



IMPACTO DEL USO DE GEOGEBRA EN EL APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE PRIMER Y SEGUNDO NIVEL

IMPACT OF USING GEOGEBRA ON MATHEMATICS LEARNING IN FIRST- AND SECOND-YEAR UNIVERSITY STUDENTS

Tamia Lima-Lema ¹

E-mail: t.lima.mae@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Marisela Giraldo de López ^{1*}

E-mail: mgiraldo@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7660-8803>

¹ Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Lima-Lema, T. y Giraldo de López, M. (2026). Impacto del uso de GeoGebra en el aprendizaje de matemáticas en estudiantes universitarios de primer y segundo nivel. *Revista Conrado*, 22(108), e5175.

RESUMEN

El presente estudio analiza el impacto de GeoGebra en el aprendizaje de matemáticas en estudiantes de ingeniería en una universidad ecuatoriana. Se aplicó un cuestionario validado a 49 estudiantes de primer y segundo nivel, evaluando dimensiones motivacionales, de navegabilidad e interfaz, y pedagógicas-didácticas. Los datos se procesaron mediante pruebas estadísticas no paramétricas y se sintetizaron en un índice global de percepción (IGP), diseñado para integrar las dimensiones evaluadas. Los resultados muestran una valoración positiva y consistente de GeoGebra, con una diferencia significativa en la dimensión de navegabilidad según el nivel académico, lo que evidencia que la familiaridad digital incide en la percepción del software. El estudio aporta un enfoque metodológico replicable en contextos universitarios y abre la discusión sobre la necesidad de integrar GeoGebra con estrategias pedagógicas complementarias en educación superior.

Palabras clave:

Motivación, Didáctica, Innovación Educativa, Tecnologías Digitales, Percepción Estudiantil.

ABSTRACT

This study examines the impact of GeoGebra on mathematics learning among engineering students at an Ecuadorian university. A validated questionnaire was administered to 49 first- and second-year students, evaluating motivational, navigability and interface, and pedagogical-didactic dimensions. Data were analyzed using non-parametric statistical tests and synthesized into a Global Perception Index (GPI), developed to integrate the assessed dimensions. Results indicate a generally positive perception of GeoGebra, with a significant difference in the navigability dimension between academic levels, suggesting that digital familiarity influences students' evaluation of the software. The study contributes a replicable methodological approach for higher education contexts and highlights the need to combine GeoGebra with complementary pedagogical strategies in engineering education.

Keywords:

Motivation, Didactics, Educational Innovation, Digital Technologies, Student Perception.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las matemáticas en educación superior continúa siendo un reto, especialmente en carreras de ingeniería, donde el estudiantado vincula conceptos abstractos con la resolución de problemas técnicos. Entre las principales dificultades se encuentran la escasa motivación, la limitada comprensión conceptual y la persistencia de metodologías tradicionales centradas en la repetición (Alhadoor, et al., 2023; Copur-Gençtürk et al., 2025). Frente a estas limitaciones, el uso de tecnologías educativas enriquece la experiencia de aprendizaje (Kokka, 2018).

Diversas integraciones pedagógicas han buscado transformar la enseñanza de las matemáticas mediante aproximaciones innovadoras. Por ejemplo, el aprendizaje colaborativo por medio de entornos digitales ha demostrado mejorar el logro académico y la actitud hacia las matemáticas en niveles escolares (Siller & Ahmad, 2024). En el caso de la gamificación, múltiples estudios destacan un incremento tanto en la motivación como en la participación activa, aunque con la advertencia de una posible disminución a largo plazo (Kalogiannakis et al., 2021). En cuanto al aula invertida (flipped classroom), investigaciones sistemáticas indican que puede potenciar la metaconciencia del estudiantado y la colaboración, especialmente en educación superior (Baig & Yadegaridehkordi, 2023). Por último, los enfoques basados en aprendizaje activo registran mejoras significativas en el rendimiento, reduciendo notablemente las tasas de fracaso en cursos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, Science, Technology, Engineering and Mathematics) (Borda et al., 2020).

Entre las múltiples herramientas digitales para la enseñanza de las matemáticas, GeoGebra destaca como un software interactivo de libre acceso que combina álgebra, geometría, cálculo y estadística en un mismo entorno dinámico. La literatura reciente confirma que la mayoría de las investigaciones sobre GeoGebra se concentran en educación básica y en la formación docente. En niveles escolares iniciales, su uso ha mostrado efectos positivos en la motivación, las actitudes y el rendimiento matemático (Aliu et al., 2025), mientras que en programas de formación de profesores se ha asociado con el desarrollo de prácticas pedagógicas más efectivas y dinámicas (Benning, 2021). Sin embargo, los estudios en educación superior y en carreras de ingeniería son escasos y, salvo aproximaciones aisladas como las de (Persson, 2025; Seloane et al., 2025; Cenas et al., 2021), no se encuentran propuestas que analicen de manera integral la experiencia estudiantil con este recurso en contextos universitarios exigentes.

En disciplinas STEM, GeoGebra se reconoce como un recurso que potencia la resolución activa de problemas (Ziatdinov & Valles, 2022). Experiencias recientes muestran que su integración, combinada con estrategias como el uso de screencasts, favorece la comprensión conceptual y el compromiso académico en estudiantes de ingeniería (Persson, 2025). Asimismo, en tópicos de mayor abstracción, como los números imaginarios, se ha comprobado que contribuye a disminuir errores recurrentes (Seloane et al., 2025). Estas evidencias, aunque valiosas, contrastan con la falta de estudios sistemáticos en educación superior, donde la complejidad de los contenidos requiere diseños pedagógicos más robustos y un análisis crítico de su impacto.

Este estudio responde a esa necesidad mediante un análisis crítico de la percepción estudiantil sobre el uso de GeoGebra en contextos universitarios de ingeniería en Ecuador. Para ello, se aplica un cuestionario previamente validado que evalúa tres dimensiones (motivacional, de navegabilidad e interfaz, y pedagógica-didáctica), y a partir de los resultados se construye un índice global de percepción. Con ello, se ofrece una contribución diferenciada frente a estudios previos de carácter descriptivo, al mostrar que los beneficios reportados en educación básica no siempre se reproducen en escenarios académicos de mayor complejidad.

El artículo se organiza en cuatro secciones principales. La sección de materiales y métodos presenta el diseño del estudio, la muestra y los procedimientos de recolección y análisis de datos. La sección de resultados-discusión expone los hallazgos principales, los compara con estudios previos y analiza críticamente sus implicaciones pedagógicas. Finalmente, la sección de conclusiones sintetiza los aportes centrales del estudio y plantea posibles líneas de investigación futura.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se aplican procedimientos metodológicos que incluyen el cuestionario validado, la selección de la muestra representativa, el aseguramiento de la confiabilidad mediante pruebas estadísticas y el análisis de los datos con herramientas tecnológicas especializadas.

Diseño de investigación

El estudio adopta un diseño cuantitativo de tipo descriptivo-crítico, orientado a explorar la percepción de estudiantes de ingeniería frente al uso de GeoGebra como recurso de apoyo en el aprendizaje de matemáticas. Esta alineación resulta pertinente porque permite caracterizar actitudes y valoraciones del estudiantado a través de instrumentos estandarizados y generar indicadores que

posibilitan comparaciones con investigaciones previas. Según Creswell & Creswell (2018), los diseños descriptivos en educación superior son adecuados cuando se busca establecer relaciones entre variables observables y comprender fenómenos en su contexto real, sin manipular directamente los entornos de aprendizaje. En este sentido, la presente investigación se centra en analizar dimensiones específicas de la experiencia estudiantil. En base a esto, se construye un índice global de percepción que aporte una visión integral del fenómeno.

Contexto y muestra

El estudio se desarrolló en una universidad pública del norte de Ecuador, dentro de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica. La aplicación del cuestionario se realizó en los niveles iniciales de formación, específicamente con estudiantes de primer y segundo nivel, en asignaturas de matemáticas básicas. Este contexto resulta relevante, ya que corresponde a una etapa de transición entre la educación secundaria y la universitaria, en la que se suelen manifestar dificultades de adaptación metodológica y conceptual en el aprendizaje de las matemáticas.

La muestra estuvo conformada por la totalidad de la población objetivo: 49 estudiantes, 28 de primer nivel y 21 de segundo nivel. En términos sociodemográficos, predominó una composición equilibrada entre hombres y mujeres, con edades comprendidas entre los 17 y 21 años, correspondientes en su mayoría a estudiantes recién egresados de bachillerato.

Instrumento de recolección de datos

El instrumento fue un cuestionario validado en investigaciones sobre la integración de GeoGebra en procesos educativos por Córdoba-Gómez et. al (2023) y adaptado al contexto universitario. La adaptación incluyó la revisión de redacción de ítems para ajustarlos al nivel académico de estudiantes de ingeniería y asegurar su pertinencia. Se aplicó en línea a través de la herramienta Microsoft Forms. Dicho cuestionario se estructuró en torno a tres dimensiones principales: (i) motivacional, enfocada en el interés y la disposición hacia el aprendizaje con herramientas digitales; (ii) navegabilidad e interfaz, orientada a valorar la facilidad de uso, claridad visual y accesibilidad del software; y (iii) pedagógica-didáctica, dirigida a examinar la contribución de la herramienta en la comprensión de conceptos matemáticos y en la dinámica de enseñanza. La validez de contenido y de constructo se garantizó a través de revisiones por expertos en pedagogía y matemáticas, quienes confirmaron la adecuación de los ítems.

El cuestionario estuvo conformado por 9 ítems en escala tipo Likert de cinco puntos, que oscilaron desde “totalmente en desacuerdo” (1) hasta “totalmente de acuerdo” (5). Esta escala es comúnmente empleada en estudios de percepción por su capacidad para capturar gradientes de opinión en torno a fenómenos educativos (Creswell & Creswell, 2018).

Con el fin de garantizar la confiabilidad del instrumento en el nuevo contexto, se calculó el coeficiente Alpha de Cronbach, ampliamente reconocido como medida de consistencia interna (Zakariya, 2022). La fórmula general se expresa como Formula 1:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right) \quad (F1)$$

Donde k corresponde al número de ítems, σ_i^2 representa la varianza de cada ítem y σ_T^2 la varianza total del cuestionario. Valores de α entre 0.7 y 0.9 son considerados óptimos, al reflejar un equilibrio entre homogeneidad de los ítems y ausencia de redundancia excesiva.

Procedimiento de análisis de datos

Con el objetivo de seleccionar las pruebas estadísticas más apropiadas, se realizó una verificación de la normalidad de los datos mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov, recomendadas para muestras pequeñas y medianas en ciencias sociales (Mukherjee y Bhonge, 2025). En particular, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, apropiada para comparar distribuciones entre grupos independientes. El estadístico H se define como Formula 2:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^g \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad (F2)$$

Donde g es el número de grupos, n_i el tamaño del grupo i, R_i la suma de rangos del grupo i, y N el tamaño total de la muestra (Alcaraz et al., 2022). El valor de H indica si los estudiantes de primer y segundo nivel tienen percepciones similares o diferentes respecto al uso de GeoGebra.

Con el fin de sintetizar los resultados en un valor único representativo, se construyó un índice global de percepción (IGP) que integra las tres dimensiones analizadas. El cálculo se realizó mediante un promedio ponderado de las puntuaciones obtenidas en cada dimensión, según la expresión Formula 3:

$$IGP = \frac{\sum_{j=1}^m w_j D_j}{\sum_{j=1}^m w_j}$$

F3)

donde D_j corresponde a la puntuación media de la dimensión j y w_j al peso asignado a dicha dimensión. En este estudio, se asignaron ponderaciones iguales ($w_j = 1$) a todas las dimensiones, con el fin de mantener un balance metodológico en la interpretación de los resultados. Un valor elevado del índice refleja una percepción favorable y equilibrada en los distintos ámbitos evaluados, mientras que valores bajos indican limitaciones que requieren atención pedagógica en la integración de la herramienta.

Herramientas tecnológicas y software

El procesamiento y análisis de los datos se apoyó en diversas herramientas tecnológicas. Para la organización y depuración inicial de la base de datos se empleó Microsoft Excel, facilitando la estructuración de las respuestas antes del análisis. El análisis estadístico fue realizado principalmente con Python, apoyado en librerías especializadas como Pandas para la manipulación de datos, NumPy para cálculos numéricos y SciPy para pruebas estadísticas, en un entorno abierto. Estos paquetes son ampliamente reconocidos por su eficacia en análisis científicos y educativos (Virtanen et al., 2020).

La visualización de resultados se basó en las bibliotecas Matplotlib y Seaborn, con las cuales se generaron gráficos comparativos que facilitaron la interpretación de los datos de manera clara y atractiva. La documentación de los scripts utilizados garantiza transparencia y reproducibilidad, y representa un avance metodológico frente al uso de software propietario como SPSS o R.

GeoGebra desempeña el rol central en este estudio, actuando como eje del análisis aplicado. Su uso se analiza en términos de impacto en la motivación, navegabilidad e interfaz, y dimensión pedagógica del aprendizaje matemático en ingeniería.

RESULTADOS-DISCUSIÓN

La aplicación del cuestionario permitió recopilar información sobre la percepción estudiantil respecto al uso de GeoGebra en matemáticas en ingeniería, organizada en tres dimensiones, además de un índice global de percepción. Los resultados, discutidos en contraste con la literatura, muestran que, a diferencia de los estudios en niveles escolares que reportan mejoras consistentes en motivación, actitudes y rendimiento (Aliu et al., 2025; Cenas et al., 2021), en contextos universitarios emergen matices asociados a la mayor complejidad académica, lo que aporta una lectura diferenciada sobre los alcances y límites de la integración de tecnologías educativas.

Escenario de aplicación

La Tabla 1 sintetiza las actividades desarrolladas con GeoGebra en función del nivel académico, destacándose que en primer nivel se priorizaron ejercicios de visualización y análisis básico de funciones, mientras que en segundo nivel se orientaron hacia problemas aplicados en ingeniería.

Tabla 1: Escenario de aplicación de GeoGebra en primer y segundo nivel de ingeniería.

Nivel académico	Actividades de GeoGebra
Primer nivel	Visualización de funciones polinómicas y trigonométricas, análisis gráfico de intersecciones y áreas.
Segundo nivel	Resolución de problemas contextualizados en ingeniería (trayectorias, oscilaciones y modelado aplicado).

Confiabilidad y normalidad

La confiabilidad del cuestionario fue evaluada mediante el coeficiente alfa de Cronbach, cuyo valor se ubicó dentro del rango óptimo recomendado (0.7 – 0.9), lo que asegura consistencia interna en las respuestas (Zakariya, 2022). Este resultado confirma la pertinencia del instrumento para el análisis en contextos universitarios. Asimismo, se verificó la normalidad de los datos mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados indicaron la necesidad de emplear estadísticos no paramétricos (Mukherjee & Bhonge, 2025).



Tabla 2: Resultados de confiabilidad y pruebas de normalidad.

Prueba	Valor	Interpretación
Alfa de Cronbach	0.83	Consistencia interna óptima
Shapiro-Wilk	$p < 0.05$	No normalidad de los datos
Kolmogorov-Smirnov	$p < 0.05$	No normalidad de los datos

Diferencias entre semestres

Con el fin de contrastar posibles diferencias en las percepciones estudiantiles según el nivel académico, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para cada ítem se formularon las hipótesis: H_0 , no existen diferencias significativas entre estudiantes de primer y segundo semestre; H_1 , al menos uno de los grupos presenta una percepción diferente. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Resultados de la prueba de Kruskal–Wallis por ítems del cuestionario.

Dimensión	Ítem	H	p-value
Motivacional	¿GeoGebra incentiva la participación activa en el aprendizaje?	3.333	0.068
	¿GeoGebra ofrece información de manera interesante y motivadora?	1.761	0.185
Navegabilidad e interfaz	¿GeoGebra facilita la navegación e interacción?	4.434	0.035
	¿GeoGebra tiene un entorno visual atractivo con fuentes y colores adecuados?	1.763	0.184
Pedagógica-didáctica	¿GeoGebra organiza y cumple funciones pedagógicas y didácticas?	0.344	0.558
	¿GeoGebra desarrolla la temática de manera profunda?	0.117	0.733
	¿GeoGebra mejora la comprensión con simulaciones interactivas?	1.143	0.285
	¿GeoGebra es una herramienta educativa innovadora?	0.603	0.437
	¿Es valioso que el docente use GeoGebra para guiar la observación?	1.818	0.178

La interpretación de los valores obtenidos muestra que, en la mayoría de los ítems, $p > 0.05$, por lo que no se rechaza H_0 , lo que sugiere percepciones homogéneas entre los dos grupos. Sin embargo, en el ítem “¿GeoGebra facilita la navegación e interacción?” se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa ($H = 4.43$, $p = 0.035$), indicando que la facilidad de uso del software es valorada de manera distinta por los estudiantes de primer y segundo semestre. Este resultado subraya la necesidad de considerar el nivel académico en la integración pedagógica de herramientas digitales.

El análisis del IGP en la Tabla 4 evidencia que tanto estudiantes de primer como de segundo semestre mantienen una valoración positiva sobre el uso de GeoGebra. No obstante, el valor superior registrado en segundo semestre (3.88) frente al primer semestre (3.55) sugiere que la percepción favorable aumenta con la progresión académica. Este resultado puede explicarse por la mayor familiaridad adquirida con herramientas digitales y la consolidación de hábitos de estudio universitarios, lo que coincide con Persson (2025), quien señala que estudiantes más avanzados desarrollan mayor autonomía en la interacción con entornos tecnológicos de aprendizaje.



Tabla 4: IGP por semestre.

Semestre	IGP
Primer semestre	3.55
Segundo semestre	3.88

DISCUSIÓN

Los resultados confirman que GeoGebra es percibido como un recurso pedagógico valioso en la enseñanza de matemáticas en contextos de ingeniería, al favorecer la motivación estudiantil y la comprensión de conceptos abstractos. Este hallazgo es consistente con la literatura en niveles escolares y en formación docente, donde se reportan mejoras en la actitud y el rendimiento matemático gracias a su uso (Aliu et al., 2025; Cenas et al., 2021; Benning, 2021). La confiabilidad del cuestionario, respaldada por un coeficiente α de Cronbach en rangos óptimos, refuerza la pertinencia de los resultados en el nuevo contexto universitario.

No obstante, este estudio aporta elementos diferencia-dores. En primer lugar, el análisis estadístico reveló una diferencia significativa en la dimensión de navegabilidad e interacción entre estudiantes de primer y segundo nivel, lo que indica que la experiencia previa con entornos digitales incide en la valoración del software. Este matiz coincide parcialmente con Persson (2025), quien identificó mayor autonomía en niveles avanzados, y con Seloane et al. (2025), quienes resaltan la importancia de la accesibilidad de la interfaz en la reducción de errores conceptuales.

En segundo lugar, la construcción de un IGP constituye un aporte metodológico que va más allá de estudios descriptivos previos. El IGP permitió sintetizar en un solo indicador la valoración de tres dimensiones esenciales, moti-vacional, navegabilidad-interfaz y pedagógica-didáctica, ofreciendo una visión integral de la experiencia estudian-til. Este enfoque facilita comparaciones sistemáticas con otros contextos educativos y proporciona una herramien-ta replicable en investigaciones futuras.

Finalmente, aunque GeoGebra potencia la exploración visual y la motivación inicial, su efecto es limitado en es-cenarios de alta complejidad académica. Para aprove-char plenamente sus beneficios en educación superior, es necesario integrarlo con estrategias pedagógicas acti-vas y con un acompañamiento docente que promueva la transferencia del aprendizaje hacia problemas de mayor abstracción y aplicación técnica.

CONCLUSIONES

Los hallazgos evidencian que GeoGebra es valorado como un recurso eficaz para motivar y facilitar la com-prensión visual de conceptos matemáticos en ingeniería, aunque su impacto se matiza frente a la complejidad pro-pia de la educación superior. La diferencia significativa identificada en la dimensión de navegabilidad revela que el nivel de experiencia digital influye en la percepción del software, destacando la necesidad de acompañamiento pedagógico en etapas iniciales.

El uso de un índice global de percepción constituye un aporte metodológico relevante, al integrar distintas di-mensiones en un indicador único que facilita compara-ciones y análisis críticos en investigaciones educativas. Este enfoque puede ser replicado en otras disciplinas y niveles de educación superior.

En consecuencia, se recomienda que la integración de GeoGebra se combine con metodologías activas como aprendizaje basado en proyectos o aula invertida, y con una mediación docente que promueva la transferencia hacia problemas de mayor abstracción y aplicación técni-ca. Futuras investigaciones deberían ampliar la muestra, incluir comparaciones con grupos de control y explorar variables socioemocionales que influyan en la percepción y en los resultados de aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaraz, J., Anton-Sanchez, L., & Monge, J. F. (2022). The Concordance test, an alternative to the Kruskal–Wallis test based on the Kendall- τ distance: An R package. *The R Journal*, 14(2), 26–53. <https://doi.org/10.32614/RJ-2022-039>

Alhadoor, Z. A. N., Aldbyani, A., & Alshammari, K. K. (2023). A meta-analysis on the effectiveness of strategies and programs used to address the mathematics learning difficulties. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(10), em2337. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13607>

Aliu, E. R., Jusufi Zenku, T., Iseni, E., y Rexhepi, S. (2025). The advantage of using GeoGebra in the understanding of vectors and comparison with the classical method. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(2), em0824. <https://doi.org/10.29333/iejme/16007>

Baig, M. I. & Yadegaridehkordi, E. (2023). Flipped clas-room in higher education: A systematic literature review and research challenges. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(61). <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00430-5>

Benning, I. (2021). Enacting core practices of effective mathematics pedagogy with GeoGebra. *Mathematics Teacher Education and Development*, 23(2), 102–127. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1306877.pdf>



- Borda, E., Schumacher, E., Hanley, D., Geary, E., Warren, S., Ipsen, C., & Stredicke, L. (2020). Initial implementation of active learning strategies in large, lecture STEM courses: Lessons learned from a multi-institutional, interdisciplinary STEM faculty development program. *International Journal of STEM Education*, 7, Article 4. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-0203-2>
- Cenas, F. Y., Blaz, F. E., Gamboa, L. R., & Castro, W. E. (2021). GeoGebra: herramienta tecnológica para el aprendizaje significativo de las matemáticas en universitarios. *Horizontes, Revista de Investigación en Ciencias de La Educación*, 5(18), 382–390. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v5i18.181>
- Copur-Gençtürk, Y., Ezaki, J., & Jacobson, E. (2025). Missing link: how teachers' understanding of student common struggles is key to their instructional response. *Journal of Mathematics Teacher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10857-025-09701-6>
- Córdoba-Gómez, F. J., Mariño, L. F., & Pabón-Galán, C. A. (2023). Percepciones estudiantiles y uso de GeoGebra en la enseñanza de matemáticas: un análisis comparativo entre grados. *Perspectivas*, 8(S1), 386–395. <https://doi.org/10.22463/25909215.4155>
- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE.
- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A.-I. (2021). Gamification in science education: A systematic review of the literature. *Education Sciences*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>
- Kokka, K. (2018). Healing-informed social justice mathematics: Promoting students' sociopolitical consciousness and well-being in mathematics class. *Urban Education*, 54(9), 1179–1209. <https://doi.org/10.1177/0042085918806947>
- Mukherjee, H. & Bhonge, P. (2025). Assessing skew normality in marks distribution, a comparative analysis of Shapiro-Wilk tests. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.14845>
- Persson, P. (2025). Engineering students' experiences with GeoGebra and student-produced screencast assignments in Mathematics. *Nordic Journal of STEM Education*, 9(1). <https://doi.org/10.5324/njsteme.v9i1.5817>
- Seloane, M. P., Ramaila, S., y Ndlovu, M. (2025). Harnessing GeoGebra as a modelling tool to mitigate undergraduate engineering mathematics students' misconceptions and errors associated with complex numbers. *Pythagoras*, 46(1), a825. <https://doi.org/10.4102/pythagoras.v46i1.825>
- Siller, H. & Ahmad, S. (2024). Analyzing the impact of collaborative learning approach on grade six students' mathematics achievement and attitudes. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(2), em2412. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14153>
- Virtanen, P., Gommers, R., & Oliphant, T.E. (2020). Fundamental algorithms for scientific computing in *Python*. *Nature Methods*, 17(3), 261–272. <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>
- Zakariya, Y. F. (2022). Cronbach's alpha in mathematics education research: Its appropriateness, overuse, and alternatives in estimating scale reliability. *Frontiers in Psychology*, 13, 1074430. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1074430>
- Ziatdinov, R. & Valles, J. R., Jr. (2022). Synthesis of modeling, visualization, and programming in GeoGebra as an effective approach for teaching and learning STEM topics. *Mathematics*, 10(3), 398. <https://doi.org/10.3390/math10030398>