

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i15.0262>

LA VISUALIZACIÓN MATEMÁTICA Y SU IMPACTO EN LA COMPRENSIÓN CONCEPTUAL: UNA REVISIÓN NARRATIVA

MATHEMATICAL VISUALIZATION AND ITS IMPACT ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING: A NARRATIVE REVIEW

Guerrido-Tumbaco Miguel Ángel ¹; Baque-Parrales Edwin Miguel ²;
Vera-Pisco Dimas ³; Quishpi-Vera Henry Armando ⁴

¹ Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Guayaquil, Ecuador.
Correo: miguel.guerrido@uees.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4572-1720>

² Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Guayaquil, Ecuador.
Correo: edwin.baque@uees.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5722-3377>

³ Universidad Estatal del Sur de Manabí, Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
Guayaquil, Ecuador. Correo: dimas.vera@unesum.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3524-0907>

⁴ Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Guayaquil, Ecuador.
Correo: hquishpiv@uees.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-1237-080X>

Resumen

La presente revisión narrativa examina el papel fundamental de la visualización matemática en la mejora de la comprensión conceptual de los estudiantes. Mediante un análisis sistemático de 62 publicaciones académicas recientes, se explora cómo las representaciones visuales transforman ideas abstractas en experiencias concretas, particularmente en álgebra y geometría. Los resultados revelan que la visualización no solo facilita la internalización de conceptos complejos, sino que también potencia la conexión entre diferentes áreas matemáticas, promoviendo una comprensión relacional más sólida. Se identifican diversos recursos educativos, desde manipulativos físicos hasta software especializado como GeoGebra, que permiten a los estudiantes explorar dinámicamente relaciones matemáticas. Sin embargo, la implementación efectiva enfrenta desafíos como la insuficiente formación docente y la necesidad de adaptar estrategias a diversos estilos de aprendizaje. Las implicaciones pedagógicas apuntan hacia un enfoque multimodal que integre sistemáticamente la visualización en los currículos matemáticos y promueva el aprendizaje activo. Esta revisión contribuye al campo educativo proporcionando una síntesis crítica sobre cómo la visualización puede transformar positivamente la experiencia de aprendizaje matemático, tendiendo puentes entre la abstracción disciplinar y la experiencia concreta de los estudiantes.

Palabras clave: Representación gráfica, Comprensión relacional, Herramientas digitales, Pensamiento espacial, Alfabetización visual.

Abstract

This narrative review examines the fundamental role of mathematical visualization in enhancing students' conceptual understanding. Through a systematic analysis of 62 recent academic publications, it explores how visual representations transform abstract ideas into concrete experiences, particularly in algebra and geometry. The results reveal that visualization not only facilitates the internalization of complex concepts but also strengthens connections between different mathematical areas, promoting stronger relational understanding. Various educational resources are identified, from physical manipulatives to specialized software such as GeoGebra, allowing students to dynamically explore mathematical relationships. However, effective implementation faces challenges such as insufficient teacher training and the need to adapt strategies to diverse learning styles. Pedagogical implications point toward a multimodal

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 12 de febrero de 2025.

Fecha de aceptación: 14 de abril de 2025.

Fecha de publicación: 10 de mayo de 2025.



approach that systematically integrates visualization into mathematics curricula and promotes active learning. This review contributes to the educational field by providing a critical synthesis of how visualization can positively transform the mathematical learning experience, building bridges between disciplinary abstraction and students' concrete experiences.

Keywords: Graphical representation, Relational understanding, Digital tools, Spatial thinking, Visual literacy.

1. Introducción

1.1. La Importancia de la Visualización en la Educación Matemática

La visualización matemática se configura como una herramienta esencial en el proceso educativo, ya que permite la comprensión de conceptos abstractos y fomenta habilidades analíticas críticas. En el ámbito educativo, particularmente en matemáticas, la visualización no solo facilita la comprensión de los contenidos, sino que también conecta dichos contenidos con la realidad y las experiencias cotidianas del estudiante (Ramírez Uclés & Flores Martínez, 2017). La capacidad de visualizar problemas matemáticos, además, estimula el pensamiento crítico y habilita a los alumnos para abordar problemas complejos de una manera más intuitiva y efectiva (Godino, 2021).

La integración de técnicas de visualización en el aprendizaje de la matemática se ha vuelto primordial en el marco de las pedagogías contemporáneas. Investigación ha subrayado que la utilización de representaciones gráficas y físicas contribuye al desarrollo de una comprensión relacional de los conceptos matemáticos (Gutiérrez Zuluaga et al., 2020). Esto se traduce en una mejora tanto en la retención del conocimiento como en la capacidad de aplicar matemáticas en contextos prácticos, ya sea en la resolución de ecuaciones o en la exploración de geometría. En este sentido, las representaciones visuales se convierten en puentes cognitivos que unen el conocimiento previo con nueva información, facilitando la adquisición de competencias matemáticas más robustas (Blanco et al., 2012).

Además, la visualización matemática es un elemento clave para motivar a

los estudiantes, especialmente en un contexto donde la desmotivación hacia las matemáticas es común (Calle Chacón et al., 2020). Estudios han mostrado que cuando los alumnos interactúan visualmente con los conceptos matemáticos a través de tecnologías digitales o representaciones gráficas, su interés y participación en el aprendizaje aumentan considerablemente (Jaramillo et al., 2023). Por ende, la implementación de herramientas de visualización en las aulas puede ser un eficaz reforzador de la motivación intrínseca, generando un ambiente de aprendizaje más dinámico y atractivo (Morocho Palacios et al., 2023).

Por otro lado, la visualización se coloca en un lugar central para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas. Cuando los estudiantes son capaces de traducir problemas verbales o abstractos en representaciones visuales, cuentan con una mejor plataforma para explorar estrategias de solución (Azúa Menéndez et al., 2018; Ramírez Uclés & Flores Martínez, 2017). Este proceso no solo resalta la importancia de la visualización, sino que también enfatiza su rol en el

fortalecimiento de la comprensión conceptual y en la transposición didáctica necesaria para que los estudiantes puedan trasladar sus aprendizajes a contextos más amplios (González & Granera, 2021).

Por último, la creación de espacios de aprendizaje que incorporen elementos de visualización no solo apoya a los estudiantes, sino que también proporciona a los educadores herramientas valiosas para evaluar la comprensión de los alumnos y adaptar sus métodos de enseñanza (Solar et al., 2016). La capacidad de observar cómo los estudiantes visualizan y resuelven problemas permite a los docentes realizar intervenciones más focalizadas y efectivas, lo que se traduce en una educación matemática más eficiente y alineada con las necesidades de los alumnos (Vílchez Quesada & Ávila Herrera, 2021). La visualización, al final, no es solo un complemento a la enseñanza matemática, sino una necesidad que debe ser integrada en la estructura pedagógica de un currículo que aspire a la excelencia.

1.2. El Desafío de la Comprensión Conceptual en Matemáticas

La comprensión conceptual en matemáticas presenta uno de los mayores desafíos en la educación actual, ya que muchos estudiantes luchan por captar la esencia de los conceptos matemáticos más allá de memorizar procedimientos y fórmulas. Este problema es especialmente pronunciado en aquellos que experimentan ansiedad matemática, que se caracteriza por el miedo y la tensión hacia las matemáticas, lo cual puede dificultar aún más la comprensión (Zengin, 2017). De hecho, se ha documentado que la ansiedad matemática puede afectar adversamente la resiliencia de los estudiantes y su disposición para enfrentar desafíos conceptuales (Esra, 2018). Este fenómeno no es exclusivo de un grupo demográfico, afectando, en general, a estudiantes de diversas edades y antecedentes educativos.

La percepción errónea de las matemáticas como un campo únicamente basado en la memorización de reglas ha llevado a una superficialidad en el aprendizaje. La falta de conexión entre los

conceptos abstractos y las representaciones visuales puede ser un obstáculo significativo para los estudiantes (Dexter & Hughes, 2011). Es clara la necesidad de enfoques pedagógicos innovadores que integren la visualización como una estrategia central para facilitar la comprensión profunda de los conceptos matemáticos. Investigaciones recientes han destacado que al emplear métodos de enseñanza que incorporen representaciones gráficas, la capacidad de los estudiantes para comprender y aplicar conceptos aumenta considerablemente, así como su motivación intrínseca para aprender (Tiwari et al., 2021).

Además, la visualización en matemáticas no solo ayuda a los estudiantes a desmitificar conceptos complejos, sino que también les permite establecer conexiones entre diferentes áreas de conocimiento matemático. Por ejemplo, la visualización geométrica puede vincular el álgebra y la geometría, facilitando una comprensión más unificada de las matemáticas (İlhan & Çelik, 2018). Esto es particularmente relevante en el contexto de la enseñanza de futuros

educadores, donde la formación en habilidades de visualización es elemental para su desarrollo profesional (Zayyadi et al., 2022). Al equipar a los futuros profesores con competencias en visualización, se mejora su capacidad para explicar conceptos a sus estudiantes, promoviendo un aprendizaje más significativo y duradero.

Es importante también considerar que, aunque la visualización es un medio poderoso, no es una panacea. Puede ser necesaria una preparación cuidadosa y la implementación de estrategias que combinen técnicas visuales con métodos de enseñanza tradicionales para abordar las diversas formas de representación que los estudiantes pueden encontrar en su aprendizaje de matemáticas (Boaler et al., 2016). Las investigaciones han demostrado que el uso de organizadores gráficos, por ejemplo, puede ser especialmente efectivo para aquellos estudiantes que presentan dificultades de aprendizaje (Dexter & Hughes, 2011). Estas herramientas permiten a los estudiantes estructurar su pensamiento de manera visual, configurando un mapa mental que facilita la conexión

de ideas y la resolución de problemas.

Por ende, el desafío de la comprensión conceptual en matemáticas no se reduce a un problema del estudiante individual, sino que implica un contexto educativo más amplio que intenta alinear la práctica docente con las necesidades de los estudiantes. Un enfoque que combine la visualización con el aprendizaje activo puede ser la clave para trascender la frustración que muchos estudiantes sienten hacia las matemáticas y, en última instancia, mejorar la comprensión conceptual que se requiere para tener éxito en este campo (Zengin, 2017). La creación de entornos de aprendizaje inclusivos y accesibles, donde la visualización sea una práctica habitual, debería ser una prioridad en la educación matemática contemporánea.

1.3. Objetivos y Estructura de la Revisión

La presente revisión narrativa tiene como objetivo principal examinar el papel de la visualización matemática como herramienta pedagógica y su impacto en la comprensión conceptual de los estudiantes.

Específicamente, este trabajo busca:

- (1) analizar la relación entre la visualización y la representación de conceptos matemáticos abstractos;
- (2) explorar cómo la visualización facilita la conexión entre diferentes ideas matemáticas;
- (3) identificar herramientas y recursos efectivos para implementar la visualización en el aula; y
- (4) discutir los desafíos y consideraciones para una implementación efectiva de estas estrategias en entornos educativos.

La estructura de esta revisión comprende cuatro secciones principales. Tras esta introducción, que contextualiza la importancia de la visualización en la educación matemática y los desafíos asociados a la comprensión conceptual, se presenta la sección de materiales y métodos, donde se detallan los procedimientos de búsqueda, selección y análisis de la literatura relevante. La tercera sección constituye el núcleo de la revisión, presentando los resultados y su discusión organizados en cuatro subsecciones: (a) visualización matemática y representación de conceptos abstractos, con particular énfasis en álgebra, geometría y otras áreas matemáticas; (b) el rol de la

visualización en la conexión de ideas matemáticas, destacando su contribución a la comprensión relacional; (c) herramientas y recursos disponibles para implementar la visualización en el aula; y (d) desafíos y consideraciones para una implementación efectiva. Finalmente, la cuarta sección ofrece conclusiones sobre las implicaciones pedagógicas de los hallazgos, reconociendo las limitaciones del estudio y sugiriendo futuras líneas de investigación en este campo.

Esta revisión narrativa pretende contribuir al cuerpo de conocimientos sobre estrategias pedagógicas en matemáticas, ofreciendo a educadores e investigadores una síntesis crítica del estado actual de la investigación sobre visualización matemática y su potencial para transformar positivamente la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

2. Metodología

2.1. Criterios de Selección de Estudios

La presente revisión narrativa se fundamentó en una búsqueda

sistemática de literatura científica relacionada con la visualización matemática y su impacto en la comprensión conceptual. Los criterios de selección incluyeron palabras clave específicas como "visualización matemática", "comprensión conceptual en matemáticas", "representación visual en educación matemática", "herramientas de visualización", "enseñanza de álgebra y geometría", y "pensamiento visual matemático". La búsqueda se realizó en bases de datos académicas de reconocido prestigio, incluyendo Scopus, Web of Science, ERIC, SciELO, Dialnet, y Google Scholar, priorizando publicaciones revisadas por pares.

El rango temporal de las publicaciones se limitó principalmente a los últimos diez años (2014-2024), con el fin de garantizar la actualidad de los hallazgos y su relevancia en el contexto educativo contemporáneo. Sin embargo, se incluyeron algunos estudios seminales anteriores a este período cuando resultaron fundamentales para comprender la evolución de los conceptos clave. En cuanto al idioma, se priorizaron artículos en español e inglés,

considerando la relevancia internacional de estas lenguas en la investigación educativa y la procedencia de los autores.

2.2. Proceso de Búsqueda y Selección de la Literatura

El proceso de búsqueda y selección se desarrolló en tres fases (Carvajal Rivadeneira et al., 2023). En la primera fase, se realizó una búsqueda inicial en las bases de datos mencionadas utilizando las palabras clave establecidas, lo que arrojó un corpus preliminar de aproximadamente 150 documentos. En la segunda fase, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para refinar la selección. Los criterios de inclusión contemplaron: (a) estudios que abordasen explícitamente la relación entre visualización y comprensión conceptual en matemáticas; (b) investigaciones que presentaran evidencia empírica o revisiones teóricas fundamentadas; y (c) trabajos que examinaran aplicaciones prácticas en entornos educativos reales. Por otra parte, se excluyeron: (a) estudios centrados exclusivamente en aspectos técnicos de software matemático sin conexión con la pedagogía; (b) trabajos que no

proporcionarán detalles metodológicos suficientes; y (c) publicaciones que no estuvieran relacionadas directamente con la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas.

La tercera fase consistió en un análisis de los textos completos de los artículos preseleccionados, evaluando su relevancia, calidad metodológica y contribución al campo. Adicionalmente, se realizó una búsqueda manual en las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados para identificar otros estudios potencialmente relevantes (técnica de bola de nieve). Este proceso iterativo permitió conformar un corpus final de 62 publicaciones que constituyen la base de esta revisión narrativa.

2.3. Marco de Análisis de la Información

El análisis de la literatura seleccionada se realizó mediante un enfoque cualitativo e interpretativo (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018), identificando temas emergentes y estableciendo conexiones conceptuales entre los diferentes estudios. Se empleó un

proceso de codificación temática para categorizar la información en función de los objetivos de la revisión, identificando cuatro ejes principales: (1) visualización y representación de conceptos abstractos; (2) conexión de ideas matemáticas a través de la visualización; (3) herramientas y recursos para la implementación en el aula; y (4) desafíos y consideraciones para una implementación efectiva.

Para cada uno de estos ejes temáticos, se analizaron los hallazgos, metodologías, resultados y conclusiones de los estudios seleccionados, prestando especial atención a las convergencias y divergencias entre investigaciones. Se emplearon matrices de síntesis para organizar la información extraída y facilitar la identificación de patrones y relaciones conceptuales. Este proceso permitió desarrollar una narrativa coherente que integra el conocimiento actual sobre la visualización matemática y su impacto en la comprensión conceptual, ofreciendo una perspectiva holística del tema y revelando áreas donde existe

consenso, controversia o necesidad de mayor investigación.

3. Resultados y discusión

3.1. Visualización Matemática y la Representación de Conceptos Abstractos

La visualización matemática desempeña un papel fundamental en el proceso de comprensión de conceptos abstractos, dado que permite a los estudiantes transformar ideas abstractas en representaciones más concretas y comprensibles. En este sentido, la capacidad de los estudiantes para imaginar y manipular visualmente los conceptos matemáticos se correlaciona positivamente con su comprensión y rendimiento en esta disciplina (Gutiérrez Zuluaga et al., 2020). La investigación académica ha demostrado que la utilización de representaciones visuales facilita la internalización de conceptos, especialmente en áreas como el álgebra y la geometría, donde la abstracción predomina (Poveda Fernández & García-Cuéllar, 2021).

3.1.1. Impacto en la comprensión de conceptos algebraicos

La enseñanza del álgebra puede ser particularmente desafiante debido a su naturaleza abstracta. Sin embargo, estudios han indicado que, al introducir herramientas visuales, como gráficos y diagramas, los estudiantes pueden comprender mejor las relaciones algebraicas y sus aplicaciones en contextos reales (Kanobel et al., 2022). La representación gráfica de ecuaciones y funciones no solo hace que el álgebra sea más accesible, sino que también fomenta un aprendizaje más profundo y duradero (Mejía et al., 2024; Ramírez Uclés & Flores Martínez, 2017). Investigaciones realizadas en entornos educativos han evidenciado que los estudiantes que utilizan software de visualización, como GeoGebra, para explorar funciones algebraicas logran un mayor nivel de comprensión y son más capaces de aplicar estos conceptos a problemas prácticos (Benítez & Püschel, 2014; Cantos-Arteaga et al., 2025).

También se ha observado que el uso de manipulativas visuales en el aula, como bloques algebraicos o modelos

físicos, ayuda a los estudiantes a construir una comprensión más sólida del significado detrás de las operaciones algebraicas (Gutiérrez Zuluaga et al., 2020). De esta manera, la visualización actúa como un andamiaje cognitivo que facilita el aprendizaje y la aplicación de conceptos algebraicos, transformando el ámbito abstracto en experiencias de aprendizaje concretas.

3.1.2. Impacto en la comprensión de conceptos geométrico

La geometría es otra área donde la visualización contribuye a la comprensión de los conceptos. La representación de figuras, las transformaciones geométricas y las relaciones espaciales son tópicos que requieren de una comprensión visual robusta (Poveda Fernández & García-Cuéllar, 2021). Al utilizar herramientas digitales y diseñar actividades que fomenten la exploración espacial, como el uso de software 3D, se ha demostrado que los estudiantes desarrollan habilidades visuales más efectivas y una comprensión más profunda de los conceptos geométricos (Ramírez Uclés & Flores Martínez, 2017; Vasquez Villacis et al., 2024). Por

ejemplo, las actividades que involucran la rotación y la manipulación de formas tridimensionales permiten a los estudiantes experimentar con los conceptos antes de enfrentarse a la teoría pura (Rodríguez Fernández et al., 2023).

Además, la implementación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el aula ha multiplicado las oportunidades para la visualización geométrica. Al incorporar recursos digitales que permiten la visualización dinámica de figuras y relaciones, se favorece un aprendizaje activo que se traduce en un mayor interés y motivación por parte de los estudiantes (Hernández Siolo et al., 2024; Pin Flores et al., 2024). Este enfoque promueve conexiones significativas entre conceptos geométricos y habilidades prácticas, equipando a los estudiantes con herramientas fundamentales para su desarrollo académico.

3.1.3. Impacto en la comprensión de otros conceptos matemáticos

La capacidad de visualización no se limita únicamente a conceptos de álgebra y geometría; tiene un

impacto notable en otras áreas matemáticas, incluidas las estadísticas, el cálculo y la teoría de números. La representación visual de datos estadísticos, por ejemplo, no solo ayuda a los estudiantes a interpretar la información de manera más efectiva, sino que también facilita la comprensión de conceptos avanzados como la probabilidad y la inferencia (Rivera Rojas et al., 2024). La habilidad para visualizar datos en gráficos y diagramas es esencial en el aprendizaje de matemáticas aplicadas y ciencias, donde la interpretación de datos es clave (Luna-Gijón & Ruiz-Morales, 2023).

En el ámbito del cálculo, la visualización gráfica de funciones y sus derivadas permite a los estudiantes captar conceptos como la continuidad y el cambio de manera más intuitiva (Favela Camacho, 2023). Este aprendizaje multimodal, que combina la representación algebraica con la gráfica, es fundamental para desarrollar un entendimiento profundo de estos conceptos abstractos. La integración de recursos visuales en la enseñanza de las matemáticas, por lo tanto, no solo enriquece el aprendizaje, sino que también

reduce la ansiedad y el desinterés que muchos estudiantes experimentan en relación con conceptos matemáticos complejos (Blanco et al., 2012; Chuchuca Tocto et al., 2025).

Por consiguiente, la visualización matemática emerge como una herramienta indispensable en la educación matemática moderna. Al integrar estrategias visuales en la enseñanza, se logra no solo un avance en la comprensión conceptual de los estudiantes, sino también un ambiente de aprendizaje más inclusivo y eficaz que se alinea con las necesidades y expectativas de los educandos del siglo XXI.

3.2. El Rol de la Visualización en la Conexión de Ideas Matemáticas

La visualización matemática desempeña un papel vital en la conexión de ideas matemáticas, fomentando una comprensión más profunda y relacional de los conceptos. La capacidad visual de los estudiantes permite la exploración y la manipulación mental de representaciones matemáticas, lo que ayuda a integrar conocimientos a través de relaciones interconceptuales. Investigaciones

recientes enfatizan que el uso de representaciones gráficas y visuales ofrece a los estudiantes un medio efectivo para conectar diversas áreas de las matemáticas (Tiwari et al., 2021; Wardat, 2024). A partir de estas conexiones, surge una comprensión más rica y contextualizada, facilitando el aprendizaje y la aplicación de conceptos matemáticos en situaciones del mundo real.

La comprensión relacional, que se refiere a la habilidad de ver las conexiones entre diferentes conceptos, se ve impactada positivamente por el uso de herramientas visuales. Por ejemplo, al emplear herramientas digitales como GeoGebra, los estudiantes pueden visualizar dinámicamente conceptos algebraicos y geométricos, lo que refuerza la interrelación de las ideas (Latifi et al., 2021; Rivera-Núñez et al., 2025). Esta dinámica también es aplicable a otros contextos, como el aprendizaje basado en problemas (PBL), donde la utilización de visuales puede potenciar la capacidad de los alumnos para resolver problemas al enlazar sus habilidades verbales y visuales (Naranjo Sagñay et al.,

2024; Quimis Cajamarca et al., 2024; Yudistira et al., 2020). Asimismo, el aprendizaje en un entorno dinámico y visual ayuda a desarrollar una mayor capacidad de pensamiento crítico y resolución de problemas, elementos fundamentales en la educación matemática efectiva (Burte et al., 2017).

Además, la visualización no solo contribuye a la comprensión de los conceptos desde una perspectiva cognitiva, sino que también genera un impacto afectivo favorable. La inclusión de elementos visuales en la enseñanza puede aumentar la motivación y el interés de los estudiantes en matemáticas, lo que a su vez puede fomentar un enfoque más positivo hacia el aprendizaje (Bataller et al., 2022), ya que la estética de las visualizaciones matemáticas puede capturar la atención y estimular un deseo de exploración. Esto sugiere que la implementación de metodologías que integren visualizaciones intrínsecamente bellas no solo hace que el aprendizaje sea más atractivo, sino que refuerza el compromiso del estudiante con el contenido.

En términos de desarrollo del pensamiento crítico y la resolución

de problemas, la visualización permite que los estudiantes interpreten datos y formulen hipótesis de manera más efectiva. Herramientas como las representaciones gráficas ayudan a desglosar problemas complejos y facilitan la identificación de patrones y relaciones (Sedig & Sumner, 2006). El uso de representaciones visuales también puede llevar a un aprendizaje más activo, donde los estudiantes no solo consumen información, sino que también participan en su construcción (Pitta-Pantazi & Christou, 2010). Esto se evidencia en el caso de las manipulaciones físicas y los modelos visuales tridimensionales, que permiten a los estudiantes mover y examinar conceptos desde diferentes ángulos, promoviendo así una mayor comprensión y retención de los mismos (Fatri et al., 2019).

En este contexto, es importante destacar los desafíos y consideraciones que acompañan la implementación de estrategias visuales en la enseñanza. Si bien las herramientas digitales y los recursos visuales son altamente beneficiosos, su eficacia depende de cómo se integren en el currículo y de la

formación que reciban los educadores sobre su uso (Tiwari et al., 2021). Sin la preparación adecuada para seleccionar y aplicar visualizaciones, los docentes pueden enfrentar dificultades en maximizar el potencial pedagógico de estas herramientas. Esto subraya la necesidad de investigaciones adicionales y el desarrollo profesional enfocado en la educación matemática, con el objetivo de facilitar la adopción efectiva de estrategias de visualización en el aula (Burte et al., 2017; Marikyan, 2023).

El papel de la visualización en la conexión de ideas matemáticas es innegable. No solo potencia la comprensión relacional de los conceptos, sino que también estimula el pensamiento crítico y la resolución de problemas, al tiempo que mejora la motivación y el compromiso de los estudiantes (Amin et al., 2023) con el aprendizaje. Hacia adelante, es imperativo continuar explorando las interacciones entre visualización, aprendizaje y enseñanza, asegurando así que se aprovechen al máximo las herramientas y recursos disponibles para beneficiar

a todos los estudiantes en su viaje educativo a través de las matemáticas.

3.3. Herramientas y Recursos para la Visualización en el Aula

La integración de herramientas y recursos para la visualización en la enseñanza de las matemáticas es fundamental para facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Estos recursos permiten a los educadores crear ambientes de aprendizaje interactivos, donde los estudiantes pueden explorar conceptos matemáticos de manera visual y manipular representaciones para profundizar su comprensión. Existen diversas categorías de herramientas que incluyen tanto representaciones físicas como herramientas digitales, y cada una de ellas ofrece distintas ventajas en la enseñanza de las matemáticas (Amin et al., 2023; Prayitno et al., 2021).

En el ámbito de las representaciones físicas, se encuentran objetos manipulativos que permiten a los estudiantes visualizar conceptos abstractos a través de interacciones tangibles. Por ejemplo, bloques de construcción y figuras geométricas

pueden ayudar a los alumnos a desarrollar una comprensión de las proporciones, volúmenes y áreas al proporcionar una experiencia directa de las transformaciones geométricas (Amin et al., 2023). La investigación muestra que estas manipulaciones físicas no solo mejoran la comprensión conceptual, sino que también fomentan la motivación y el interés por las matemáticas, ya que transforman el aprendizaje en una experiencia activa y lúdica (Wardat, 2024).

Por otro lado, las herramientas digitales han revolucionado la forma en que se enseña y se aprende matemáticas. Programas como GeoGebra y software de simulación matemática permiten a los estudiantes experimentar con manipulaciones gráficas en un entorno virtual (Machado Pico et al., 2024; Petrović et al., 2021; Rivera-Núñez et al., 2025). Estos recursos digitales permiten la representación dinámica de funciones, ecuaciones y figuras geométricas, facilitando la exploración de relaciones matemáticas y la visualización de fenómenos que son difíciles de representar de manera estática (Tiwari et al., 2021). La capacidad de

estos programas para adaptar las visualizaciones en tiempo real a medida que los estudiantes interactúan con los modelos matemáticos contribuye significativamente a la comprensión conceptual, ya que permite a los estudiantes observar cómo los cambios en un componente afectan a otros (Li & Li, 2020).

Además, las aplicaciones de visualización basadas en la web y las plataformas de aprendizaje en línea han ampliado el acceso a herramientas de visualización para un público más amplio. Estas plataformas ofrecen recursos interactivos que promueven el aprendizaje autodirigido y colaborativo, y permiten a los educadores adaptar el contenido a las necesidades y niveles de habilidad de sus estudiantes (Utomo, 2020). Por ejemplo, las aplicaciones que permiten el trabajo en grupo en línea pueden servir para resolver problemas matemáticos complejos usando gráficos y representaciones visuales, fomentando el diálogo y el intercambio de ideas entre los estudiantes (Sari & Sopiany, 2023).

Sin embargo, la implementación de estas herramientas y recursos no

está exenta de desafíos. Uno de los principales obstáculos es la falta de formación específica para los educadores sobre cómo integrar efectivamente estas herramientas en su enseñanza diaria (Galman, 2019; Lubis et al., 2021). Aunque muchos docentes son conscientes de los beneficios de la visualización, la falta de competencias tecnológicas y de estrategias didácticas efectivas puede limitar su uso. La capacitación profesional en el uso de recursos digitales y manipulativos es, por lo tanto, esencial para maximizar su efectividad en el aula (Utami et al., 2021).

Además, es importante considerar la elección adecuada de herramientas para los distintos niveles de aprendizaje. Las investigaciones sugieren que las elecciones de herramientas deben basarse en las características del grupo estudiantil y en los objetivos de aprendizaje, asegurando que las herramientas seleccionadas realmente se alineen con las metas específicas del currículo (Murillo et al., 2024; Tekin, 2023; Tiwari et al., 2021). Esto implica desarrollar una comprensión clara de cómo las diferentes herramientas pueden ser utilizadas

para abordar conceptos matemáticos específicos y facilitar el progreso hacia un aprendizaje más profundo.

Por último, la evaluación de la efectividad de las herramientas de visualización en el aprendizaje de matemáticas es un área que requiere más atención y estudio. La investigación existente apunta a resultados positivos, pero para desarrollar una comprensión más completa de su impacto, es importante realizar estudios longitudinales que examinen cómo estas herramientas afectan el rendimiento a largo plazo, la retención del conocimiento y las actitudes hacia las matemáticas (Cameron et al., 2019; Nkepah & Mboshi, 2024). A medida que avanzamos en esta nueva era de educación matemática potenciada por la tecnología, es imperativo no solo adoptar nuevas herramientas, sino también reflexionar críticamente sobre su implementación y efectividad en el aprendizaje de los estudiantes.

La selección e implementación de herramientas y recursos de visualización es un aspecto fundamental para mejorar la

enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Al combinar representaciones físicas y digitales, los educadores pueden desarrollar un ambiente de aprendizaje rico y dinámico que no solo mejora la comprensión conceptual, sino que también fomenta un interés duradero en las matemáticas por parte de los estudiantes. A medida que continuamos explorando estas herramientas, es vital que los educadores sean equipados con el conocimiento y las capacidades necesarias para utilizarlas de manera efectiva en sus aulas.

3.4. Desafíos y Consideraciones para la Implementación Efectiva

A pesar de las ventajas significativas que ofrecen las herramientas de visualización en la educación matemática, existen varios desafíos y consideraciones que los educadores y las instituciones deben tener en cuenta para garantizar una implementación efectiva. Uno de los desafíos primordiales es la falta de formación adecuada para los docentes en el uso de estas herramientas. Aunque muchos educadores están conscientes de la importancia de la visualización, pueden carecer de las habilidades

técnicas necesarias para integrar eficazmente estas herramientas en su práctica pedagógica (Prayitno et al., 2021). Por lo tanto, se hace indispensable que las instituciones educativas proporcionen capacitación continua y recursos adecuados que permitan a los docentes familiarizarse con las herramientas y enfoques de visualización (Kim et al., 2018).

Otro desafío a considerar es la diversidad en el entorno de aprendizaje. Los estudiantes vienen con diferentes estilos de aprendizaje, capacidades y antecedentes, lo que implica que no todas las herramientas de visualización serán igualmente efectivas para todos los alumnos. Esta variabilidad requiere que los educadores sean sensibles a las necesidades individuales de sus estudiantes y ajusten sus estrategias de enseñanza en consecuencia (Vera Pisco et al., 2024; Verdine et al., 2014; Wardat, 2024). La personalización de la instrucción, a través de diferentes tipos de representaciones visuales —ya sean manipulativas físicas, gráficos digitales o software interactivo— puede ayudar a abordar estas diferencias de manera más efectiva

y mejorar la inclusión en el aula (Vallo, 2021).

Además, es esencial reconocer que la mera introducción de herramientas visuales en el aula no garantiza una mejora significativa en el aprendizaje. Se debe considerar la calidad y la adecuación de las herramientas seleccionadas para los objetivos educativos específicos (Petrović et al., 2021). Por lo tanto, los educadores deben ser críticos al seleccionar herramientas de visualización y asegurarse de que estén alineadas con los objetivos de aprendizaje del currículo. Esto implica una planificación meticulosa y la evaluación constante de la efectividad de las herramientas en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Li & Li, 2020).

Otro aspecto relevante es la integración de la visualización con otros métodos de enseñanza. Si bien la visualización es una poderosa estrategia, debe ser complementada con enfoques pedagógicos variados para ofrecer un aprendizaje más holístico (Tiwari et al., 2021). Por ejemplo, el uso de métodos de enseñanza basados en proyectos, que fomentan la resolución de problemas y el pensamiento crítico,

combinados con visualizaciones adecuadas, pueden fomentar una comprensión más rica y contextualizada de los conceptos matemáticos (Galman, 2019). De esta forma, la sinergia entre diferentes enfoques ofrece una experiencia de aprendizaje más robusta, donde cada componente refuerza y complementa a los demás.

Finalmente, la evaluación de los efectos de las herramientas de visualización en el aprendizaje de las matemáticas también presenta desafíos. Aunque se han documentado mejoras en la comprensión y el rendimiento matemático tras el uso de visualizaciones, es clave realizar investigaciones rigurosas y continuas que examinen la efectividad a largo plazo de estas herramientas en diversos contextos educativos. Se necesitan estudios longitudinales que evalúen no solo las habilidades matemáticas inmediatas de los estudiantes, sino también cómo la visualización afecta su actitud hacia las matemáticas y su capacidad para aplicar conceptos en situaciones prácticas (Sari & Sopiany, 2023; Utomo, 2020).

En este sentido, fomentar una cultura de innovación y experimentación en las aulas puede beneficiar tanto a educadores como a estudiantes. Permitir que los docentes prueben diferentes herramientas de visualización y enfoques en un ambiente de apoyo puede conducir al descubrimiento de métodos más efectivos y al desarrollo profesional continuo. El intercambio de experiencias entre docentes sobre las herramientas utilizadas y sus resultados puede enriquecer la práctica pedagógica y abrir nuevas vías de aprendizaje para los estudiantes (Lubis et al., 2021; Tekin, 2023).

Aunque el uso de herramientas y recursos de visualización en la enseñanza de la matemática presenta un enfoque prometedor para mejorar la comprensión conceptual y el interés estudiantil, su implementación efectiva depende de múltiples factores. Desde la formación docente adecuada y la atención a la diversidad de los estudiantes, hasta la selección crítica de recursos y la integración con otros métodos pedagógicos, cada uno de estos aspectos juega un papel fundamental en maximizar el

potencial de las herramientas de visualización en el aula. A medida que avancemos en estos esfuerzos, es fundamental seguir investigando y adaptando nuestras prácticas para adaptarnos a las necesidades cambiantes de los estudiantes en el ámbito de la educación matemática.

4. Conclusiones

La integración sistemática de estrategias de visualización en los currículos matemáticos constituye una necesidad fundamental, no como complemento ocasional sino como elemento estructural del proceso enseñanza-aprendizaje. Los hallazgos respaldan un enfoque multimodal donde las representaciones visuales se combinen estratégicamente con explicaciones verbales y notaciones simbólicas, atendiendo diversos estilos de aprendizaje y fortaleciendo las conexiones que facilitan la comprensión profunda de conceptos abstractos. Asimismo, resulta esencial promover la formación docente especializada en visualización matemática, abarcando tanto el dominio de herramientas digitales y recursos físicos como el desarrollo de

competencias pedagógicas para implementarlos efectivamente.

Esta revisión presenta limitaciones inherentes a su naturaleza narrativa, incluyendo la ausencia de métodos estadísticos formales y la heterogeneidad de los estudios analizados en términos de contextos educativos y metodologías. Futuras investigaciones deberían enfocarse en estudios longitudinales que examinen el impacto a largo plazo de las estrategias de visualización, la efectividad diferencial según características individuales de los estudiantes, y la interacción entre visualización matemática y desarrollo de habilidades de pensamiento superior. También se requieren más estudios sobre modelos efectivos de formación docente que integren eficazmente herramientas visuales en la práctica educativa.

La visualización matemática emerge como elemento transformador en la educación contemporánea, tendiendo puentes entre la abstracción disciplinar y la experiencia concreta de los estudiantes. Su valor trasciende la mera facilitación comprensiva para convertirse en herramienta de

empoderamiento, permitiendo a los aprendices no solo entender conceptos matemáticos sino aplicarlos creativamente en contextos reales. En un mundo dominado por información visual y tecnologías digitales, la capacidad de representar e interpretar ideas matemáticas visualmente constituye una competencia fundamental tanto para el éxito académico como para el desenvolvimiento profesional y cotidiano.

El potencial transformador de la visualización matemática solo podrá realizarse mediante implementación reflexiva y sistemática, apoyada en investigación rigurosa y adaptada a diversos contextos educativos. Al revelar la coherencia interna de conceptos matemáticos a través de representaciones visuales significativas, podemos contribuir a formar estudiantes que no solo dominen procedimientos sino que comprendan profundamente los conceptos subyacentes, desarrollando apreciación genuina por el poder y elegancia del pensamiento matemático. Este cambio perspectivo podría ser la contribución más duradera de la

visualización al futuro de la educación matemática.

Bibliografía

- Amin, L. H., Rochmawan, A. E., & Wulandari, A. (2023). Effectiveness of Using Projects with Somatic Auditory Visualization and Intellectual Approaches about Learning Mathematics. *Syekh Nurjati International Conference on Elementary Education*, 1(0), 331. <https://doi.org/10.24235/sicee.v1i0.14669>
- Azúa Menéndez, M., Pincay Pilay, M., & Sornoza- Parrales, D. (2018). El constructivismo y la enseñanza de las matemáticas en el estudiante universitario de salud. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 18(19).
- Bataller, A., Ferrando, I., & Reyes-Torres, A. (2022). Visual Poetry and Real Context Situations in Mathematical Problem Posing and Solving: A Study of the Affective Impact. *Mathematics*, 10(10), 1647. <https://doi.org/10.3390/math10101647>
- Benítez, H. A., & Püschel, T. A. (2014). Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología

- Evolutiva. International Journal of Morphology, 32(3), 998–1008.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>
- Blanco, T. F., Godino, J. D., & Pegito, J. A. C. (2012). Razonamiento geométrico y visualización espacial desde el punto de vista ontosemiótico. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 26(42a), 39–64.
<https://doi.org/10.1590/S0103-636X2012000100004>
- Boaler, J., Chen, L., Williams, C., & Cordero, M. (2016). Seeing as Understanding: The Importance of Visual Mathematics for our Brain and Learning. *Journal of Applied & Computational Mathematics*, 05(05).
<https://doi.org/10.4172/2168-9679.1000325>
- Burte, H., Gardony, A. L., Hutton, A., & Taylor, H. A. (2017). Think3d!: Improving mathematics learning through embodied spatial training. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 13.
<https://doi.org/10.1186/s41235-017-0052-9>
- Calle Chacón, L. P., Garcia-Herrera, D. G., Ochoa-Encalada, S. C., & Erazo-Álvarez, J. C. (2020). La motivación en el aprendizaje de la matemática: Perspectiva de estudiantes de básica superior. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(1), 488.
<https://doi.org/10.35381/r.k.v5i1.794>
- Cameron, C. E., Kim, H., Duncan, R. J., Becker, D. R., & McClelland, M. M. (2019). Bidirectional and co-developing associations of cognitive, mathematics, and literacy skills during kindergarten. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 62, 135–144.
<https://doi.org/10.1016/j.appdev.2019.02.004>
- Cantos-Arteaga, J. L., Andrade-Gómez, V. H., Vera-Pisco, D. G., & Sornoza-Parrales, D. (2025). Implementación del Aprendizaje Basado en Problemas aplicando transformación de funciones usando GeoGebra 6.0, en estudiantes de una Institución Educativa. *Revista Científica Arbitrada de Investigación en Comunicación, Marketing y Empresa REICOMUNICAR*. ISSN 2737-6354., 8(15), 27–51.
- Carvajal Rivadeneira, D. D., Ponce Reyes, F. S., Sornoza-Parrales, D., Pincay Pilay, M., Antonio, Q. S., & Miller Zavala, J. H. (2023). Elementos básicos de la investigación científica: ISBN: 978-9942-846-51-8. EDITORIAL

- INTERNACIONAL RUNAIKI, 1–75.
- Chuchuca Tocto, L. D., Vera Pisco, D. G., & Sornoza-Parrales, D. (2025). Estrategias de gamificación aplicadas en matemáticas al desarrollo de competencias digitales a los estudiantes. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 9(1), 16–29. <https://doi.org/10.47230/unsum-ciencias.v9.n1.2025.16-29>
- Dexter, D. D., & Hughes, C. A. (2011). Graphic Organizers and Students with Learning Disabilities: A Meta-Analysis. *Learning Disability Quarterly*, 34(1), 51–72. <https://doi.org/10.1177/073194871103400104>
- Esra, A. (2018). Analyzing students views about mathematics teaching through stories and story generation process. *Educational Research and Reviews*, 13(7), 249–259. <https://doi.org/10.5897/ERR2018.3498>
- Fatri, F. F., Maison, M., & Syaiful, S. (2019). Kemampuan Representasi Matematis Siswa Kelas VIII SMP Ditinjau dari Gaya Kognitif Visualizer dan Verbalizer. *Jurnal Didaktik Matematika*, 6(2), 98–111. <https://doi.org/10.24815/jdm.v6i2.14179>
- Favela Camacho, S. M. (2023). Solución a un problema de eventos discretos en sistemas dinámicos utilizando las redes de Petri y el software HiPS. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 15(2). <https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2932>
- Galman, S. M. A. (2019). On Solving Mathematical Problems the Spatial-Visual Ways. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 07(03), 559–566. <https://doi.org/10.4236/jamp.2019.73041>
- Godino, J. D. (2021). De la ingeniería a la idoneidad didáctica en educación matemática. *Revemop*, 3, e202129. <https://doi.org/10.33532/revemop.e202129>
- González, J. I., & Granera, J. (2021). Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) para la enseñanza-aprendizaje de la Matemática. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 49–62. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i0.11607>
- Gutiérrez Zuluaga, H., Aristizabal Zapata, J. H., & 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>
- Hernández Siolo, M., Saams Brandt, S., & Mayorga Muñoz, E. (2024). Importancia de las TIC para la Enseñanza de las Matemáticas en la Edad Escolar en Latinoamérica: Revisión Literaria. *Saber Ser - Revista de Estudios Cualitativos en Educación*, 1(1), 29–46. <https://doi.org/10.35997/saber-ser.v1i1.7>
- Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. En McGraw Hill Mexico.
- İlhan, A., & Çelik, H. C. (2018). Assessment of student achievement and views on the impact of instruction with visualization of identities in $(ax+b)^n$ form in mathematics. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 8(4), 833–878. <https://doi.org/10.14527/pegogog.2018.031>
- Kanobel, M. C., Galli, M. G., & Chan, D. M. (2022). El uso de juegos digitales en las clases de Matemática: Una revisión sistemática de la literatura: una revisión sistemática de la literatura. *Revista Andina de Educación*, 5(2), 005212. <https://doi.org/10.32719/26312816.2022.5.2.12>
- Kim, H., Duran, C. A. K., Cameron, C. E., & Grissmer, D. (2018). Developmental Relations Among Motor and Cognitive Processes and Mathematics Skills. *Child Development*, 89(2), 476–494. <https://doi.org/10.1111/cdev.12752>
- Latifi, M., Hattaf, K., & Achtaich, N. (2021). The Effect of Dynamic Mathematics Software Geogebra on Student' Achievement: The Case of Differential Equations. *Journal of Educational and Social Research*, 11(6), 211. <https://doi.org/10.36941/jesr-2021-0141>
- Li, W., & Li, J. (2020). Research on Music Visualization Based on Graphic Images and Mathematical Statistics. *IEEE Access*, 8, 100652–100660. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2999106>
- Lubis, S., Setyaningrum, W., Abdullah, A. H., Al Gafari, M. R., & Habibullah, H. (2021). Students', Pre-Service Mathematics Teachers', and In-Service Mathematics Teachers' Perception on Calculus Learning Video. *Eduma: Mathematics Education Learning and Teaching*, 10(2), 143. <https://doi.org/10.24235/eduma.v10i2.8599>
- Luna-Gijón, G., & Ruiz-Morales, Y. E. (2023). Enseñanza de las

- matemáticas en diseño gráfico para aprender visualización de datos y diseño de información. *Acta Universitaria*, 33, 1–25. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3572>
- Machado Pico, H. A., Sagnay Alvarado, E., Vera Pisco, D. G., & Sornoza-Parrales, D. (2024). Integración Efectiva De Aplicaciones Informáticas Para Potenciar El Aprendizaje De Las Matemáticas En Bachillerato. *Revista Científica Sinapsis*, 25(2). <https://doi.org/10.37117/s.v25i2.1108>
- Marikyan, G. (2023). Teaching Mathematics with Visuals Gohar Marikyan. *Athens Journal of Sciences*, 10(4), 231–240. <https://doi.org/10.30958/ajs.10-4-3>
- Mejía, F. J., Valladolid, M. J. C., Parrales, D. R. S., & Pisco, D. G. V. (2024). Gamificación como estrategia didáctica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de ecuaciones e inecuaciones: Gamificación como estrategia didáctica. *Revista Científica Sinapsis*, 25(2).
- Morocho Palacios, H. F., Cuenca Cumbicos, K. M., & Tapia Peralta, S. R. (2023). El impacto de la gamificación en la motivación y el aprendizaje de los estudiantes de matemáticas de educación básica superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 6494–6505. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6650
- Murillo, M. del R. B., Pazmiño, B. A. M., & Sornoza-Parrales, D. (2024). SECUENCIA DIDÁCTICA MATEMÁTICA FUNDAMENTADA EN LA APLICACIÓN DEL AULA INVERTIDA: SECUENCIA DIDÁCTICA EN MATEMÁTICAS: AULA INVERTIDA. *REFCaLE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010, 12(3), 81–96.
- Naranjo Sagñay, W. C., Contreras Sánchez, E. P., Sornoza-Parrales, D., & Vera Pisco, D. G. (2024). El aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica para la enseñanza de límite de función. *Revista Científica Sinapsis*, 25(2).
- Nkepah, B. D., & Mboshi, N. S. (2024). Examining the Mathematical Competences of Visually Challenged Students in the University of Bamenda- UBa, Cameroon. *American Journal of Education and Practice*, 8(3), 13–23. <https://doi.org/10.47672/ajep.2097>

- Petrović, L., Stojanović, D., Mitrović, S., Barać, D., & Bogdanović, Z. (2021). Designing an extended smart classroom: An approach to game-based learning for IoT. *Computer Applications in Engineering Education*, cae.22446. <https://doi.org/10.1002/cae.22446>
- Pin Flores, Á. M., Sornoza-Parrales, D., Orejuela Mendoza, I., & Vera Pisco, D. (2024). Uso de Padlet en la Motivación y el Aprendizaje Colaborativo en Ciencias Naturales: Un Estudio Descriptivo en la Educación Básica Superior. *Arandu UTIC*, 11(2), 1878–1899.
- Pitta-Pantazi, D., & Christou, C. (2010). Spatial versus object visualisation: The case of mathematical understanding in three-dimensional arrays of cubes and nets. *International Journal of Educational Research*, 49(2–3), 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2010.10.001>
- Poveda Fernández, W. E., & García-Cuellar, D. (2021). Estrategias asociadas al uso de GeoGebra en un contexto de resolución de problemas. *REMATEC*, 16(37), 61–79. <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2021.n37.p61-79.id252>
- Prayitno, S., Lu'luilmaknunn, U., Sridana, N., & Subarinah, S. (2021). Analyzing the Ability of Mathematics Students as Prospective Mathematics Teachers on Multiple Mathematical Representation: 2nd Annual Conference on Education and Social Science (ACCESS 2020), Mataram, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210525.096>
- Quimis Cajamarca, O., Moncayo Álvarez, A. I., Vera Pisco, D. G., & Sornoza Parrales, D. (2024). Impact of PBL on arithmetic polynomials in eighth grade students. *Revista Científica Sinapsis*, 25(2). <https://doi.org/10.37117/s.v25i2.1109>
- Ramírez Uclés, R., & Flores Martínez, P. (2017). Habilidades de visualización de estudiantes con talento matemático: Comparativa entre los test psicométricos y las habilidades de visualización manifestadas en tareas geométricas. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 35(2), 179–196. <https://doi.org/10.5565/rev/en ciencias.2152>
- Rivera Rojas, F. N., Villalta Jimbo, T. B., & Maliza Cruz, W. I. (2024). Herramientas digitales para la enseñanza de matemática en la formación

- técnica profesional. Polo del Conocimiento, 9(4), 2914–2938.
<https://doi.org/10.23857/pc.v9i4.7133>
- Rivera-Núñez, E. M., Hurtado-Aguay, W. E., Vera-Pisco, D. G., & Sornoza-Parrales, D. (2025). GAMIFICACIÓN CON GEOGEBRA: UN ESTUDIO SOBRE EL APRENDIZAJE DE FUNCIONES LINEALES EN ESTUDIANTES DE BACHILLERATO. REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA ARBITRADA YACHASUN - ISSN: 2697-3456, 9(16), 392–405.
- Rodríguez Fernández, A., Castiñeira Vaeiga, G., Rodríguez Taboada, J., & Blanco, T. F. (2023). CONECTANDO ARTE Y MATEMÁTICA: MOSAICOS CON GEOGEBRA. Revista Binacional Brasil-Argentina: Diálogo entre as ciências, 12(02), 52–71.
<https://doi.org/10.22481/rbba.v12i02.13839>
- Sari, R. M. M., & Sopiany, H. (2023). The Effect Of STEM-Based Project-Based Learning In Improving High School Students' Visual Mathematical Ability. SJME (Supremum Journal of Mathematics Education), 7(2), 223–231.
<https://doi.org/10.35706/sjme.v7i2.8934>
- Sedig, K., & Sumner, M. (2006). Characterizing Interaction with Visual Mathematical Representations. International Journal of Computers for Mathematical Learning, 11(1), 1–55.
<https://doi.org/10.1007/s10758-006-0001-z>
- Solar, H., Ortiz, A., & Ulloa, R. (2016). MED: Modelo de formación continua para profesores de matemática, basada en la experiencia. Estudios Pedagógicos (Valdivia), 42(4), 281–298.
<https://doi.org/10.4067/S0718-070520160005000016>
- Tekin, B. (2023). VISUALIZATION OF ALGEBRARY IDENTIFICATIONS IN RXRR2 (PLANE) AT SECONDARY LEVEL. International Journal Of Eurasia Social Sciences, 51.
<https://doi.org/10.35826/ijoes.s.3254>
- Tiwari, S., Obradovic, D., Rathour, L., Narayan Mishra, L., & Mishra, V. N. (2021). Visualization In Mathematics Teaching. JOURNAL OF ADVANCES IN MATHEMATICS, 20, 431–439.
<https://doi.org/10.24297/jam.v20i.9136>
- Utami, A. P., Mardiyana, & Pramudya, I. (2021). Visual Students: How Their Representation in Problem

- Solving?: International Conference of Mathematics and Mathematics Education (I-CMME 2021), Surakarta, Indonesia.
<https://doi.org/10.2991/assehr.k.211122.005>
- Utomo, D. P. (2020). The Patterns of Changing Mathematical Representations in Solving Mathematical Problems Among Junior High School Students: Proceedings of the International Conference on Community Development (ICCD 2020). International Conference on Community Development (ICCD 2020), Malang, Indonesia.
<https://doi.org/10.2991/assehr.k.201017.044>
- Vallo, D. (2021). Visualization of Selected Sangaku Problem as Didactical Phenomenon in GeoGebra. TEM Journal, 540–545.
<https://doi.org/10.18421/TEM.102-08>
- Vasquez Villacis, M. I., Vera Pisco, D. G., & Sornoza Parrales, D. R. (2024). Rutina de pensamiento y la incorporación de las Tic como metodología innovadora en la enseñanza de la matemática: Thinking routine and the incorporation of ICT. Revista Científica Sinapsis, 25(2).
<https://doi.org/10.37117/s.v25i2.1107>
- Vera Pisco, D., Sornoza-Parrales, D., Murillo Baque, D. S., & Cobeña Macías, F. M. (2024). Aplicación de las matemáticas en la vida cotidiana con la aplicación del Programa Lingo. Revista peruana de investigación e innovación educativa, 4(1), e26921–e26921.
- Verdine, B. N., Irwin, C. M., Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (2014). Contributions of executive function and spatial skills to preschool mathematics achievement. Journal of Experimental Child Psychology, 126, 37–51.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.02.012>
- Vílchez Quesada, E., & Ávila Herrera, J. F. (2021). Enseñanza y aprendizaje de la matemática para informática empleando documentos con un formato computable (CDFs): Una percepción docente en la Universidad Nacional de Costa Rica: Teaching and learning of mathematics for computer science using documents with a computable format (CDFs): a teaching perception at the National University of Costa Rica. Revista Digital: Matemática, Educación e Internet, 21(2).
<https://doi.org/10.18845/rdmei.v21i2.5608>

- Wardat, Y. (2024). Evaluating Students' Perception of Visual Mathematics in Secondary Geometry Education: A Mixed Methods Investigation. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(4), 542–551. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.4.2075>
- Yudistira, P., Syaiful, S., & Anggareini, E. (2020). Problem Based Learning (PBL) and Verbal-visual Abilities: Its Influence on Students' Mathematics Learning Outcomes. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 3(2), 153–164. <https://doi.org/10.24042/ijsme.v3i2.6146>
- Zayyadi, M., Nusantara, T., & Lanya, H. (2022). The commognitive perspective of teaching skills of prospective mathematics teachers in microteaching subjects. *Jurnal Elemen*, 8(1), 43–54. <https://doi.org/10.29408/jel.v8i1.4129>
- Zengin, Y. (2017). GeoGebra Yazılımının Matematik Kaygısı ve Matematik Öğretme Kaygısına Etkisinin İncelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 908–939. <https://doi.org/10.23891/efdyyu.2017.34>