Italian Secondary School Students. en. *Sustainability*, v. 12, n. 18, pág. 7466, sep. 2020. ISSN 2071-1050. DOI: 10.3390/su12187466. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7466>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- GÓMEZ-GARCÍA, M. et al. Technological Factors That Influence the Mathematics Performance of Secondary School Students. en. *Mathematics*, v. 8, n. 11, pág. 1935, nov. 2020. ISSN 2227-7390. DOI: 10.3390/math8111935. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2227-7390/8/11/1935>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- GONZÁLES, A. Integración de las tecnologías digitales en el área de matemática a través del Proyecto MILAGE. In: ACTAS XVIII Congreso Internacional de Investigación Educativa: Interdisciplinaridad y transferencia. [S.l.: s.n.], 2017. P. 171-179.
- GUILLÉN-GÁMEZ, F. D.; ÁLVAREZ-GARCÍA, F.J. y MALDONADO, I. Digital tablets in the music classroom: A study about the academic performance of students in the BYOD context. en. *Journal of Music, Technology & Education*, v. 11, n. 2, p. 171-182, sep. 2018. ISSN 1752-7066, 1752-7074. DOI: 10.1386/jmte.11.2.171_1. Disponible en: <https://www.ingentaconnect.com/content/10.1386/jmte.11.2.171_1>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- GUILLÉN-GÁMEZ, F. D.; MAYORGA-FERNÁNDEZ, M. J.; BRAVO-AGAPITO, J. et al. Analysis of Teachers' Pedagogical Digital Competence: Identification of Factors Predicting Their Acquisition. en. *Technology, Knowledge and Learning*, v. 26, n. 3, p. 481-498, 2021a. ISSN 2211-1662, 2211-1670. DOI: 10.1007/s10758-019-09432-7. Disponible en: <<https://link.springer.com/10.1007/s10758-019-09432-7>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- GUILLÉN-GÁMEZ, F. D.; MAYORGA-FERNÁNDEZ, M. J. y RAMOS, M. Examining the Use Self-perceived by University Teachers about ICT Resources: Measurement and Comparative Analysis in a One-way ANOVA Design. *Contemporary Educational Technology*, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2021b. ISSN 1309517X. DOI: 10.30935/cedtech/8707. Disponible en: <<https://www.cedtech.net/article/examining-the-use-self-perceived-by-university-teachers-about-ict-resources-measurement-and-8707>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- HILLMAYR, D. et al. The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. en. *Computers & Education*, v. 153, pág. 103897, ago. 2020. ISSN 03601315. DOI: 10.1016/j.compedu.2020.103897. Disponible en: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131520300968>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- HOSSEIN-MOHAND, H. et al. Uses and Resources of Technologies by Mathematics Students Prior to COVID-19. en. *Sustainability*, v. 13, n. 4, pág. 1630, feb. 2021. ISSN 2071-1050. DOI: 10.3390/su13041630. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/1630>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- IGLESIAS, L. M.; PASCUAL, I. y ARTEAGA-MARTÍNEZ, B. El aprendizaje del álgebra en Educación Secundaria: las estrategias metacognitivas desde la tecnología digital. es. *Dialogia*, n. 36, p. 49-72, dic. 2020. ISSN 1983-9294. DOI: 10.5585/dialogia.n36.18279. Disponible en: <<https://periodicos.uninove.br/dialogia/article/view/18279>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- JESIONKOWSKA, J.; WILD, F. y DEVAL, Y. Active Learning Augmented Reality for STEAM Education—A Case Study. en. *Education Sciences*, v. 10, n. 8, pág. 198, ago. 2020. ISSN 2227-7102. DOI: 10.3390/educsci10080198. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2227-7102/10/8/198>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- JIMÉNEZ, C. et al. Digital Escape Room, Using Genial.Ly and A Breakout to Learn Algebra at Secondary Education Level in Spain. en. *Education Sciences*, v. 10, n. 10, pág. 271, oct. 2020. ISSN 2227-7102. DOI: 10.3390/educsci10100271. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2227-7102/10/10/271>>. Acceso en: 19 ago. 2022.

- JUÁREZ, J. A.; CHAMOSO, J. M. y GONZÁLEZ, M. T. Interacción en foros virtuales al integrar modelización matemática para formar ingenieros. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, v. 38, n. 3, p. 161-178, nov. 2020. ISSN 2174-6486, 0212-4521. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.3041. Disponible en: <<https://ensciencias.uab.cat/article/view/v38-n2-juarez-chamoso-gonzalez>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- KIM, H. y KE, F. Effects of game-based learning in an OpenSim-supported virtual environment on mathematical performance. en. *Interactive Learning Environments*, v. 25, n. 4, p. 543-557, mayo 2017. ISSN 1049-4820, 1744-5191. DOI: 10.1080/10494820.2016.1167744. Disponible en: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2016.1167744>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- KRAMARENKO, T. H.; PYLYPENKO, O. S. y ZASELSKIY, V. Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching. *Educational Dimension*, v. 1, n. 53, p. 199-218, dic. 2019. ISSN 27084612, 27084604. DOI: 10.31812/educdim.v53i1.3843. Disponible en: <<https://journal.kdpu.edu.ua/ped/article/view/3843>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- LINDE-VALENZUELA, T.; GUILLEN-GAMEZ, F. D. y DEVITT, A. Digital Literacy of Teachers, Families, and Students for Virtual Participation in School: A Multiple Comparison Analysis. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, v. 17, n. 1, p. 1-8, feb. 2022. ISSN 1932-8540, 2374-0132. DOI: 10.1109/RITA.2022.3149800. Disponible en: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9706454/>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- LINO, M. y CHAPARRO, R. Revisión sistemática del uso de tecnología para la enseñanza-aprendizaje de la estadística. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, v. 12, p. 175-199, 2022. ISSN 2529-9638. DOI: 10.6018/riite.501531. Disponible en: <<https://revistas.um.es/riite/article/view/501531>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- LÓPEZ, J. et al. Formative Transcendence of Flipped Learning in Mathematics Students of Secondary Education. en. *Mathematics*, v. 7, n. 12, p. 12-26, dic. 2019. ISSN 2227-7390. DOI: 10.3390/math7121226. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2227-7390/7/12/1226>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- MAASS, K. et al. The Role of Mathematics in interdisciplinary STEM education. en. *Mathematics Education*, v. 51, n. 6, p. 869-884, nov. 2019. ISSN 1863-9690, 1863-9704. DOI: 10.1007/s11858-019-01100-5. Disponible en: <<http://link.springer.com/10.1007/s11858-019-01100-5>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- MARBÁN, J. M. et al. Primary and Secondary Students' Usage of Digital Platforms for Mathematics Learning during the COVID-19 Outbreak: The Case of the Gaza Strip. en. *Mathematics*, v. 9, n. 2, pág. 110, ene. 2021. ISSN 2227-7390. DOI: 10.3390/math9020110. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2227-7390/9/2/110>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- MARTÍNEZ-GARRIDO, C. Impacto del uso de los recursos tecnológicos en el rendimiento académico. *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, v. 4, n. 2, p. 138-149, nov. 2018. ISSN 2444-2925. DOI: 10.24310/innoeduca.2018.v4i2.4956. Disponible en: <<https://revistas.uma.es/index.php/innoeduca/article/view/4956>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- MENJIVAR, E. et al. Revisión de la producción científica sobre la Realidad Virtual entre 2016 y 2020 a través de Scopus y WOS. *EDMETIC*, v. 10, n. 2, p. 26-55, jul. 2021. ISSN 2254-0059. DOI: 10.21071/edmetic.v10i2.13422. Disponible en: <<https://www.uco.es/ucopress/ojs/index.php/edmetic/article/view/13422>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- MOLINA, Á.; ADAMUZ, N. y BRACHO, R. La resolución de problemas basada en el método de Polya usando el pensamiento computacional y Scratch con estudiantes de Educación Secundaria. *Aula Abierta*, v. 49, n. 1, p. 83-90, mayo 2020. ISSN 0210-2773, 2341-2313. DOI: 10.17811/rifie.49.1.2020.83-90. Disponible en: <<http://www.unioviado.es/reunido/index.php/AA/article/view/13145>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- MUÑANTE-TOLEDO, M. F. et al. Geogebra Software in Mathematical Skills of High School Students: Systematic Review. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, v. 12, n. 6, p. 4164-4172, 2021.
- NIVELA, M. et al. Diseño de software interactivo en las matemáticas. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, v. 3, p. 27-31, 2018. ISSN 2528-8083, 2528-8083. DOI: 10.26910/issn.2528-8083vol3issCITT2017.2018pp27-31. Disponible en: <<https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/402>>. Acceso en: 19 ago. 2022.

- NUNES, P. S. et al. Fatores que Influenciam o Uso de Software Educativo no Ensino de Matemática. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, v. 18, n. 3, p. 113-129, jun. 2020. ISSN 1696-4713. DOI: 10.15366/reice2020.18.3.006. Disponible en: <https://revistas.uam.es/reice/article/view/reice2020_18_3_006>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- PELLAS, N.; MYSTAKIDIS, S. y CHRISTOPOULOS, A. A Systematic Literature Review on the User Experience Design for Game-Based Interventions via 3D Virtual Worlds in K-12 Education. en. *Multimodal Technologies and Interaction*, v. 5, n. 6, pág. 28, mayo 2021. ISSN 2414-4088. DOI: 10.3390/mti5060028. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2414-4088/5/6/28>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- PETROV, P. D. y ATANASOVA, T. V. The Effect of Augmented Reality on Students' Learning Performance in Stem Education. en. *Information*, v. 11, n. 4, pág. 209, abr. 2020. ISSN 2078-2489. DOI: 10.3390/info11040209. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2078-2489/11/4/209>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- RODRÍGUEZ-CUBILLO, M. D. R.; DEL CASTILLO, H. y ARTEAGA, B. El uso de aplicaciones móviles en el aprendizaje de las matemáticas: una revisión sistemática. *ENSAYOS. Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, v. 36, n. 1, p. 17-34, jun. 2021. ISSN 21719098. DOI: 10.18239/ensayos.v36i1.2631. Disponible en: <<https://revista.uclm.es/index.php/ensayos/article/view/2631>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- SÁNCHEZ, G. M. y VARGAS, C. J. Uso del blog para el desarrollo de la capacidad de comunicación matemática en la Educación Secundaria. es. *Revista Complutense de Educación*, v. 27, n. 3, p. 1327-1350, feb. 2016. ISSN 1988-2793. DOI: 10.5209/rev_RCED.2016.v27.n3.48462. Disponible en: <<https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/48462>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- SILVA-DÍAZ, F.; CARRILLO-ROSÚA, J. y FERNÁNDEZ-PLAZA, J. A. Uso de tecnologías inmersivas y su impacto en las actitudes científico-matemáticas del estudiantado de Educación Secundaria Obligatoria en un contexto en riesgo de exclusión social. *Educación*, v. 57, n. 1, p. 119-138, ene. 2021. ISSN 2014-8801, 0211-819X. DOI: 10.5565/rev/educar.1136. Disponible en: <<https://educar.uab.cat/article/view/v57-n1-silva-carrillo-fernandez>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- TAY, L. Y.; LEE, S. S. y RAMACHANDRAN, K. Implementation of Online Home-Based Learning and Students' Engagement During the COVID-19 Pandemic: A Case Study of Singapore Mathematics Teachers. en. *The Asia-Pacific Education Researcher*, v. 30, n. 3, p. 299-310, jun. 2021. ISSN 0119-5646, 2243-7908. DOI: 10.1007/s40299-021-00572-y. Disponible en: <<https://link.springer.com/10.1007/s40299-021-00572-y>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- URRÚTIA, G. y BONFILL, X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. es. *Medicina Clínica*, v. 135, n. 11, p. 507-511, oct. 2010. ISSN 00257753. DOI: 10.1016/j.medcli.2010.01.015. Disponible en: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025775310001454>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- VALVERDE-CRESPO, D.; PRO-BUENO, A. y GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, J. La competencia informacional-digital en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria obligatoria actual: una revisión teórica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, v. 15, n. 2, p. 1-15, 2018. ISSN 1697011X. DOI: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2105. Disponible en: <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/4193/3869>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- WEINHANDL, R. y LAVICZA, Z. Real-World Modelling to Increase Mathematical Creativity. *Journal of Humanistic Mathematics*, v. 11, n. 1, p. 265-299, ene. 2021. ISSN 21598118. DOI: 10.5642/jhummath.202101.13. Disponible en: <<http://scholarship.claremont.edu/jhm/vol11/iss1/13/>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- WEINHANDL, R.; LAVICZA, Z. et al. A look over students' shoulders when learning mathematics in home-schooling. en. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, p. 1-21, abr. 2021. ISSN 0020-739X, 1464-5211. DOI: 10.1080/0020739X.2021.1912423. Disponible en: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0020739X.2021.1912423>>. Acceso en: 19 ago. 2022.
- ZULNAIDI, H.; OKTAVIKA, E. e HIDAYAT, R. Effect of use of GeoGebra on achievement of high school mathematics students. en. *Education and Information Technologies*, v. 25, n. 1, p. 51-72, ene. 2019. ISSN 1360-2357, 1573-7608. DOI: 10.1007/s10639-019-09899-y. Disponible en: <<http://link.springer.com/10.1007/s10639-019-09899-y>>. Acceso en: 19 ago. 2022.

Contribuciones de los autores

Vicente Gabarda Méndez: Conceptualización, formal analysis, Metodología, Recursos, Redacción – borrador original; **Ernesto Colomo Magaña:** Conceptualización, Validación, Redacción – borrador original, Redacción – Revisión y edición; **Julio Ruiz Palmero:** Adquisición de financiamiento, Administración de proyectos, Supervisión; **Andrea Cívico Ariza:** Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Redacción – borrador original.