

El uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática

Jefferson Monroy Andrade

Candidato a doctor en Educación por la Universidad San Buenaventura (Cali, Colombia)
jeffersonmonroyandrade@gmail.com | <https://orcid.org/0009-0003-3843-7873>

Extracto

El uso de las tecnologías en la educación matemática es un tema de creciente interés debido a sus múltiples tipologías y tendencias. Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas. Utilizando el modelo PRISMA (*preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*), se examina la evidencia disponible (2018-2023) sobre la inclusión del uso de las tecnologías en la enseñanza de las matemáticas y la importancia de considerar aspectos como la selección de la tecnología adecuada, la evaluación de su impacto, la importancia del enfoque pedagógico y su influencia sobre la retroalimentación, colaboración y motivación en la educación matemática. Los resultados muestran que tecnologías como el metaverso y su composición con la realidad virtual y aumentada tienen mayor acogida en la educación matemática debido a su interactividad en el estudio de los objetos y conceptos matemáticos. Por el contrario, tecnologías como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático requieren de un análisis de su evidencia empírica durante los próximos años para poder determinar su verdadera influencia e impacto. Por último, se considera que el uso de la tecnología no pretende sustituir al profesor, sino convertirse en una oportunidad para reflexionar sobre la pertinencia de la formación integral del ser humano.

Palabras clave: revisión sistemática; metodología PRISMA (*preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*); nuevas tecnologías; educación matemática; tendencias; tipologías; modelación; plataformas en línea; dispositivos móviles; aplicaciones; juegos; gamificación; metaverso; inteligencia artificial.

Recibido: 13-05-2023 | Aceptado: 21-12-2023 | Publicado: 06-05-2024

Cómo citar: Monroy Andrade, J. (2024). El uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 115-140. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18987>

The use of new technologies in mathematics education: a systematic review

Jefferson Monroy Andrade

Candidato a doctor en Educación por la Universidad San Buenaventura (Cali, Colombia)

jeffersonmonroyandrade@gmail.com | <https://orcid.org/0009-0003-3843-7873>

Abstract

The use of technologies in mathematics education is a topic of growing interest due to its multiple typologies and trends. This article presents a systematic review of the literature on the use of new technologies in mathematics teaching. Using the PRISMA model (preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses), the available evidence (2018-2023) is examined on the inclusion of the use of technologies in mathematics teaching and the importance of considering aspects such as the selection of the appropriate technology, the evaluation of its impact, the importance of the pedagogical approach, and its influence on feedback, collaboration and motivation in mathematics education. The results show that technologies such as the metaverse and its composition with virtual and augmented reality are more popular in mathematics education due to their interactivity in the study of mathematical objects and concepts. On the contrary, technologies such as artificial intelligence and machine learning require an analysis of their empirical evidence over the next few years to determine their true influence and impact. Finally, it is considered that the use of technology is not intended to replace the teacher but as a possibility to rethink human education.

Keywords: systematic review; PRISMA methodology (preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses); new technologies; mathematics education; trends; typologies; modeling; online platforms; mobile devices; applications; games; gamification; metaverse; artificial intelligence.

Received: 13-05-2023 | Accepted: 21-12-2023 | Published: 06-05-2024

Citation: Monroy Andrade, J. (2024). The use of new technologies in mathematics education: a systematic review. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 115-140. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18987>



Sumario

1. Introducción
 2. Objetivo
 3. Método
 4. Resultados
 - 4.1. Simulación, modelación y visualización
 - 4.2. Herramientas de *software* matemático y programación
 - 4.3. Plataformas de aprendizaje en línea
 - 4.4. Dispositivos móviles y aplicaciones
 - 4.5. Juegos y gamificación
 - 4.6. Realidad aumentada, realidad virtual y metaverso
 - 4.7. Inteligencia artificial y aprendizaje automático
 5. Discusión
 6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Nota: el autor del artículo declara que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes.

1. Introducción

El uso de la tecnología en la educación ha tenido un impacto significativo en el aprendizaje. En este sentido, la educación matemática no es una excepción. Los avances en la tecnología han permitido la creación de herramientas innovadoras que mejoran el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como el estudio de objetos matemáticos. En este artículo de revisión sistemática de la literatura, se exploran las tendencias tecnológicas actuales en relación con su uso en la educación matemática. También se identifican brechas de investigación relacionadas con el impacto y la efectividad de estas herramientas en el aprendizaje de las matemáticas.

Este artículo se deriva de un proyecto de investigación doctoral titulado «Descolonización del uso educativo de las tecnologías en la enseñanza de las matemáticas desde una perspectiva socioepistémica», cuya tesis de investigación se enmarca en la posibilidad de reflexionar críticamente sobre cómo el uso de las tecnologías ha sido moldeado por las relaciones de poder y las jerarquías culturales, lo cual repercute en la enseñanza de las matemáticas y en la promoción del diálogo entre saberes, conocimientos y prácticas culturales. El artículo presenta una ampliación del estado del arte en este campo de investigación a partir de una revisión sistemática de la literatura.

Utilizando el modelo PRISMA, se examina la evidencia disponible (2018-2023) sobre el uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. Se consideran varios aspectos: la selección de tecnología apropiada, la evaluación de su impacto y efectividad, la importancia de un enfoque pedagógico apropiado, la retroalimentación y la adaptación, así como el papel de la colaboración en el proceso de aprendizaje.

Los hallazgos indican que la integración de la tecnología puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes y promover el aprendizaje personalizado y efectivo. Sin embargo, aún quedan preguntas sin respuesta relacionadas con la selección y adaptación de tecnologías específicas, con los enfoques pedagógicos más efectivos, con el diseño de plataformas de aprendizaje en línea, con el uso de dispositivos y aplicaciones móviles, con la incorporación de realidad virtual y aumentada, con el diseño de juegos y estrategias de gamificación y con la evaluación de la efectividad de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la personalización de la educación matemática.

2. Objetivo

El presente artículo tiene como objetivo fundamental realizar una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas con el fin de identificar las tipologías, las tendencias y las preguntas investigativas sin respuesta.

3. Método

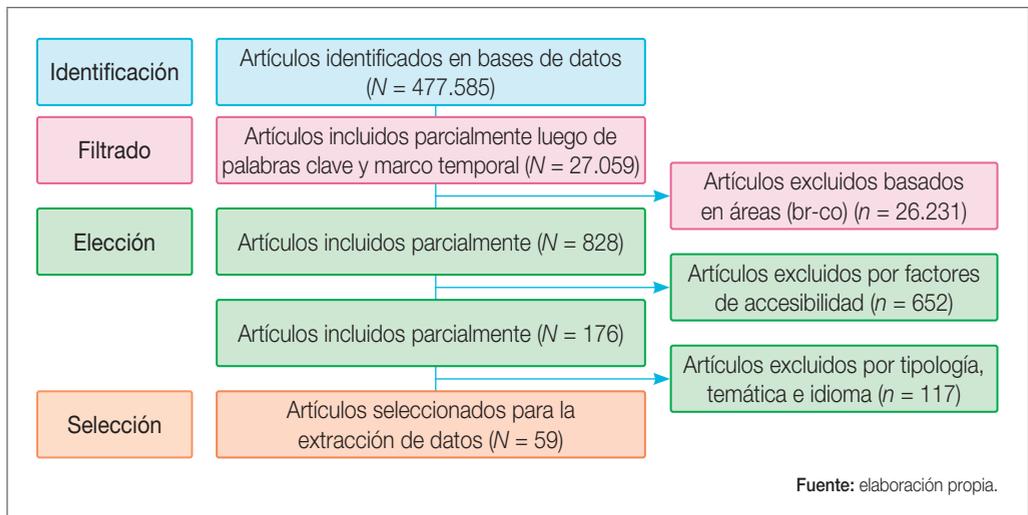
El artículo de revisión sistemática pretende examinar minuciosamente y con rigor toda la documentación científica disponible sobre un tema concreto con el propósito de proporcionar una síntesis completa y objetiva de la evidencia disponible (Moher *et al.*, 2009). A partir del diseño del modelo PRISMA y de los elementos y pasos que lo componen (Page *et al.*, 2021), se realizó la revisión sistemática orientada por la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las diferentes tipologías, tendencias y preguntas investigativas sin respuesta que dan cuenta del uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas?

La búsqueda de referentes bibliográficos siguió la siguiente ecuación de búsqueda: («tecnología» o «nuevas tecnologías» o «tendencias» o «tecnologías» o «*technology*» o «*technologies*») y («educación» o «enseñanza» o «aprendizaje» o «ensino»¹ o «*education*») y («matemáticas» o «matemática» o «*mathematics*»), delimitado a los años 2018-2023. Además, los factores de inclusión bibliográfica fueron artículos como resultado de investigación, tesis doctorales y trabajos de grado en español, inglés y portugués, procedentes de bases de datos como Scopus, Springer, EBSCO, Eric, Redalyc, Scielo, DOAJ y Google Scholar.

En particular, se ha adoptado y adaptado el diagrama de PRISMA, el cual consta de cuatro fases: identificación, filtrado (o cribado), elegibilidad e inclusión (González de Dios *et al.*, 2011).

Figura 1. Diagrama PRISMA



¹ *Ensino* significa «enseñanza» en portugués.

4. Resultados

A partir de la revisión sistemática de investigaciones se han identificado diversas tendencias en cuanto al uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza y en el aprendizaje de las matemáticas, las cuales se detallan a continuación.

4.1. Simulación, modelación y visualización

La «simulación» es una técnica que consiste en imitar la operación y funcionalidad de varios procesos utilizando un computador con el fin de determinar los resultados y las características que se esperan en la realidad (Giraldo-Torres *et al.*, 2008). En el contexto de la educación matemática (Bautista Sosa, 2022), se definen como objetos de aprendizaje a través de *software* que intentan modelar parte de la realidad. El propósito es que el estudiante construya conocimiento mediante la exploración, la inferencia y el aprendizaje.

Para Bautista Sosa (2022), la función didáctica de los simuladores está asociada a la capacidad de fortalecer las habilidades en la resolución de problemas y el desarrollo de habilidades científicas como resultado del estudio de las causas y efectos de los fenómenos. Además, resalta que el uso de simuladores en la enseñanza de las matemáticas es valioso al ofrecer formas prácticas y atractivas de aprender y experimentar con conceptos matemáticos abstractos, como, por ejemplo, el concepto de «número», facilitando su comprensión en la contextualización.

Lo anterior establece una base fundamental con el propósito de desarrollar nuevas estrategias pedagógicas y de evaluación, más efectivas y adaptadas a las necesidades de los estudiantes. Para ello, se hace necesario reconocer múltiples simuladores virtuales, como manifiesta Guanotuña Balladares *et al.* (2023), resaltando el uso creciente del simulador virtual PHET.

Este simulador se distingue como una herramienta altamente efectiva en el aprendizaje de las matemáticas gracias a la amplia variedad de aplicaciones disponibles en línea que hacen posible no solo considerar su influencia en el desarrollo de habilidades asociadas a la resolución de problemas matemáticos, sino que además permite, a partir de las experiencias de aprendizaje, la generación de nuevos conceptos y una evaluación continua a lo largo del proceso educativo.

Un aspecto importante dentro de la simulación es poder considerar la «visualización» y su papel fundamental en la educación matemática al permitir la formulación de preguntas a partir de los cambios identificados en las representaciones gráficas. Dicho de otro modo, la visualización en matemáticas es una herramienta esencial para el estudio y la caracterización de objetos matemáticos, tal como destaca González Hernández *et al.* (2021).

Este aspecto de la visualización se resalta como un componente clave en la educación matemática, ya que fortalece el proceso de resolución de problemas y promueve la participación de los estudiantes en clase, gracias al uso de los ambientes tecnológicos. Además, permite la comprensión de conceptos abstractos, como muestran los resultados de las investigaciones que destacan cómo el uso de herramientas visuales (gráficos y diagramas) mejora el entendimiento y la solución de problemas matemáticos (Gutiérrez Zuluaga *et al.*, 2020).

Por tanto, resulta relevante el enfoque de Tatiana Cox *et al.* (2022) en la selección adecuada de herramientas y tecnologías en la enseñanza de las matemáticas, destacando especialmente el uso de simuladores, modeladores y herramientas de visualización virtuales.

Estas herramientas han demostrado su efectividad en la comprensión de conceptos matemáticos que emergen en la solución de problemáticas cotidianas, al tiempo que contribuyen al incremento de la motivación a partir de su uso.

En esa misma línea, la «modelación» matemática involucra la representación simbólica de situaciones y fenómenos utilizando herramientas matemáticas para facilitar su comprensión y resolución (Bentancor Biagas, 2022). Además, brinda a los estudiantes la oportunidad de interactuar con su entorno social, cultural, físico y tecnológico, y les permite desarrollar habilidades para la resolución de problemas, el análisis de datos y la toma de decisiones (Ramón y Vilchez, 2019).

Villarreal y Mina (2020) resaltan la importancia de la modelación matemática como un enfoque educativo de las matemáticas debido a su relación con la tecnología y los fenómenos contextuales. De tal forma que De la Cruz Campos *et al.* (2022) destacan el uso de la impresión 3D en la educación como una particularidad o aplicación de la modelación, destacando numerosos beneficios que influyen en el aprendizaje. Entre los beneficios destaca el incremento de la motivación y el interés por aprender, la experimentación manipulativa y las habilidades mecánicas, espaciales y de pensamiento. Todos estos elementos claves contribuyen al proceso del aprendizaje significativo y, en el caso de las matemáticas, favorecen el estudio de los objetos matemáticos.

Un aspecto adicional que fortalece la modelación matemática, según manifiestan Ramón y Vilchez (2019), es su importancia en la formación de los futuros profesores de matemáticas y en el aprendizaje de los estudiantes de las zonas rurales.

Este enfoque se enmarca en el campo de interés de la modelación situada, tal como lo describen Villa-Ochoa *et al.* (2022), pues orienta a los estudiantes a interactuar directamente con su entorno y a la utilización de recursos digitales para desarrollar habilidades matemáticas asociadas a la resolución de problemas, a la representación, a la elaboración y a la recreación de conceptos, así como al diseño y a la modelación de situaciones contextuales.

4.2. Herramientas de *software* matemático y programación

Otros tipos de tecnologías utilizadas para la enseñanza de las matemáticas son aquellas que se basan en el uso de *softwares* matemáticos en línea y de los lenguajes de programación. Un ejemplo de estos *softwares* es GeoGebra, que permite la caracterización analítica y geométrica de los objetos matemáticos. En cuanto a los lenguajes de programación, destaca Scratch, que utiliza bloques para desarrollar programación educativa y robótica, lo que permite materializar, a partir de las aplicaciones, las concepciones matemáticas.

Bajo esta premisa, es fundamental destacar que el *software* matemático GeoGebra es reconocido por ser la tecnología digital más empleada, superando a otras tecnologías tales como Régua e Compasso, Compasso Eletrônico, Meplot Free, Winplot, Excel, Prezi, videojuegos y blogs (*homepage*) (Sánchez *et al.*, 2021). Esto se debe a las amplias posibilidades que ofrece GeoGebra en cuanto al análisis geométrico dinámico y algebraico de múltiples representaciones semióticas, como gráficos cartesianos, tablas de valores y figuras geométricas (Andrés *et al.*, 2021). Además, GeoGebra destaca como una herramienta tecnológica que fomenta la experimentación, la contextualización, la formulación de hipótesis y la argumentación entre los estudiantes (Oliveira García *et al.*, 2021).

Flores Cuevas *et al.* (2021) explican la importancia de GeoGebra como estrategia de enseñanza en la educación tradicional debido a los resultados positivos en el desarrollo del pensamiento espacial y crítico. Específicamente, subrayan su capacidad para generar concepciones geométricas que difícilmente se alcanzan en los métodos tradicionales, como el empleado con el uso del papel y el lápiz, y destacan, además, su contribución al desarrollo de competencias necesarias para el buen vivir a través del estudio de los fenómenos que conforman su realidad cotidiana. Adicionalmente, Aguirre Arrabal *et al.* (2022) permiten considerar las fortalezas sobre escenarios no tradicionales de la educación, como los dispuestos por la plataforma virtual Blackboard y su sistema de gestión de aprendizaje (*learning management system* [LMS]). Estos escenarios centran el desarrollo de la enseñanza y el aprendizaje a través de videoconferencias, donde GeoGebra se convierte en una de las principales herramientas utilizadas entre los docentes debido a que favorece al trabajo autónomo de los estudiantes en este tipo de escenarios.

Por otra parte, es claro que la implementación de GeoGebra en el aula ofrece ventajas significativas para la enseñanza de las matemáticas. Sin embargo, su uso requiere un alto grado de responsabilidad y compromiso por parte de los docentes, debido a que no todos logran adquirir las suficientes competencias que les permitan innovar en su experiencia tecnológica ni en su práctica educativa (Valbuena Duarte *et al.*, 2021).

Según Nunes *et al.* (2020), Padilla Escorcía *et al.* (2022) y Pereira Zorzín y Gomes da Silva (2022), resulta fundamental que los profesores, independientemente de su edad o género, reciban una formación adecuada en el uso de recursos tecnológicos en la enseñanza de las matemáticas y que continúen investigando y refinando sus conocimientos en relación con la

tecnología en el contexto educativo. Esto permite garantizar que el uso de GeoGebra no se reduzca a una simple sustitución de la pizarra o de una hoja de trabajo, es decir, a un uso instrumental que no aprovecha todo el potencial de esta tecnología digital.

En ese sentido, se vislumbra la necesidad de construir modelos de enseñanza que utilicen la tecnología con fines pedagógicos, disciplinares, didácticos e inclusivos para propiciar escenarios que favorezcan el interés, la motivación y la gestión por aprender. Es decir, elementos que vayan en dirección opuesta al método tradicional de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, el cual puede ser descontextualizado, memorístico, mecánico, poco reflexivo y falto de innovación pedagógica, lo que limita la participación activa de los estudiantes (Pimbo-Tibán *et al.*, 2023).

En respuesta a la necesidad anterior, es importante destacar que el lenguaje de programación por bloques a través de Scratch 3.0 ha sido reconocido como una herramienta para el fortalecimiento del pensamiento matemático y computacional. Este lenguaje promueve el desarrollo de algoritmos en la resolución de problemas, el razonamiento lógico y las competencias matemáticas, y contribuye a la igualdad de género en los ambientes educativos, tecnológicos y de mercadeo (Maraza-Quispe *et al.*, 2023; Martínez Ortegón *et al.*, 2022; Oliveira Bastos *et al.*, 2020).

En esta línea de ideas, la robótica educativa, como resultado del uso de lenguajes de programación, aporta múltiples beneficios en el desarrollo de habilidades académicas y sociales de los estudiantes, como es el caso de la concentración, la creatividad y el trabajo en equipo, entre otras. Asimismo, contribuye al empoderamiento tecnológico y reduce la percepción de una falsa diferencia de desempeño de género en el campo de la ciencia y la ingeniería, lo que fomenta el interés en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (*science, technology, engineering and mathematics* [STEM]). Además, se ha demostrado que mejora el pensamiento crítico y la resolución de problemas, a la vez que desarrolla habilidades en escritura, lectura, colaboración y comunicación (Oliveira Bastos *et al.*, 2020).

4.3. Plataformas de aprendizaje en línea

El uso de plataformas de aprendizaje en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje es cada vez más común. Su finalidad es mejorar la calidad del proceso educativo y hacerlo más accesible, eliminando las barreras de espacio y tiempo (Fernández Naranjo y Rivero López, 2014). Una de las principales plataformas en línea que permite interactuar con sitios web y, al mismo tiempo, desarrollar competencias matemáticas y aspectos actitudinales y sociales en estudiantes de secundaria es la Web 2.0. Esta herramienta facilita una interacción más activa y colaborativa a través de actividades en línea, como la creación de blogs, wikis, vídeos o el aprovechamiento de recursos en línea, como MathPapa y Wiris (Palma Alameda, 2023).

Dentro las herramientas destacadas de la Web 2.0, se encuentra la plataforma de gestión de espacios de aprendizaje Moodle. Considerada como una intervención pedagógica en la enseñanza de las matemáticas, esta herramienta permite explorar las nuevas tecnologías de manera práctica y facilita la resolución de problemas matemáticos incluso sin conocimientos previos (Calderón Pérez *et al.*, 2022). Además, Moodle es aplicable al aprendizaje de las matemáticas de orden superior y su uso puede mejorar significativamente el acceso a la educación, al reducir barreras geográficas y económicas para los estudiantes. También contribuye a fortalecer el proceso evaluativo y de retroalimentación por parte del docente debido a la amplia variedad de actividades prácticas y sistemáticas que conforman la plataforma (Cortés Costés *et al.*, 2020). Por otra parte, dos ejemplos de plataforma de aprendizaje en línea son Khan Academy y Lesson Plans (Symbaloo), las cuales se presentan como herramientas complementarias ideales para Moodle debido a su versatilidad, flexibilidad y amplia variedad de recursos interactivos. Destacan, entre ellos, la variedad de vídeos, imágenes, ejercicios, juegos y problemas interactivos asociados a diferentes temáticas que son fundamentales para el aprendizaje de los estudiantes de matemáticas.

Estos recursos no solo fomentan el desarrollo de habilidades y competencias matemáticas en términos de cómo solucionar problemas, sino que también fortalecen la comunicación y el compromiso, y motivan el proceso de enseñanza y aprendizaje (Farfán-Pimentel *et al.*, 2022; Mero Pico y Gutiérrez Navia, 2022; Tovar Ortega *et al.*, 2020).

Por otra parte, la Plataforma Adaptativa de Matemática (PAM), disponible como una alternativa a Moodle, se presenta como una herramienta tecnológica digital educativa que tiene como objetivo mejorar el aprendizaje de las matemáticas, adaptando el contenido a las necesidades y habilidades de cada estudiante. La PAM emerge como respuesta a los escasos apoyos que reciben los docentes en lo que respecta al uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el fortalecimiento de las competencias y habilidades matemáticas (Vaillant *et al.*, 2020). Tanto Moodle como PAM pueden complementarse con metodologías relacionadas con el aprendizaje electrónico basado en tecnologías digitales, especialmente internet. Entre estas destaca *blended learning*, una metodología que combina la enseñanza tradicional en las aulas con el aprendizaje en línea. Esta metodología no solo beneficia el aprendizaje de las matemáticas, sino que también promueve el desarrollo de la comunicación como facilitadora de la interacción social y de la adquisición del conocimiento (Aburto Iparraguirre, 2022).

Este tipo de plataformas incluye eXeLearning, una herramienta de codificación libre que se basa en la tecnología XML (*extensible markup language*) y que permite a los docentes crear contenido educativo interactivo, como actividades, ejercicios, presentaciones y cuestionarios, y a los estudiantes, fomentar el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas (Molano Pino, 2022). Además, un elemento importante en la configuración de estrategias didácticas para la enseñanza de las matemáticas que se basan en eXeLearning es considerar el papel del docente en la elección de las posibilidades (iDevices) que componen las actividades, de tal forma que los objetivos propuestos sean alcanzables mediante la motivación y el compromiso de los estudiantes (Yáñez Ortiz y Nevárez Toledo, 2018).

4.4. Dispositivos móviles y aplicaciones

El uso de *softwares* y plataformas digitales implica inevitablemente el empleo de dispositivos (Vaillant *et al.*, 2020). En ese sentido, la relación entre las aplicaciones, los dispositivos móviles y la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas no solo responde a la alta demanda de este tipo de tecnología, sino también a su impacto en el desarrollo de habilidades y competencias matemáticas, así como en el pensamiento de los estudiantes.

Se ha comprobado que el uso de tecnologías móviles, como, por ejemplo, la tableta digital, puede generar respuestas positivas por parte de los estudiantes. Esto se ve reflejado en el grado de aceptación de las actividades propuestas, así como en su desempeño académico en matemáticas, lo que contrasta con la creencia popular de que el uso de dispositivos móviles en el aula es perjudicial para el aprendizaje (Fabian *et al.*, 2018).

Integrar enfoques educativos como el *m-learning*, modalidad de aprendizaje electrónico que se lleva a cabo a través de dispositivos móviles como *smartphones* o *tablets*, permite a los estudiantes poder acceder a los recursos de aprendizaje de manera autónoma y en cualquier lugar. La tendencia actual en educación BYOD (*bring your own device*) posibilita que los estudiantes lleven sus propios dispositivos móviles a la escuela para utilizarlos en su aprendizaje, facilitando a los docentes la creación de experiencias de aprendizaje interactivas y personalizadas, así como el fomento de proyectos colaborativos (Molano Pino, 2022).

Sobre esa línea de ideas, las aplicaciones interactivas que componen los dispositivos móviles han demostrado ser una herramienta efectiva en la enseñanza de las matemáticas en todos los niveles. Estas aplicaciones permiten determinar una posible mejora en las habilidades y competencias asociadas a la representación, comunicación y resolución de problemas matemáticos, así como en el fortalecimiento de los procesos lectores de los estudiantes de primaria, incluidos aquellos con recursos limitados (Pitchford *et al.*, 2019).

Algunas de estas aplicaciones, diseñadas específicamente para dispositivos móviles con sistema Android y desarrolladas bajo el lenguaje de programación Java, buscan no solo el desarrollo de habilidades y competencias matemáticas en lo referido a los procesos algorítmicos y en la caracterización de objetos matemáticos, sino también la creación de procesos educativos de formas lúdicas y didácticas con ambientes visualmente atractivos y animados (Hu, 2022).

Dos de las aplicaciones más influyentes que han transformado la comunicación y la educación, incluyendo la educación matemática, son, por un lado, YouTube, como plataforma y aplicación de vídeos en línea. Su capacidad para permitir a los usuarios cargar, ver y compartir vídeos impulsa la necesidad de incorporar nuevos lenguajes de comunicación e interacción en las prácticas docentes, así como la necesidad de formación docente para facilitar y coordinar la creación, el almacenamiento y la compartición de vídeos (Beltrán-Flandoli *et al.*, 2023). Además, uno de los aspectos más importante de YouTube consiste

en el uso pedagógico referido a la introducción, valoración y retroalimentación de contenidos matemáticos a través de sus contenidos audiovisuales. Por otro lado, la aplicación de mensajería instantánea WhatsApp se considera un recurso altamente pedagógico y didáctico en el diseño de sesiones de aprendizaje que busca desarrollar competencias y habilidades matemáticas y comunicativas asociadas a la resolución de problemas. Uno de los aspectos más destacados de WhatsApp es su capacidad para proporcionar retroalimentación y valoración de las actividades propuestas a través de listas de verificación. Además, se subraya la importancia de utilizar esta herramienta en el contexto educativo y, al igual que ocurre con YouTube, su uso debe ser planificado y evaluado cuidadosamente para garantizar su efectividad en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Lizama Cisnero, 2022).

El aumento significativo de aplicaciones disponibles y la capacidad de intercambiar información entre ellas hace posible considerar la ciberformación como una forma de interactuar con el profesor de matemáticas y con las actividades matemáticas en sí mismas. En este contexto, el uso de memes, como vídeos, imágenes, frases o conexiones entre el estudiante y la actividad matemática, ha demostrado ser especialmente efectivo, no solo en términos de mejorar la actitud y percepción hacia el aprendizaje matemático, sino también en la generación de espacios que permitan abordar fenómenos como la violencia simbólica, presente en las prácticas educativas (Friske y Rosa, 2021).

Cuando se aborda el tema de aplicaciones móviles e interactivas en la enseñanza y en el aprendizaje de las matemáticas, es evidente que los dispositivos móviles, en particular los teléfonos inteligentes, desempeñan un papel crucial en el proceso educativo. En la educación universitaria, por ejemplo, el uso de estos dispositivos no solo es altamente valorado, sino que también puede mejorar el aprendizaje, la organización y la comunicación tanto dentro como fuera del aula. No obstante, para que el uso de estos dispositivos tenga éxito, es necesario considerar factores como la infraestructura, la conectividad y la capacitación de los usuarios involucrados (López *et al.*, 2022; Orellana-Campoverde y Erazo-Álvarez, 2021).

4.5. Juegos y gamificación

Los recursos disponibles para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas incluyen tanto juegos educativos digitales como no digitales y metodologías activas como la gamificación. Los juegos educativos digitales resultan altamente atractivos y divertidos para los estudiantes gracias a las competencias, los retos y las recompensas que ofrecen, así como por la inmediatez y la interactividad. Mientras tanto, los juegos no digitales, que constituyen el aprendizaje basado en juegos (*game-based learning* [GBL])², también permiten escapar de los esquemas tradicionales de enseñanza, resaltando el compromiso y la motivación de los estudiantes.

² Metodología de enseñanza que utiliza los videojuegos y los juegos, en general, como herramientas para el aprendizaje.

La gamificación consiste en la inclusión de elementos de juego en otros tipos de escenarios que no son propiamente juegos, como el ámbito educativo (Guzmán-Rivera *et al.*, 2020; Zabala-Vargas *et al.*, 2020). En ese sentido, en el ámbito de la educación matemática, los videojuegos y la gamificación surgen como herramientas capaces de fortalecer competencias relacionadas con el manejo de datos numéricos, la modelación, la identificación de espacios, la comprensión de la variación de variables y la aleatoriedad presente en la naturaleza, entre otras habilidades (Godoy Cedeño, 2020; Ruiz Méndez, 2022).

En la percepción positiva que los estudiantes tienen hacia el uso de juegos, se han identificado distintos resultados que favorecen el estudio de objetos matemáticos, como la mejora en el aprendizaje del álgebra, la lógica matemática, el cálculo y la resolución de ecuaciones (Cladera-Estelrich, 2022; Kanobel *et al.*, 2022). Otro aspecto importante que resalta la gamificación como estrategia pedagógica es la contribución a la disminución de los niveles de estrés que se generan como resultado de la comparación de las realidades escolares, sociales y económicas de los estudiantes (Encalada Díaz, 2021).

El uso de los videojuegos y de la gamificación no solo permite desarrollar competencias exclusivamente matemáticas, sino que también potencia habilidades STEM (*science, technology, engineering, and mathematics* [ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas])³, como la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad, la comunicación y la colaboración, entre otras, que son esenciales en la resolución de situaciones y problemáticas reales (Ramírez-Orozco, 2022).

En este contexto, resulta importante señalar que el aprendizaje basado en juegos STEM, dentro del enfoque STEM, se puede definir como un proceso que implica la creación de entornos STEM interactivos mediante juegos digitales, siguiendo un desarrollo sistemático que fortalezca las habilidades propias del enfoque. No obstante, es importante considerar que dicho objetivo y su éxito está supeditado a una preparación adecuada de los diseñadores de los juegos (Ishak *et al.*, 2021).

La necesidad de considerar complementos a la gamificación para alcanzar los objetivos propuestos es evidente. Tanto la gamificación y su relación con la realidad virtual ofrecen posibilidades en el fortalecimiento de habilidades y competencias asociadas a los enfoques STEM y STEAM (*science, technology, engineering, art and mathematics* [ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas])⁴. Mientras la gamificación mejora la experiencia de aprendizaje del objeto matemático en la educación media, la realidad virtual permite que este se convierta en un elemento común en la vida cotidiana y pueda ser caracterizado (Chacón Gómez, 2022).

³ Enfoque educativo que integra las cuatro disciplinas con el fin de desarrollar habilidades en los estudiantes que les permitan abordar y resolver problemas complejos de manera creativa y eficiente.

⁴ Metodología que busca desarrollar habilidades y competencias en los estudiantes que les permitan hacer frente a desafíos complejos y resolver problemas de manera creativa y colaborativa, utilizando un enfoque interdisciplinario y práctico.

4.6. Realidad aumentada, realidad virtual y metaverso

La coyuntura mundial generada por la pandemia de la COVID-19 ha tenido un impacto significativo en el uso de la tecnología. Se ha observado una aceleración en su evolución y en la influencia que ejerce en distintos ámbitos, incluyendo la educación, donde se ha vuelto esencial incorporar nuevas tipologías y usos tecnológicos como es el caso de la realidad virtual, la realidad aumentada y el metaverso (Ruiz Méndez *et al.*, 2022).

En el ámbito de la educación matemática, la realidad virtual se presenta como una herramienta muy valiosa gracias a su capacidad para sumergir completamente a los estudiantes en entornos virtuales, lo que les permite interactuar de manera natural y vivir una experiencia de tipo multisensorial. Por esta razón, la realidad virtual tiene el potencial de mejorar el aprendizaje al poder combinarse con otros enfoques, como el de la interacción basada en la realidad (*reality-based interaction* [RBI])⁵. Un ejemplo de ello es cuando una tarea de aritmética mental se contextualiza desde la realidad virtual, lo que resulta una experiencia motivadora y atractiva para los estudiantes, disminuyendo así la carga cognitiva requerida (Jost *et al.*, 2020).

La efectividad de la realidad virtual y su interacción con otros enfoques educativos (RBI, STEM, STEAM, etc.) está estrechamente relacionada con las decisiones tomadas por los líderes y gestores de políticas educativas. La importancia de estas decisiones radica en su capacidad para impulsar el desarrollo y la capacitación de los profesionales y docentes, influyendo así en las comunidades de práctica, en el aprendizaje y en la motivación de los estudiantes (Mystakidis y Christopoulos, 2022). En ese contexto, se hace necesario explorar la ventajas y desventajas que proporciona la implementación de la realidad virtual en los procesos de aprendizaje de las matemáticas (Chacón Gómez, 2022).

La realidad aumentada, por su parte, permite superponer elementos virtuales en el mundo real, lo que amplía la realidad física y ofrece nuevas formas de interacción. En ese sentido, el desarrollo de aplicaciones móviles ha sido fundamental para potenciar el acceso a este tipo de tecnologías y su inclusión en el campo educativo y profesional, donde se evidencian las posibilidades para fortalecer la motivación y el compromiso de los estudiantes con el aprendizaje (López *et al.*, 2022).

Las tecnologías educativas que combinan la realidad aumentada y la realidad virtual con aplicaciones exclusivas en las áreas STEM son ofrecidas por la empresa zSpace a través de objetos simulados en escenarios virtuales. Estas tecnologías educativas permiten a los estudiantes explorar, practicar e interactuar con contenido STEM sin hacer frente a desafíos de tipo financiero ni preocupaciones éticas, como es el caso de los costos logísticos

⁵ Interacción entre una persona y un entorno virtual que simula la realidad de forma muy realista.

asociados con la construcción de prototipos o el riesgo de daños a animales durante la exploración de un sistema anatómico. Además, garantizan un entorno seguro mientras se llevan a cabo este tipo de experimentos (Petrov y Atanasova, 2020).

En el contexto de la educación matemática, la realidad aumentada se presenta como un recurso valioso para fortalecer el aprendizaje de los vectores. A partir de la visualización y de la manipulación de vectores en un sistema tridimensional generado por la realidad aumentada, los estudiantes pueden superponer vectores virtuales en el mundo real, lo que les permite ver de manera más intuitiva y dinámica la relación entre los vectores y los objetos del mundo real (Ramírez-Orozco, 2022).

La importancia del metaverso radica en las posibilidades que ofrece para crear entornos virtuales tridimensionales a partir de las realidades virtual y aumentada. Desde la perspectiva de la educación, dichos entornos permiten la interacción entre estudiantes y profesores, favoreciendo el intercambio de conocimientos, lo que destaca al metaverso como un medio potencialmente valioso de comunicación y representación de ideas (Lévy y Zapata, 2023).

En el metaverso, la técnica educativa más adecuada combina el aprendizaje colaborativo con el pensamiento crítico, aprovechando las características únicas del entorno virtual. Esta estrategia permite a estudiantes y profesores trabajar juntos en tiempo real, construyendo conocimiento de manera conjunta y fomentando la reflexión crítica al explorar y crear escenas en 3D (Avalos Pulcha, 2023).

Frente a la educación matemática, el uso del metaverso se considera una tecnología prometedora, ya que esta nueva forma de combinar el mundo real con el virtual tiene el potencial de hacer la enseñanza más dinámica, creativa e innovadora, incentivando de este modo a los estudiantes para un aprendizaje más interactivo e interesante del estudio en cuestión (Rabello y Bernardino 2023).

Ahora bien, la combinación de la realidad virtual, la realidad aumentada, el metaverso y la inteligencia artificial conforman la realidad virtual expandida, la cual posibilita la creación de mundos virtuales detallados, ofreciendo a los usuarios experiencias interactivas y realistas. En el ámbito educativo, la realidad virtual expandida permitirá a los estudiantes explorar entornos virtuales interactivos para un aprendizaje práctico y vivencial, donde será posible recrear eventos históricos, simular experimentos científicos y sumergirse en culturas lejanas, enriqueciendo así los horizontes educativos con aprendizaje experiencial (Avalos Pulcha, 2023).

4.7. Inteligencia artificial y aprendizaje automático

El reconocimiento de patrones, la toma de decisiones, el aprendizaje y la resolución de problemas son tareas que podrían normalizarse dentro de la cotidianidad del ser humano, pero, para las máquinas, esa capacidad de abordarlas es campo de acción de la inteligencia artificial (Rouhiainen, 2018).

En el ámbito educativo, la inteligencia artificial está adquiriendo importancia debido a su capacidad para crear experiencias de aprendizaje más personalizadas. Esto se logra permitiendo que los sistemas se adapten a los ritmos de aprendizaje de cada estudiante, que identifiquen sus áreas de fortaleza y debilidad y que proporcionen contenido y actividades específicas diseñadas para cubrir sus necesidades individuales (Pérez González *et al.*, 2023). En ese sentido, iniciativas que abarcan la ubicuidad, la cognición y la interactividad tienen el potencial de ser respaldadas por la inteligencia artificial, lo que contribuye a establecer condiciones y determinar un alcance virtual diferenciado en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Souza e Silva *et al.*, 2022).

La implementación de la inteligencia artificial en la educación implica una actualización del concepto de «tecnologías de la información» y requiere de una formación de los profesores en términos de su uso. Esto permitirá que lleven a cabo con éxito el proceso educativo en el moderno entorno educativo digital, con elementos de inteligencia artificial integrados (Vlasova *et al.*, 2019).

Tomando como punto de partida la enseñanza de las matemáticas, resulta destacable el papel de la inteligencia artificial desde dos perspectivas. La primera, se encuentra asociada al perfeccionamiento de algoritmos que abordan las problemáticas del álgebra lineal, como es el caso de las matrices, de los vectores y de los sistemas de ecuaciones, regresiones y transformaciones lineales, todas ellas relacionadas con la eficiencia computacional (Andrade-Manguay *et al.*, 2023). La segunda, desde el enfoque denominado «*machine learning-reinforcement learning*», donde se utiliza el juego para proporcionar retroalimentación sobre los conceptos matemáticos, mientras que, al mismo tiempo, se busca comprender los mecanismos fundamentales de la inteligencia artificial (Calabuig *et al.*, 2021).

Además, es posible fomentar el autoaprendizaje desde la arquitectura *transformer* desarrollada por OpenAI y denominada ChatGPT (*generative pre-trained transformer*). Esta tecnología, ideada como una red neuronal artificial generadora de respuestas coherentes y contextualizadas a partir de una entrada dada, se convierte en una herramienta invaluable para el desarrollo autónomo de habilidades matemáticas (Gavira Durón, 2023).

El uso del asistente virtual de ChatGPT permite, a partir del planteamiento y de la verificación de preguntas y problemas matemáticos asociados a la lógica, a la aritmética y a la factorización, el fortalecimiento de habilidades matemáticas, así como la autonomía y el pensamiento crítico en los estudiantes (Castro *et al.*, 2023; Gavira Durón, 2023). Por otra parte, ChatGPT, como tecnología innovadora capaz del procesamiento y del análisis de grandes cantidades de información, permite su aplicación a otras disciplinas, como la filosofía, la ciencia y la política (Castro Morales *et al.*, 2023).

El «aprendizaje automático» es una técnica de la inteligencia artificial que se enfoca en el desarrollo de algoritmos que permiten a las máquinas aprender de los datos y mejorar su rendimiento con la experiencia. La «minería de datos» es un caso particular de esta técnica, que se utiliza para analizar grandes conjuntos de datos y descubrir patrones y relaciones ocultas (Peralta Egea, 2023).

En el ámbito de la enseñanza de las matemáticas, la minería de datos se ha empleado para analizar el comportamiento de los estudiantes al interactuar con sistemas de tutoría inteligente diseñados para enseñar matemáticas a nivel secundario. Estos estudios permiten identificar patrones de búsqueda de ayuda y, en consecuencia, identificar áreas problemáticas en las que los estudiantes podrían necesitar más apoyo o atención (Meléndez-Armenta *et al.*, 2022).

5. Discusión

La inclusión del uso de las nuevas tipologías y/o tendencias tecnológicas en la enseñanza de las matemáticas es un tema de creciente importancia debido a su ubicuidad y aplicabilidad en la resolución de situaciones cotidianas, así como en el estudio y en la comprensión de los objetos matemáticos.

Sin embargo, para lograr esto se hace necesario reflexionar sobre diversos aspectos fundamentales, entre los que se encuentran preguntas abiertas y nodos de discusión referidos a la selección adecuada de la tecnología, el enfoque pedagógico que la soporta, su impacto y su retroalimentación, entre otros.

Un primer aspecto se refiere a la selección adecuada de la tecnología (o tecnologías) que se va a utilizar, debido a que no todas las tecnologías permiten evidenciar resultados positivos en los estudiantes, por lo que es importante tomar en consideración las necesidades específicas de los estudiantes y del entorno educativo a la hora de elegir la tecnología (o tecnologías) más adecuada. Lo anterior permitirá reflexionar sobre las preguntas emergentes relacionadas con las formas de abordar las problemáticas asociadas a la brecha tecnológica, al tiempo que se garantiza la equidad en la educación matemática.

Tomando en consideración lo anterior, la selección debe estar guiada por las intencionalidades del profesor y de los estudiantes. Por ejemplo, si el objetivo es mejorar la comprensión de los conceptos matemáticos, se pueden utilizar herramientas de visualización o simulaciones (Guanotuña Balladares, 2023). Si, por el contrario, lo que se pretende es fortalecer el razonamiento y la resolución de problemas, es conveniente utilizar tecnologías que promuevan la interactividad, como es el caso de la modelación matemática, la realidad virtual, la realidad aumentada y el metaverso, entre otras (Ramón y Vilchez, 2019).

Otro aspecto importante consiste en evaluar el impacto y la eficacia de las tecnologías utilizadas, de tal manera que sea posible determinar las que son más efectivas y cómo estas pueden ser utilizadas de manera acertada en el fortalecimiento del aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes. Por ejemplo, la investigación realizada por González Hernández *et al.* (2021) concluyó que el uso de una tecnología de visualización como GeoGebra mejoró significativamente la comprensión de los estudiantes en relación con los conceptos

matemáticos. Sin embargo, es importante considerar la complementariedad con otras tecnologías, de tal forma que la combinación de estas tecnologías con plataformas en línea, técnicas de gamificación o aplicaciones de realidad virtual puede ofrecer oportunidades que permitan optimizar el aprendizaje de las matemáticas, siempre teniendo en cuenta los objetivos específicos de cada actividad.

La necesidad de un enfoque pedagógico adecuado que contemple el uso de las tecnologías resulta otro aspecto fundamental, y es que el uso de las tecnologías tiene un rol mediador que pretende apoyar y fortalecer la enseñanza de las matemáticas, contrario a las afirmaciones que estiman que dicho interés es el de la sustitución. En este sentido, es importante que los profesores estén capacitados para utilizar las tecnologías de forma idónea y que estas puedan ser integradas de manera coherente en su práctica pedagógica (Orellana-Campoverde y Erazo-Álvarez, 2021).

Por su parte, Ishak y Hasran (2021) manifiestan que la formación de profesores en el uso de tecnologías digitales puede mejorar significativamente su capacidad para integrarlas en la enseñanza de las matemáticas y, con ello, el cumplimiento de los objetivos propuestos. Esta afirmación lleva a reflexionar sobre cómo debería ser la formación de los profesores de matemáticas para incluir adecuadamente el uso de las tecnologías y sobre las resistencias al cambio que pueden surgir entre los profesores al incluir las tecnologías en sus prácticas pedagógicas.

La retroalimentación y la adaptación son aspectos importantes que se deben considerar al incluir las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas. En este sentido, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático pueden proporcionar retroalimentación personalizada y adaptativa a los estudiantes (Varela Uribe, 2021), lo que resulta especialmente efectivo para atender las necesidades individuales y mejorar el aprendizaje. De hecho, algunas herramientas, como el juego Battleship, pueden adaptar el contenido y las actividades de aprendizaje según las necesidades específicas de cada estudiante (Calabuig *et al.*, 2021).

Por otra parte, la adaptación curricular resulta importante en el contexto del uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. Es fundamental que los currículos matemáticos sean diseñados de manera que permitan alcanzar los objetivos propuestos mediante el uso adecuado de las tecnologías. Además, es importante explorar las posibilidades que ofrecen las tecnologías para transformar las estructuras y los enfoques de las cátedras y de los cursos de matemáticas.

Por último, es importante tener en cuenta la influencia del uso de las tecnologías en el fomento de la colaboración y motivación entre los estudiantes. En ese sentido, se hace necesario reflexionar sobre la forma más adecuada de hacer un uso combinado de las tecnologías, como, por ejemplo, WhatsApp y YouTube. Por un lado, es importante explorar cómo estas plataformas pueden promover la colaboración entre estudiantes en la resolución de problemas matemáticos y la comprensión de conceptos matemáticos abstractos de manera

más clara. Por otro lado, es fundamental investigar de qué modo hacer un uso adecuado de este tipo de tecnologías para construir actividades más interactivas y dinámicas que ayuden a los estudiantes a desarrollar valores y habilidades como el empoderamiento, la concentración, la creatividad o la motivación, entre otros.

6. Conclusiones

El objetivo de este artículo se ha centrado en identificar, mediante una revisión sistemática de literatura, algunas tipologías, tendencias y preguntas de investigación en cuanto al uso de las tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

Se concluye que, entre los años 2018-2023, ha habido una significativa y robusta producción científica que da cuenta sobre el uso de las tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en todos los niveles escolares.

Se identificaron diversas tecnologías y tendencias. Algunas, como el metaverso y su composición con la realidad virtual y aumentada, se superponen actualmente en los entornos educativos debido a su interactividad en el estudio y comprensión de los objetos y conceptos matemáticos. Otras, como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, sería interesante poder analizarlas durante los próximos años con el propósito de poder determinar con evidencias empíricas la verdadera influencia e implicación sobre la educación matemática.

Frente a los diversos aspectos fundamentales que hay que tener en cuenta en la inclusión del uso de las tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, es importante destacar que, si bien es cierto que se consideraron elementos que revisten preocupaciones antes y durante la dinámica escolar matemática y que están relacionadas con la logística y los actores, como es el caso de la elección adecuada de la tecnología, el enfoque pedagógico, su impacto y su retroalimentación, colaboración y motivación, es importante manifestar que existen aspectos aún por considerar, los cuales están asociados a los desafíos éticos y de privacidad en el uso de algunas tecnologías, como es el caso de la inteligencia artificial.

Por último, es importante destacar que, aunque el uso de las tecnologías en la educación matemática ha ganado importancia en los últimos años, su finalidad no pretende sustituir al profesor ni sus funciones. Más bien, representa una oportunidad para descentralizar la enseñanza exclusiva sobre los aspectos cognitivos asociados al estudio de los objetos y conceptos matemáticos hacia aspectos relacionados con la formación integral del ser humano, sus valores, emociones y creencias.

En otras palabras, el uso de la tecnología se concibe como una posibilidad que conlleve a reflexionar sobre la pertinencia de la formación integral del ser humano.

Referencias bibliográficas

- Aburto Iparraguirre, S. N. (2022). *Blended learning en el aprendizaje del área de Matemática*. Universidad Nacional del Santa. Repositorio Institucional Digital. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4087>
- Aguirre Arrabal, C., García-Centeno, M.^a C., Inchausti Tabuenca, E. y Rodríguez Sánchez, S. (2022). El impacto de la tecnología en los resultados de los alumnos. *Anales de ASEPUMA*, 30, 1-19. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8692709>
- Andrade-Manguay, M., Sánchez-Sánchez, A., Valle-Chicaiza, W., Paucar-Tubon, E., Constante-Amores, A., Núñez-Oñate, T., Mejía-Escalante, J., Salinas-Ramos, V., Núñez-Aldas, S. y Fiallos-Núñez, L. (2023). La inteligencia artificial en el dominio del sistema educativo: un estudio cuantitativo desde el desarrollo y evolución de la matemática. *Polo del Conocimiento*, 8(9), 1.561-1.572. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v8i9.6097>
- Andrés, M., Coronel, M.^a T., Rico, E. di, Luna, J. P. y Sessa, C. (2021). El papel de las representaciones en la pantalla de GeoGebra en el trabajo matemático del aula. Investigación colaborativa en torno a la enseñanza de funciones en la escuela secundaria. *Educación Matemática*, 33(3), 7-38. <https://doi.org/10.24844/em3303.01>
- Avalos Pulcha, J. L. (2023). *Metaverso en educación digital universitaria, 2023* (Trabajo de maestría). Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/121033>
- Bautista Sosa, C. A. (2022). *Simuladores virtuales para desarrollar la competencia de resolución de problemas de cantidad en estudiantes de 2.º grado de educación secundaria* (Trabajo de grado). Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5565>
- Beltrán-Flandoli, A. M.^a, Pérez-Rodríguez, A. y Mateus, J.-C. (2023). YouTube como ciberaula. Revisión crítica de su uso pedagógico en la Universidad Iberoamericana. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 287-306. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.34372>
- Bentancor Biagas, J. G. (2022). *Modelación matemática: estrategias de enseñanza con herramientas digitales en el Ciclo Básico de Educación Media de Montevideo (Uruguay)* (Tesis de Doctorado). Universidad ORT Uruguay. <https://core.ac.uk/download/pdf/548518858.pdf>
- Calabuig, J. M., García-Raffi, L. M. y Sánchez-Pérez, E. A. (2021). Aprender como una máquina: introduciendo la inteligencia artificial en la enseñanza secundaria. *Modelling in Science Education and Learning*, 14(1), 5-14. <https://doi.org/10.4995/msel.2021.15022>
- Calderón Pérez, E. A., Calderón Pérez, F. T., Rivas Garrido, H. J. y Perea Mosquera, S. M. (2022). *Estrategia didáctica para promover el aprendizaje de la adición, sustracción, multiplicación y división con números naturales mediante el uso de la plataforma Moodle* (Trabajo de maestría). Universidad de Cartagena. <http://dx.doi.org/10.57799/11227/2016>
- Castro Morales, L. G., Pantoja Burbano, M. J. y Guanoluisa Morales, J. A. (2023). La utilización de la tecnología de ChatGPT como recurso para la aplicación de la lógica matemática. *Revista Conrado*, 19(2), 570-579. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/3300>
- Chacón Gómez, D. A. (2022). *Prototipo de aplicación de realidad virtual y gamificación*

- con enfoque STEAM para el aprendizaje de las matemáticas en grado octavo de educación básica (Trabajo de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/30463>
- Cladera-Estelrich, V. C. (2022). *Gamificación como estrategia didáctica para el aprendizaje de las ecuaciones de 1.º grado en 2.º de Educación Secundaria Obligatoria* (Trabajo de maestría). Universidad Internacional de La Rioja. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/13422>
- Cortés Cortés, M. E., Cortés Iglesias, M., Medina Mendieta, J. F., Manzano Cabrera, M. y León González, J. L. (2020). Ventajas de la plataforma Moodle para la enseñanza de las matemáticas en la Universidad de Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 240-245. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-3620202000060240&script=sci_arttext&tling=pt
- Cruz Campos, J. C. de la, Campos Soto, M.ª N., Rodríguez Jiménez, G. R. y Ramos Navas-Parejo, M. (2022). Impresión 3D en educación. Perspectiva teórica y experiencias en el aula. *Revista CENTRA de Ciencias Sociales*, 1(1), 67-80. <https://www.centracs.es/revista/article/view/16>
- Encalada Díaz, I. Á. (2021). Aprendizaje en las matemáticas. La gamificación como nueva herramienta pedagógica. *Revista de Investigación en Ciencias de la Educación Horizontes*, 5(17), 311-326. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/466/4662190017/>
- Fabian, K., Topping, K. J. y Barron, I. G. (2018). Using mobile technologies for mathematics: effects on student attitudes and achievement. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1.119-1.139. <https://doi.org/10.1007/S11423-018-9580-3>
- Farfán-Pimentel, J. F., Lizandro-Crispín, R., Rodríguez-Galán, D. B., Calderon-Chambi, M.ª E. y Farfán-Pimentel, D. E. (2022). Estrategia Khan Academy en el aprendizaje de la matemática en la educación básica: una revisión teórica. *Ciencia Latina. Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(6), 6.871-6.887. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3926
- Fernández Naranjo, A. y Rivero López, M. (2014). Las plataformas de aprendizajes, una alternativa a tener en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Cubana de Informática Médica*, 6(2), 207-221. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592014000200009&tling=en
- Flores Cuevas, F., Vásquez Martínez, C. R. y González González, F. a. (2021). El uso de las TIC en la enseñanza de conceptos geométricos en la educación básica. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23). <https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.1024>
- Friske, A. y Rosa, M. (2021). Cybereducación: discutir el «habitus» de los profesores en un contexto de producción de actividades-matemáticas-con-memes. *Revista Paradigma*, 42(2), 206-225. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.P206-225.ID1107>
- Gabarda Méndez, V., Colomo Magaña, E., Ruiz Palmero, J. y Cívico Ariza, A. (2022). Technology-enhanced mathematics learning in Europe: a literature review. *Texto Livre*, 15, 1-22. <https://doi.org/10.35699/1983-3652.2022.40275>
- Gavira Durón, N. (2023). Cómo potenciar las habilidades matemáticas con ChatGPT. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 15(30), 1-5. <https://doi.org/10.22201/cuaied.20074751e.2023.30.86525>

- Giraldo-Torres, A. F., Jaramillo-Vásquez, J. E. y Vega, O. A. (2008). Simulación: una opción de comprender la realidad. *Ventana Informática*, 18, 107-120. https://www.researchgate.net/publication/338986662_Simulacion_una_opcion_de_comprender_la_realidad
- Godoy Cedeño, C. E. (2020). *Uso de la gamificación en el desarrollo del pensamiento lógico matemático en estudiantes de educación superior en una universidad privada de Lima, 2020* (Tesis de doctorado). Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46306>
- González de Dios, J., Buñuel Álvarez, J. C. y Aparicio Rodrigo, M. (2011). Listas guía de comprobación de revisiones sistemáticas y metaanálisis: declaración PRISMA. *Evidencias en Pediatría*, 7(97), 1-6. <https://evidenciasenpediatria.es/articulo/5902/listas-guia-de-comprobacion-de-revisiones-sistematicas-y-metaanalisis-declaracion-prisma>
- González Hernández, N., Garcés Cecilio, W. y Grimaldy Romay, L. (2021). La visualización en la enseñanza de la matemática. Su empleo mediante el uso de GeoGebra. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 12(4), 130-141. <https://revistas.ult.edu.cu/index.php/dascalía/article/download/1206/1198>
- Guanotuña Balladares, G. E., Heredia Heredia, L. J., García Camacho, I. R. y Lara Rivera, L. D. (2023). Simulador PHET, una herramienta de gamificación para el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Social Fronteriza*, 3(1), 97-113. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7552868>
- Gutiérrez Zuluaga, H, Aristizabal Zapata, J. H. y Rincón Penagos, J. A. (2020). Procesos de visualización en la resolución de problemas de matemáticas en el nivel de básica primaria apoyados en ambientes de aprendizaje mediados por TIC. *Sophia*, 16(1), 120-132. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.16v.1i.975>
- Guzmán-Rivera, M. Á., Escudero-Nahón, A. y Canchola-Magdaleno, S. L. (2020). «Gamificación» de la enseñanza para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: cartografía conceptual. *Sinéctica. Revista Electrónica de Educación*, 54, 1-20. [https://doi.org/10.31391/S2007-7033\(2020\)0054-002](https://doi.org/10.31391/S2007-7033(2020)0054-002)
- Hu, T. (2022). *Aplicación móvil de juego de matemáticas para la enseñanza primaria* (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/id/eprint/70987>
- Ishak, S. A., Din, R. y Hasran, U. A. (2021). Defining digital game-based learning for science, technology, engineering, and mathematics: a new perspective on design and developmental research. *Journal of Medical Internet Research*, 23(2). <https://doi.org/10.2196/20537>
- Jost, P., Cobb, S. y Hämmerle, I. (2020). Reality-based interaction affecting mental workload in virtual reality mental arithmetic training. *Behaviour & Information Technology*, 39(10), 1.062-1.078. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2019.1641228>
- Kanobel, M.^a C., Galli, M.^a G. y Chan, D. M. (2022). El uso de juegos digitales en las clases de matemática: una revisión sistemática de la literatura. *Revista Andina de Educación*, 5(2), 1-8. <https://doi.org/10.32719/26312816.2022.5.2.12>
- Lévy, P. y Zapata Ros, M. (2023). Visiones de espacios de trabajo tridimensionales o virtuales, metaversos y educación. Realidad virtual y aprendizaje: presentación del número especial y conclusiones. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 23(73), 1-8. <https://doi.org/10.6018/red.554591>

- Lizama Cisnero, M. E. (2022). *Diseño de sesiones de aprendizaje empleando el WhatsApp como recurso pedagógico para el desarrollo de la competencia Resuelve Problemas de Cantidad en los estudiantes de primer grado de educación secundaria* (Trabajo de grado). Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5492>
- López, L., Rodríguez, A., Figueredo, J. y Polanco, R. (2022). Educación y realidad aumentada: un análisis bibliométrico e identificación de tendencias. *Revista Científica EOnlineTech*, 1(3), 97-122. <https://publishing.fgu-edu.com/ojs/index.php/RET/article/view/270/508>
- López-Noguero, F., Romero-Díaz, T. y Gallardo-López, J. A. (2022). Smartphone como herramienta de enseñanza-aprendizaje en educación superior en Nicaragua. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 307-330. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.34016>
- Maraza-Quispe, B., Sotelo-Jump, A. M., Alejandro-Oviedo, O. M., Quispe-Flores, L. M. y Cari-Mogrovejo, L. H. (2023). Hacia el desarrollo del pensamiento computacional y la lógica matemática a través de Scratch. *International Journal of Emerging Technologies for E-Learning*, 1(3), 458-462. <https://ijetel.com/wp-content/uploads/2022/07/V1-N3-03.pdf>
- Martínez Ortegón, M., Narváez Velasco, P. A. y Losada Cárdenas, M. Á. (2022). Scratch como herramienta transversal para el desarrollo del pensamiento lógico matemático en básica primaria. *Transdigital*, 3(6), 1-28. <https://doi.org/10.56162/transdigital140>
- Meléndez-Armenta, R., Rebollado-Méndez, G. y Huerta-Pacheco, N. S. (2022). Typifying students' help-seeking behavior in an intelligent tutoring system for mathematics. *Ingeniería e Investigación*, 42(2), 1-7. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092022000200210&script=sci_arttext
- Mero Pico, A. T. y Gutiérrez Navia, E. V. (2022). Uso de la herramienta Lesson Plans de Symbaloo para fortalecer el aprendizaje de la factorización de trinomios. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 15(11), 151-170. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8955483.pdf>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. y The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264-269. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2010.02.007>
- Molano Pino, F. D. (2022). *Estrategia pedagógica soportada en eXeLearning para la comprensión de funciones trigonométricas y sus diferentes representaciones, en la IE Santa Rosa de Lima de Arbela en La Vega, Cauca* (Trabajo de maestría). Universidad de Cartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/15665>
- Mystakidis, S. y Christopoulos, A. (2022). Teacher perceptions on virtual reality escape rooms for STEM education. *Information*, 13(3), 1-13. <https://doi.org/10.3390/info13030136>
- Nunes, P. S., Nascimento, M.ª M., Catarino, P. y Martins, P. (2020). Factors that influence the use of educational software in mathematics teaching. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 18(3), 113-129. <https://doi.org/10.15366/REICE2020.18.3.006>
- Oliveira Bastos, A. C., Lemos Souza, D. D. de, Alves Silva, D., Pereira da Silva, I., Albuquerque, D., Souza de Carvalho, C. de, Moura Prego, T. de, Valente Ferreira, J. C., Lopes e

- Silva, F. y Carvalho Coutinho, R. de. (2020). Despertando o interesse pelo conhecimento tecnológico usando robótica. Una experiência na educação básica para igualdade de gênero. *RELATEC. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 19(2), 135-153. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.19.2.135>
- Oliveira García, F., Pereira de Souza Filho, M., Robinson de Souza, A. y Mendonça Rosa Marques, E. de. (2021). O GeoGebra na experimentação matemática: um levantamento bibliográfico em periódicos indexados na plataforma da CAPES. *TED. Tecné, Episteme y Didaxis*, 50, 221-236. <https://doi.org/10.17227/ted.num50-10582>
- Orellana-Campoverde, J. A. y Erazo-Álvarez, J. C. (2021). Herramientas digitales para la enseñanza de matemáticas en pandemia: usos y aplicaciones de docentes. *EPIS TEME KOINONIA*, 4(8), 109-128. <https://doi.org/10.35381/e.k.v4i8.1348>
- Padilla Escorcía, I. A., Conde Carmona, R. J. y Tovar Ortega, T. (2022). Recursos tecnológicos utilizados por profesores universitarios de carreras de ingeniería, en tiempos de virtualidad en Barranquilla (Colombia). *Tecnura*, 26(72), 147-166. <https://doi.org/10.14483/22487638.18277>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... y Alonso, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Palma Alameda, M. (2023). *Desarrollo de competencias matemáticas mediante el uso de la Web 2.0 en estudiantes de segundo grado de educación secundaria* (Trabajo de maestría). Universidad Iberoamericana Puebla. <https://hdl.handle.net/20.500.11777/5652>
- Peralta Egea, R. (2023). *Estudio del conocimiento actual en la comprensión de datos para el aprendizaje automático* (Trabajo de grado). Universidad de Sevilla. <https://hdl.handle.net/11441/148577>
- Pereira Zorzín, J. y Gomes da Silva, G. H. (2022). Contribuições de uma prática formativa envolvendo o software GeoGebra para professores e professoras que ensinam matemática dos anos iniciais do ensino fundamental. *Ciência & Educação (Bauru)*, 28. <https://doi.org/10.1590/1516-731320220026>
- Pérez González, A. R., Villegas Estévez, C. J., Cabascango Jaramillo, J. C. y Soria Flores, E. R. (2023). Inteligencia artificial como estrategia de innovación en empresas de servicios: una revisión bibliográfica. *Revista Publicando*, 10(38), 74-82. <https://doi.org/10.51528/rp.vol10.id2359>
- Petrov, P. D. y Atanasova, T. V. (2020). The effect of augmented reality on students' learning performance in STEM education. *Information*, 11(4), 1-11. <https://doi.org/10.3390/info11040209>
- Pimbo-Tibán, A. G., Manotoa-Labre, H. R., Medina-Chicaiza, R. P. y Morocho-Lara, H. D. (2023). Tecnologías del aprendizaje y el conocimiento: análisis de aceptación de implementación basado en el modelo TAM. *Revista Odigos*, 4(1), 89-110. <https://doi.org/10.35290/ro.v4n1.2023.752>
- Pitchford, N. J., Chigeda, A. y Hubber, P. J. (2019). Interactive apps prevent gender dis-

- crepancies in early-grade mathematics in a low-income country in sub-Saharan Africa. *Developmental Science*, 22(5). <https://doi.org/10.1111/DESC.12864>
- Rabello, M. y Bernardino, F. (2023). O ensino da matemática com apoio das tecnologias da informação e da comunicação (TIC): cenário atual e perspectivas no âmbito do metaverso. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 15(9), 9.572-9.600. <https://doi.org/10.55905/cuadv15n9-085>
- Ramírez-Orozco, J. G. (2022). Experiencia STEM: desarrollo del pensamiento matemático a través de videojuegos meteorológicos. *Revista Colombiana de Educación*, 85, 241-241. <https://doi.org/10.17227/rce.num85-12756>
- Ramón, J. A. y Vilchez, J. (2019). Digital-ethnic technology: converging didactic resources in the development of mathematical competences in rural area students. *Información Tecnológica*, 30(3), 257-268. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300257>
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Alienta Editorial. https://planetadelibrosec0.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39308_Inteligencia_artificial.pdf
- Ruiz Méndez, M. (2022). *Sistema con realidad aumentada como herramienta que potencialice el aprendizaje de vectores en alumnos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Tamaulipas. <https://riuat.uat.edu.mx/handle/123456789/2344>
- Sáez-López, J.-M. y Buceta-Otero, R. (2023). El robot M Bot para el aprendizaje de coordenadas cartesianas en educación secundaria. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 66, 271-301. <https://doi.org/10.12795/PIXELBIT.95617>
- Sánchez, I. C., Castillo B., L. A. y Mendes, I. A. (2021). História da matemática e tecnologias digitais: do que tratam três décadas de teses e dissertações? *Paradigma*, 42(2), 183-205. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.P183-205.ID1064>
- Souza e Silva, S. de., Martins Stavny, F. y Kalinke, M. A. (2022). La inteligencia artificial en el contexto de la educación: el análisis de sus avances a partir de perspectivas teórico-filosóficas y de procesos educativos. *Paradigma*, 43(2), 282-306. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2022.p282-306.id1227>
- Tatiana Cox, F., González, D., Magreñán, Á. A. y Orcos, L. (2022). Enseñanza de estadística descriptiva mediante el uso de simuladores y laboratorios virtuales en la etapa universitaria. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 74(4), 103-123. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.94121>
- Tovar Ortega, T., Pitalua, L. F. y Sarmiento, M.^a (2020). Khan Academy como recurso didáctico para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. En J. Solorzano Movilla y D. Suárez López, *Miradas y perspectivas de la educación matemática desde la formación, la inclusión y la tecnología* (pp. 128-145). Sello Editorial Coruniamericana. https://www.researchgate.net/profile/Karen-Valencia-Mercado/publication/363207965_ALGUNAS_REFLEXIONES_SOBRE_EDUCACION_MATEMATICA_INCLUSIVA/links/631163aaacd814437ff79031/ALGUNAS-REFLEXIONES-SOBRE-EDUCACION-MATEMATICA-INCLUSIVA.pdf#page=128
- Vaillant, D., Rodríguez Zidán, E. y Betancor Biagas, G. (2020). Uso de plataformas y herramientas digitales para la enseñanza de la matemática. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 28(108), 718-740. <https://doi.org/10.1590/s0104-4036202002802241>

- Valbuena Duarte, S., Rodríguez González, D. C. y Tavera Gamarra, A. V. (2021). La innovación en clase de matemáticas: ejemplos y contraejemplos de eficacia de la iniciativa docente en tiempos de pandemia. *Pensamiento Americano*, 14(28), 15-28. <https://doi.org/10.21803/PENAMER.14.28.355>
- Varela Uribe, A. (2021). *Enseñanza individualizada de matemáticas mediante herramientas de inteligencia artificial en entornos escolares tradicionales* (Trabajo de maestría). Universidad de Cantabria. <http://hdl.handle.net/10902/22323>
- Villa-Ochoa, J. A., Sánchez-Cardona, J. y Parra-Zapata, M. M. (2022). Modelación matemática en la perspectiva de la educación matemática. En M. Rodríguez, M. D. Pochulu y F. Espinoza (Eds.), *Educación matemática: aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos* (pp. 67-89). Ediciones UNGS. <http://funes.uniandes.edu.co/30732/1/VillaSanchezParra.pdf>
- Villarreal, M. E. y Mina, M.^a. (2020). Actividades experimentales con tecnologías en escenarios de modelización matemática TT. *Bolema. Boletim de Educação Matemática*, 34(67), 786-824. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n67a21>
- Vlasova, E. Z., Avksentieva, E. Y., Goncharova, S. V. y Aksyutin, P. A. (2019). Artificial intelligence-The space for the new possibilities to train teachers. *Revista Espacios*, 40(9). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85063468236&partnerID=40&md5=57fce547db69b06bbac40000a19dc4b>
- Yáñez Ortiz, V. y Nevárez Toledo, M. R. (2018). Exelearning: recurso digital de una estrategia didáctica de enseñanza-aprendizaje de matemática 3C TIC. *Cuadernos de Desarrollo Aplicados a las TIC*, 7(4), 98-121. <http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2018.62.98-121>
- Zabala-Vargas, S. A., Ardila-Segovia, D. A., García-Mora, L. H. y Benito-Crosetti, B. L. de. (2020). Aprendizaje basado en juegos (GBL) aplicado a la enseñanza de la matemática en educación superior. Una revisión sistemática de literatura. *Formación Universitaria*, 13(1), 13-26. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000100013>

Jefferson Monroy Andrade. Magíster en Ciencias de la Educación por la Universidad de la Amazonia (Colombia). Licenciando en Matemáticas por la Universidad Surcolombiana (Colombia). En la actualidad, candidato a doctor en Educación por la Universidad San Buenaventura (Colombia) desde el énfasis investigativo denominado «Estudios Interculturales Críticos y Pensamiento Pedagógico Latinoamericano».