

El uso del software descartes para la enseñanza interactiva de la matemática.
The use of Descartes software for interactive teaching of mathematics.

Rodríguez-Mera Julio, Párraga-Quijano Orlando

CIENCIA E INNOVACIÓN EN
DIVERSAS DISCIPLINAS
CIENTÍFICAS.

Enero - Junio, V°6-N°1; 2025

- ✓ **Recibido:** 28/02/2025
- ✓ **Aceptado:** 27/03/2025
- ✓ **Publicado:** 30/06/2025

PAIS

- Ecuador, Manabí.
- Ecuador, Manabí.

INSTITUCION

- Universidad Técnica de Manabí.
- Universidad Técnica de Manabí.

CORREO:

- ✉ jrodriguez1307@utm.edu.ec
- ✉ orlando.parraga@utm.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0008-1635-0351>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0003-4639-4105>

FORMATO DE CITA APA.

Rodríguez-Mera, J. Párraga-Quijano, O. (2025). El uso del software descartes para la enseñanza interactiva de la matemática. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1), 3197 – 3215.

Resumen

La enseñanza de las matemáticas en el nivel de Bachillerato es esencial para el desarrollo integral de los estudiantes, ya que fomenta habilidades críticas y analíticas necesarias en un mundo cada vez más tecnológico. Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del uso del software Descartes en el proceso de enseñanza-aprendizaje en temas de funciones lineales y cuadráticas en estudiantes de primer año de Bachillerato; mediante un diseño cuasiexperimental, se trabajó con dos grupos: un grupo experimental, que utilizó el software Descartes como herramienta de aprendizaje, y un grupo control, que empleó métodos tradicionales de enseñanza. La muestra estuvo conformada por 66 estudiantes divididos equitativamente entre ambos grupos. Después de una intervención didáctica de dos semanas, se evaluaron los resultados mediante una prueba estandarizada, donde los hallazgos muestran que el grupo experimental obtuvo un desempeño significativamente superior en comparación con el grupo de control. El uso del software Descartes permitió a los estudiantes interactuar con representaciones gráficas dinámicas y actividades prácticas, facilitando la comprensión de conceptos matemáticos abstractos. Además, se observó un aumento en la participación y el compromiso de los estudiantes del grupo experimental, destacando la capacidad del software para atender a los diferentes estilos de aprendizaje. Pese a los resultados positivos, se identificaron limitaciones como la duración del estudio y la necesidad de capacitación docente para garantizar una implementación efectiva de herramientas tecnológicas. Este estudio subraya la importancia de integrar tecnologías en la educación matemática para modernizar los procesos de enseñanza, promover un aprendizaje más significativo y preparar a los estudiantes para los retos de un entorno digitalizado.

Palabras claves: Software descartes, funciones lineales, funciones cuadráticas, enseñanza-aprendizaje, tecnología educativa.

Abstract

The teaching of mathematics at the high school level is essential for the comprehensive development of students, as it fosters critical and analytical skills necessary in an increasingly technological world. This study aims to evaluate the impact of using the Descartes software in the teaching-learning process of linear and quadratic functions among first-year high school students. Through a quasi-experimental design, two groups were analyzed: an experimental group, which used Descartes software as a learning tool, and a control group, which followed traditional teaching methods. The sample consisted of 66 students, evenly divided between both groups. After a two-week instructional intervention, the results were assessed using a standardized test, revealing that the experimental group performed significantly better than the control group. The use of Descartes software enabled students to interact with dynamic graphical representations and hands-on activities, facilitating the understanding of abstract mathematical concepts. Additionally, increased student participation and engagement were observed in the experimental group, highlighting the software's ability to accommodate different learning styles. Despite the positive outcomes, certain limitations were identified, such as the study's duration and the need for teacher training to ensure the effective implementation of technological tools. This study underscores the importance of integrating technology into mathematics education to modernize teaching processes, promote more meaningful learning, and better prepare students for the challenges of a digitalized environment.

Keywords: Software Descartes, linear functions, quadratic functions, teaching-learning, educational technology.

Introducción

Actualmente, la sociedad de la información exige una transformación en los procesos de enseñanza-aprendizaje, orientada a que los estudiantes se conviertan en los protagonistas de su propia formación. Este cambio implica la transición de un enfoque tradicional basado en la memorización de contenidos hacia metodologías activas que prioricen el desarrollo de destrezas prácticas y el aprendizaje significativo (Alzate et al. 2016a). Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se han consolidado como herramientas clave para enriquecer los entornos educativos, especialmente en áreas como las matemáticas, donde la abstracción y complejidad de conceptos suelen representar un desafío para los estudiantes (Muga 2006).

La integración de las TIC en los procesos educativos no solo facilita la comprensión de conceptos abstractos, sino que también fomenta la participación activa de los estudiantes, permitiéndoles explorar y construir conocimiento a través de herramientas interactivas. Además la calidad de la educación en Ecuador ha sido planteada como un proceso de transformación del sistema educativo (Basantos Moreano and Useche Castro 2023). Es por ello que el uso del software Descartes ha demostrado ser una herramienta efectiva para la enseñanza de matemáticas, al ofrecer representaciones dinámicas y actividades interactivas que promueven un aprendizaje más profundo y contextualizado (Alzate et al. 2016b). Este enfoque resulta particularmente relevante en el estudio de funciones lineales y cuadráticas, temas fundamentales en disciplinas como la física, la economía y la ingeniería, además de tener aplicaciones prácticas en la vida cotidiana (Ay Emanet and Kezer 2021).

Sin embargo, la incorporación de herramientas tecnológicas en la enseñanza de las matemáticas enfrenta desafíos significativos. Entre ellos, se encuentran la falta de infraestructura adecuada, la resistencia al cambio por parte de algunos docentes y la necesidad de formación continua para garantizar un uso pedagógico efectivo de estas tecnologías (Kibirige 2023; Muhazir and Retnawati 2020). A pesar de estas limitaciones, diversos estudios han evidenciado que el

uso de herramientas como el software Descartes no solo mejora el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también incrementa su motivación y compromiso con el aprendizaje (Díaz Pinzón 2017; Muga 2006).

El estudio tiene como objetivo analizar el impacto del uso del software Descartes en el aprendizaje de funciones lineales y cuadráticas en estudiantes de primero de bachillerato. A través de un diseño cuasiexperimental, se busca comparar el desempeño académico de un grupo experimental que utilizará esta herramienta tecnológica con el de un grupo control que seguirá métodos tradicionales de enseñanza. Este análisis permitirá evaluar la efectividad del software Descartes como recurso didáctico y contribuir al desarrollo de estrategias pedagógicas que integren las TIC de manera eficiente en el aula, respondiendo así a las demandas de una sociedad cada vez más tecnológica y globalizada.

Por último, este artículo se estructura en varias secciones que abordan de manera integral el desarrollo del estudio. En la revisión de la literatura, se analizan los antecedentes y fundamentos teóricos relacionados con el uso de tecnologías como el software Descartes en la enseñanza de las matemáticas, así como su impacto en el aprendizaje de funciones lineales y cuadráticas. En la metodología, se describe el diseño cuasiexperimental empleado, detallando las características de los grupos de estudio, los instrumentos de recolección de datos y los procedimientos de análisis. Los resultados presentan los hallazgos obtenidos a partir del análisis estadístico, destacando las diferencias significativas entre los grupos experimental y control. En la discusión, se interpretan estos resultados a la luz de investigaciones previas, evaluando las implicaciones pedagógicas del uso del software Descartes. Finalmente, en las conclusiones, se sintetizan los aportes del estudio, se identifican sus limitaciones y se proponen futuras líneas de investigación para seguir explorando el potencial de las tecnologías en la educación matemática.

La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la enseñanza de las matemáticas ha transformado significativamente los métodos tradicionales de aprendizaje, promoviendo enfoques más interactivos e innovadores. En este contexto, el software Descartes, desarrollado en España por el Ministerio de Educación y Ciencia, se posiciona como una herramienta clave para modernizar la enseñanza de las matemáticas (Muga 2006). Este proyecto, basado en un enfoque constructivista, utiliza herramientas digitales como el Descartes, una aplicación en Java que permite crear escenas interactivas para la representación gráfica, geométrica y algebraica. Estas características facilitan la visualización y manipulación de conceptos matemáticos, promoviendo un aprendizaje activo, autónomo y colaborativo. Además, Descartes ofrece materiales didácticos gratuitos y recursos formativos para docentes, adaptándose a las demandas de una sociedad tecnológica y transformando los métodos tradicionales de enseñanza.

Un estudio exploratorio y cuantitativo evaluó el impacto del simulador Descartes como recurso pedagógico, permitiendo a los estudiantes graficar y analizar funciones de manera interactiva (Dí-az Pinzón 2017). Los resultados mostraron que esta herramienta no solo mejoró la comprensión de los conceptos matemáticos, sino que también fomentó el desarrollo de competencias tecnológicas y aumentó la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje. Esto refuerza la relevancia de Descartes como una estrategia didáctica innovadora en el ámbito educativo.

La incorporación de TIC en la enseñanza de las matemáticas no solo facilita la comprensión de conceptos abstractos, sino que también fomenta el desarrollo del pensamiento deductivo y analítico. Herramientas tecnológicas, como software interactivo y modelos de aprendizaje automático, han demostrado ser útiles para proporcionar retroalimentación personalizada e intervenciones específicas que mejoran los resultados del aprendizaje (Paenpa, Junpeng, and Intharaht 2024; Rohimah et al. 2024). La Secretaría de Educación Pública (SEP)

en México como el National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) han promovido la integración de TIC en los procesos educativos, destacando su potencial para cerrar brechas educativas y mejorar el rendimiento académico. Sin embargo, su implementación efectiva depende en gran medida de la preparación docente, ya que una formación insuficiente puede limitar el desarrollo de habilidades argumentativas y la comprensión matemática de los estudiantes (Morales Ramírez, Rubio Goycochea, and Larios Osorio 2021).

Diversos estudios han demostrado que los métodos centrados en el estudiante son más eficaces que los tradicionales, tanto en el rendimiento académico como en la actitud hacia las matemáticas. Estos enfoques innovadores permiten superar las dificultades de aprendizaje generadas por metodologías tradicionales, que a menudo resultan abstractas y desmotivadoras para los estudiantes (Ay Emanet and Kezer 2021), (Canto López et al. 2022). Además, el rendimiento académico en matemáticas está influido por factores individuales, familiares, educativos y socioeconómicos, lo que resalta la necesidad de estrategias pedagógicas que consideren estas variables (Galla et al. 2014; Trujillo-Torres et al. 2020; Tuan 2019).

Las tecnologías de la información han sido identificadas como una de las metodologías más efectivas para la enseñanza de las matemáticas. Un experimento pedagógico realizado en un entorno de escuela secundaria demostró que el uso de tecnologías digitales mejora significativamente el aprendizaje y la participación de los estudiantes (Kontrova, Lengyelfalusy, and Lengyelfalusyova 2012). Sin embargo, la efectividad de estas herramientas depende de la capacidad de los docentes para integrarlas en sus prácticas pedagógicas. Una enseñanza efectiva no solo requiere un conocimiento profundo de los conceptos matemáticos, sino también la habilidad para crear entornos dinámicos y motivadores que transformen las matemáticas en una experiencia comprensible y significativa (Iwuanyanwu 2021).

A pesar de los beneficios, la integración de tecnología en la enseñanza de las matemáticas enfrenta importantes desafíos. En términos de infraestructura, muchas escuelas

carecen de recursos básicos, como computadoras y conectividad a Internet, perpetuando desigualdades educativas entre áreas urbanas y rurales (Kibirige 2023; Muhazir and Retnawati 2020; Tachie 2019; Wachira and Keengwe 2011). Además, los docentes enfrentan barreras relacionadas con la falta de formación adecuada en el uso de tecnologías aplicadas a la enseñanza de las matemáticas, así como una posible resistencia al cambio o tecnofobia (González and Arnal-Bailera 2021; Kibirige 2023; Muhazir and Retnawati 2020; Mukuka 2024), (Saal, Mdlulwa, and Hannan 2024). La insuficiencia de programas de desarrollo profesional continuo también limita la capacidad de los docentes para integrar eficazmente estas herramientas en sus prácticas pedagógicas (Koh 2019; Muhazir and Retnawati 2020; Mukuka 2024). Desde una perspectiva pedagógica, los materiales disponibles no siempre son adecuados para una implementación tecnológica, y la complejidad de integrar herramientas digitales en el currículo puede ser un proceso demandante (Laborde 2007; Levinsen and Sørensen 2018; Muhazir and Retnawati 2020).

Finalmente, el uso de dispositivos tecnológicos también plantea riesgos, como la distracción o el mal uso por parte de los estudiantes, lo que compromete su atención y bienestar (Abidin et al. 2017). Estas limitaciones, sumadas a la falta de apoyo administrativo y políticas educativas poco flexibles, dificultan el avance hacia una enseñanza matemática más innovadora y tecnológica (Kibirige 2023; Saal et al. 2024; Wachira and Keengwe 2011).

Métodos y materiales

El presente estudio se diseñó con el objetivo de evaluar el impacto del uso del software Descartes en el aprendizaje de funciones lineales y cuadráticas en estudiantes de nivel medio superior. Se utilizó un diseño cuasiexperimental con dos grupos: un grupo experimental, que utilizó el software Descartes como herramienta principal de aprendizaje, y un grupo control, que aprendió los mismos contenidos mediante métodos tradicionales, como clases expositivas y ejercicios en papel. Este enfoque permitió comparar el desempeño académico entre ambos

grupos. La muestra estuvo compuesta por 66 estudiantes de nivel medio superior de la Unidad Educativa Amazonas. De estos, 33 estudiantes formaron parte del grupo experimental y los otros 33 del grupo control. Ambos grupos fueron balanceados en cuanto a edad, género y nivel académico previo, garantizando así la comparabilidad entre ellos. Todos los participantes tenían conocimientos básicos de matemáticas y no habían utilizado previamente el software Descartes.

Para la intervención, se utilizaron materiales y herramientas específicas. El grupo experimental trabajó con el software Descartes, que permitió explorar conceptos matemáticos, realizar simulaciones y resolver ejercicios interactivos relacionados con funciones lineales y cuadráticas. Por otro lado, el grupo control utilizó guías de estudio tradicionales basadas en explicaciones teóricas y resolución de ejercicios en papel. Para evaluar el aprendizaje, se diseñó una prueba estandarizada de 10 preguntas que abarcó tanto la comprensión conceptual como la aplicación práctica de los temas estudiados. Esta prueba fue aplicada a ambos grupos al finalizar la intervención.

El procedimiento se desarrolló en varias etapas. Primero, se capacitó a los docentes encargados del grupo experimental con el uso del software Descartes. Ambos grupos recibieron introducción al tema de funciones lineales y cuadráticas para garantizar un punto de partida común. Durante dos semanas, el grupo experimental participó en sesiones de aprendizaje con el software Descartes; mientras que el grupo control asistió a clases tradicionales. Ambas modalidades tuvieron la misma duración: dos periodos semanales de 45 minutos cada uno. Al final del periodo, los estudiantes realizaron la prueba de evaluación diseñada para medir el desempeño y aprendizaje académico.

Para el análisis de los datos, se calcularon los promedios y las desviaciones estándar de los puntajes obtenidos por cada grupo. Además, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para comparar los resultados entre el grupo experimental y el grupo control, dado que la muestra no

cumplía con el supuesto de normalidad probado mediante el estadístico de Shapiro Wilks, con el nivel de significancia establecido en $p < 0.05$.

Finalmente, se consideraron aspectos éticos importantes, además se obtuvo el consentimiento informado de los estudiantes y de sus tutores legales, asegurando la confidencialidad de los datos. También, se garantizó que todos los participantes tuvieran acceso a los mismos contenidos y recursos al finalizar el estudio, con el fin de evitar desigualdades en el aprendizaje. Esta metodología permitió evaluar de manera rigurosa el impacto del software Descartes en el aprendizaje de matemáticas, proporcionando una base sólida para interpretar los resultados obtenidos.

Análisis de Resultados

El análisis de los datos recopilados incluyó estadísticas descriptivas, pruebas de hipótesis y representaciones gráficas para evaluar el desempeño de los grupos control y experimental en las 10 preguntas del instrumento aplicado. Los resultados obtenidos permiten evaluar el impacto del uso del software Descartes en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza.

Para evaluar la efectividad del uso del software Descartes en la enseñanza interactiva de funciones lineales y cuadráticas, se aplicó una prueba compuesta por 10 preguntas a dos grupos de estudiantes de primer año de bachillerato general unificado, donde aborda aspectos fundamentales como el reconocimiento y análisis de funciones lineales, afines, constantes y cuadráticas, permitiendo identificar sus características principales y su representación gráfica. Además, evalúa la capacidad de los estudiantes para realizar cálculos y completar tablas de datos asociadas a estas funciones, así como interpretar su comportamiento creciente o decreciente y su concavidad según el coeficiente principal. Este instrumento fomenta el razonamiento lógico y la comprensión de conceptos clave, ofreciendo una base para identificar

fortalezas y debilidades, con el objetivo de orientar estrategias pedagógicas que respondan a las necesidades específicas de los estudiantes.

El grupo experimental, conformado por 33 estudiantes, utilizó el software Descartes como herramienta de aprendizaje, mientras que el grupo control, también con 33 estudiantes, aprendió mediante métodos tradicionales. Los puntajes obtenidos por ambos grupos se analizaron utilizando el software estadístico Jamovi. Los resultados descriptivos muestran que el grupo experimental obtuvo, en promedio, puntajes más altos que el grupo control, lo que sugiere un impacto positivo del software en el aprendizaje de los estudiantes.

En la tabla 1 se visualizan los resultados descriptivos donde se detallan las diferencias entre el grupo de control y el experimental.

Tabla 1. *Diferencias entre los grupos.*

Métrica	Grupo Control	Grupo Experimental	Diferencia (Experimental - Control)
Promedio de puntajes	8.30	9.91	+1.61
Desviación estándar	1.262	0.384	-0.878
Rango de puntajes	5 - 10	8 - 10	-

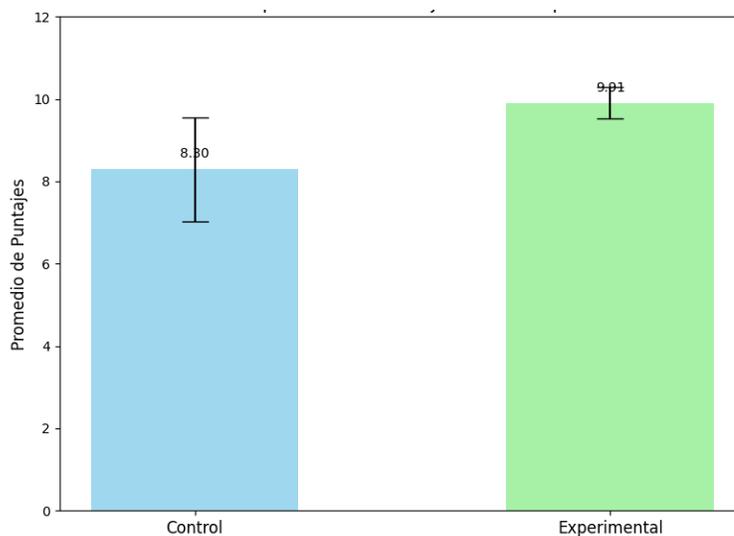
Fuente: *Propia*

El grupo experimental tiene un puntaje promedio 1.61 puntos superior al grupo control, lo que refleja un mejor desempeño general. En cuanto a la dispersión de los datos, el grupo experimental muestra una menor variabilidad, con una desviación estándar de 0.384 más baja en comparación con el grupo control con 1.262. Esto indica que los puntajes en el grupo experimental pudieran ser más consistentes. Por último, el rango de puntajes del grupo control es más amplio de 5-10, mientras que el grupo experimental tiene un rango más restringido entre

8-10, lo que sugiere una mayor concentración de puntajes altos en este último grupo, donde los estudiantes presentan más homogeneidad en los resultados de la prueba.

Además, en el gráfico 1 se visualiza la comparación de puntajes entre grupos, mostrando en el eje vertical Y se representa el promedio de puntajes, con valores que van de 0 a 12 en intervalos regulares. El grupo control tiene un promedio de puntajes de 8.80, mientras que el grupo experimental tiene un promedio de 9.01, lo que indica un desempeño ligeramente superior del grupo experimental. Aunque ambos grupos tienen puntajes altos, Sin embargo, esto no es concluyente, lo que para ello se procede a realizar una prueba de hipótesis estadística. En general, el grupo experimental muestra un desempeño algo mejor que el grupo control.

Gráfico 1: Comparación de puntajes entre grupos.



Fuente: Propia

Prueba de normalidad

Para llevar a cabo la prueba de hipótesis, se comprueba supuestos y para determinar si los datos determinan una distribución normal, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk.

- Hipótesis nula (H_0): Los datos siguen una distribución normal.
- Hipótesis alternativa (H_a): Los datos no siguen una distribución normal.

Dado que el valor p obtenido en la prueba de Shapiro-Wilk fue menor a 0.05, se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que los datos no seguían una distribución normal. Debido a esta falta de normalidad, se decidió utilizar la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para comparar los puntajes de los grupos experimental y control.

Prueba U de Mann-Whitney

Para evaluar si existe una diferencia significativa en los puntajes entre los dos grupos, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, una prueba no paramétrica adecuada para comparar dos grupos independientes cuando los datos no siguen una distribución normal.

- Hipótesis nula (H_0): No hay diferencias significativas en la distribución de los puntajes entre el grupo experimental y el grupo control.
- Hipótesis alternativa (H_a): Hay diferencias significativas en la distribución de los puntajes entre los dos grupos.

El resultado obtenido fue $p < 0.001$, lo que permitió rechazar la hipótesis nula y concluir que el uso del software Descartes tuvo un impacto significativo en el desempeño de los estudiantes en comparación con el método tradicional de enseñanza. El uso del software Descartes permitió a los estudiantes del grupo experimental visualizar y comprender conceptos matemáticos de manera más interactiva, lo que podría haber contribuido a un aprendizaje más significativo y efectivo. Este hallazgo es consistente con estudios previos (Alzate et al. 2016b; Canto López et al. 2022; Kibirige 2023; Paenpa et al. 2024) destacan la efectividad de las herramientas tecnológicas en la enseñanza de conceptos matemáticos complejos.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio muestran una diferencia significativa en el desempeño académico entre los estudiantes que utilizaron el software Descartes (grupo experimental) y aquellos que aprendieron mediante métodos tradicionales (grupo control). Este

hallazgo es consistente con investigaciones previas que demuestran la efectividad de las herramientas tecnológicas en la enseñanza de matemáticas, especialmente en temas que requieren una comprensión conceptual y visual, como las funciones lineales y cuadráticas.

El software Descartes permitió a los estudiantes del grupo experimental interactuar con representaciones gráficas dinámicas y actividades prácticas, lo que facilitó la comprensión de conceptos abstractos. Este enfoque interactivo parece haber promovido un aprendizaje más significativo al conectar la teoría con aplicaciones prácticas. En contraste, el grupo control, que utilizó métodos tradicionales, mostró un menor desempeño, posiblemente debido a la falta de recursos visuales y dinámicos que complementarían el aprendizaje.

La diferencia en los puntajes promedio 8.5 frente a 6.8 y el análisis estadístico prueba U de Mann-Whitney, $p < 0.001$ respaldan la hipótesis de que el uso de herramientas tecnológicas como el software Descartes puede mejorar significativamente el aprendizaje de conceptos matemáticos. Este resultado es particularmente relevante en el contexto actual, donde la integración de tecnologías en el aula es una necesidad para preparar a los estudiantes para un mundo cada vez más digitalizado. El uso del software Descartes no solo mejoró el rendimiento académico, sino que también fomentó una mayor participación y compromiso por parte de los estudiantes. La posibilidad de manipular gráficas y resolver problemas interactivos parece haber estimulado el pensamiento crítico y la curiosidad intelectual, habilidades esenciales en el aprendizaje de las matemáticas.

Además, este enfoque tecnológico permitió atender diferentes estilos de aprendizaje. Los estudiantes con una preferencia por el aprendizaje visual y kinestésico pudieron beneficiarse particularmente de las características interactivas del software. Esto refuerza la importancia de diversificar las estrategias pedagógicas para atender las necesidades individuales de los estudiantes.

A pesar de los resultados positivos, este estudio presenta algunas limitaciones. En primer lugar, la muestra estuvo limitada a estudiantes de una institución educativa específica, lo que podría restringir la generalización de los hallazgos a otros contextos educativos. Además, el diseño cuasiexperimental no permite controlar completamente todas las variables externas que podrían haber influido en los resultados, como las diferencias en las habilidades previas de los estudiantes o la calidad de la instrucción. Otra limitación importante es la duración del experimento. Si bien los resultados a corto plazo son prometedores, sería interesante evaluar el impacto del uso del software Descartes en el aprendizaje a largo plazo, así como su efecto en otras áreas matemáticas.

Este estudio destaca la necesidad de integrar herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente en asignaturas como matemáticas, donde los conceptos abstractos pueden ser difíciles de comprender mediante métodos tradicionales. Los resultados sugieren que el software Descartes puede ser una herramienta eficaz para mejorar el rendimiento académico y fomentar un aprendizaje más significativo. Además, la implementación de tecnologías en el aula requiere capacitación docente adecuada. Los profesores deben estar familiarizados con el uso del software y su integración en el currículo para maximizar su impacto. Esto implica un compromiso institucional para proporcionar recursos tecnológicos y formación continua para los educadores.

Futuros estudios podrían explorar la efectividad del software Descartes en otros niveles educativos, como primaria o educación superior, así como en diferentes contextos socioculturales. También sería valioso investigar cómo la combinación del software con otras estrategias pedagógicas, como el aprendizaje colaborativo, podría potenciar aún más los resultados.

CONCLUSIÓN

Este estudio evaluó el impacto del uso del software Descartes en el aprendizaje de funciones lineales y cuadráticas en un grupo de estudiantes de nivel medio superior. Los resultados obtenidos permiten extraer las siguientes conclusiones clave:

El grupo experimental, que utilizó el software Descartes como herramienta de aprendizaje, obtuvo puntajes significativamente más altos en comparación con el grupo control, que aprendió mediante métodos tradicionales. Esto demuestra que el uso de herramientas tecnológicas puede facilitar la comprensión de conceptos matemáticos abstractos y mejorar el rendimiento académico.

La capacidad del software para ofrecer representaciones gráficas dinámicas y actividades prácticas permitió a los estudiantes del grupo experimental relacionar la teoría con aplicaciones concretas. Este enfoque interactivo no solo incrementó el aprendizaje conceptual, sino que también fomentó una mayor participación y compromiso por parte de los estudiantes. Los resultados del grupo control reflejan las limitaciones de los métodos de enseñanza tradicionales, que pueden no ser suficientes para abordar las necesidades de aprendizaje de todos los estudiantes, especialmente en temas que requieren una comprensión visual y conceptual.

Este estudio subraya la necesidad de incorporar herramientas tecnológicas en el aula para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, su implementación debe ir acompañada de una adecuada capacitación docente y de recursos pedagógicos que favorezcan su uso efectivo.

Aunque los resultados son prometedores, se identificaron algunas brechas, como la limitada duración del estudio, la falta de análisis cualitativo y el enfoque exclusivo en el rendimiento académico. Estas áreas deben ser abordadas en investigaciones futuras para

proporcionar una visión más completa del impacto de las herramientas tecnológicas en la educación.

Los hallazgos de este estudio sugieren que el software Descartes puede ser una herramienta poderosa para mejorar el aprendizaje de matemáticas. Se recomienda a las instituciones educativas considerar su integración en el currículo, junto con programas de formación docente que permitan maximizar su potencial. Además, futuros estudios deberían centrarse en evaluar su impacto a largo plazo y en explorar su efectividad en otros niveles educativos y contextos socioculturales.

El uso de tecnologías como el software Descartes representa un paso importante hacia la modernización de la educación, promoviendo un aprendizaje más significativo, interactivo y adaptado a las necesidades de los estudiantes del siglo XXI. Si bien este estudio proporciona evidencia sólida sobre los beneficios del software Descartes en el aprendizaje de matemáticas, las brechas identificadas resaltan la necesidad de investigaciones complementarias que aborden estas limitaciones. La integración de herramientas tecnológicas en la educación sigue siendo un campo prometedor, pero requiere un enfoque integral que considere tanto los aspectos técnicos como pedagógicos. Finalmente, se recomienda realizar estudios longitudinales que evalúen el impacto del uso del software en el desarrollo de habilidades matemáticas a largo plazo, así como su influencia en la motivación y la actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas.

Referencias Bibliográficas

- Abidin, Z., A. Mathrani, R. Hunter, and D. Parsons. 2017. "Challenges of Integrating Mobile Technology into Mathematics Instruction in Secondary Schools: An Indonesian Context." *Computers in the Schools* 34(3):207–22. doi: 10.1080/07380569.2017.1344056.
- Alzate, H. D. Ortiz, L. G. Muñoz Marín, J. Cardeño Espinosa, and N. C. Alzate Osorno. 2016b. "Impacto del uso de objetos interactivos de aprendizaje en la apropiación de conocimiento y su contribución en el desarrollo de competencias matemáticas: un resultado de experiencia de investigación." *Revista CINTEX* 21(1):71–88.
- Ay Emanet, E., and F. Kezer. 2021. "The Effects of Student-Centered Teaching Methods Used in Mathematics Courses on Mathematics Achievement, Attitude, and Anxiety: A Meta-Analysis Study." *Participatory Educational Research* 8(2):240–59. doi: 10.17275/PER.21.38.8.2.
- Basantes Moreano, Luis Fredy, and Lelly Maria Useche Castro. 2023. "Review of Multivariate Statistical Methods Applied to the Results of the Ser Bachiller Exam in Ecuador." *Revista Minerva: Multidisciplinaria de Investigación Científica* 2023(Extra 2023):12.
- Canto López, M. D. C., M. Manchado Porras, J. C. Piñero Charlo, C. Mera Cantillo, C. Delgado Casas, E. Aragón Mendizábal, and M. A. García Sedeño. 2022. "Description of Main Innovative and Alternative Methodologies for Mathematical Learning of Written Algorithms in Primary Education." *Frontiers in Psychology* 13. doi: 10.3389/fpsyg.2022.913536.
- Dí-az Pinzón, Jorge Enrique. 2017. "Simulador Applet Descartes: Como didáctica de enseñanza de la función cuadrática." *INNOVA Research Journal* 2(8):69–78. doi: 10.33890/innova.v2.n8.2017.256.
- Galla, B. M., J. J. Wood, E. Tsukayama, K. Har, A. W. Chiu, and D. A. Langer. 2014. "A Longitudinal Multilevel Model Analysis of the Within-Person and between-Person Effect of Effortful Engagement and Academic Self-Efficacy on Academic Performance." *Journal of School Psychology* 52(3):295–308. doi: 10.1016/j.jsp.2014.04.001.
- González, A., and A. Arnal-Bailera. 2021. "Prospective Teachers' Difficulties in Integrating Technology into Problem Solving and Teaching on Rational Numbers." *Acta Scientiae* 23(2):162–82. doi: 10.17648/acta.scientiae.6237.
- Iwuanyanwu, P. N. 2021. "Contemporary Problems of Teaching and Learning in Mathematics Education." *Mathematics Teaching-Research Journal* 13(2):23–35.
-

- Kibirige, I. 2023. "Primary Teachers' Challenges in Implementing ICT in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in the Post-Pandemic Era in Uganda." *Education Sciences* 13(4). doi: 10.3390/educsci13040382.
- Koh, J. H. L. 2019. "Articulating Teachers' Creation of Technological Pedagogical Mathematical Knowledge (TPMK) for Supporting Mathematical Inquiry with Authentic Problems." *International Journal of Science and Mathematics Education* 17(6):1195–1212. doi: 10.1007/s10763-018-9914-y.
- Kontrova, L., T. Lengyelfalusy, and D. Lengyelfalusyova. 2012. "A Statistical Analysis of the Effectiveness of Selected Methods in the Teaching of Mathematics." *Komunikacie* 14(1):55–60.
- Laborde, C. 2007. "The Role and Uses of Technologies in Mathematics Classrooms: Between Challenge and Modus Vivendi." *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* 7(1):68–92. doi: 10.1080/14926150709556721.
- Levinsen, K. T., and B. H. Sørensen. 2018. "Digital Technology and Mathseducation: The Dilemma of Calculation and Conceptualisation." Pp. 569–76 in Vols. 2018-November.
- Morales Ramírez, Guadalupe, Norma Rubio Goycochea, and Víctor Larios Osorio. 2021. "Tipificación de argumentos producidos por las prácticas matemáticas de alumnos del nivel medio en ambientes de geometría dinámica." *Bolema: Boletim de Educação Matemática* 35:664–89. doi: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n70a06>.
- Muga, Juan Madrigal. 2006. "Descartes: un proyecto para ver y hacer matemáticas."
- Muhazir, A., and H. Retnawati. 2020. "The Teachers' Obstacles in Implementing Technology in Mathematics Learning Classes in the Digital Era." in Vol. 1511.
- Mukuka, A. 2024. "Data on Mathematics Teacher Educators' Proficiency and Willingness to Use Technology: A Structural Equation Modelling Analysis." *Data in Brief* 54. doi: 10.1016/j.dib.2024.110307.
- Paenpa, P., P. Junpeng, and T. Intharaht. 2024. "Efficiency of Predicting Student Mathematical Proficiency Levels in Open-Ended Questions of Statistics and Probability Strand through Machine Learning."
- Rohimah, S. M., S. A. Putri, Y. Nurdiansah, and E. Supriyadi. 2024. "TECHNOLOGY EXPLORATION OF AUGMENTED REALITY MATHCITYMAP TO INCREASE MATHEMATICAL PROFICIENCY." *Journal of Engineering Science and Technology* 19(5):1990–2002.
-

- Saal, P. E., N. Mdlulwa, and S. Hannan. 2024. "Unlocking the Power of Play: Exploring Key Influences of Digital Game-Based Learning Adoption Among South African Mathematics Teachers." *Computers in the Schools*. doi: 10.1080/07380569.2024.2405518.
- Tachie, S. A. 2019. "Challenges and Opportunities Regarding Usage of Computers in the Teaching and Learning of Mathematics." *South African Journal of Education* 39. doi: 10.15700/saje.v39ns2a1690.
- Trujillo-Torres, J. M., H. Hossein-Mohand, M. Gómez-García, H. Hossein-Mohand, and F. J. Hinojo-Lucena. 2020. "Estimating the Academic Performance of Secondary Education Mathematics Students: A Gain Lift Predictive Model." *Mathematics* 8(12):1–23. doi: 10.3390/math8122101.
- Tuan, N. M. 2019. "Admission Score, Family Income, HSGPA, and Learning Approaches to Predict Academic Performance in Mathematics." *International Journal of Learning in Higher Education* 26(2):17–33. doi: 10.18848/2327-7955/CGP/v26i02/17-33.
- Wachira, P., and J. Keengwe. 2011. "Technology Integration Barriers: Urban School Mathematics Teachers Perspectives." *Journal of Science Education and Technology* 20(1):17–25. doi: 10.1007/s10956-010-9230-y.
-