



Eficacia del simulador PhET en la graficación de funciones en estudiantes de nivel medio superior

Effectiveness of the PhET simulator in graphing functions for upper secondary students

Eficácia do simulador PhET na graficação de funções em estudantes do ensino médio superior

Mariano de Jesús Matú Sansores¹

Instituto Tecnológico de Tizimín, Estado de Yucatán - Tizimín, México

 <https://orcid.org/0009-0001-5376-0308>
mariano.matu@ittizimin.edu.mx (correspondence)

DOI: <https://doi.org/10.35622/j.rie.2024.03.002>

Recibido: 12/05/2024 Aceptado: 25/06/2024 Publicado: 05/08/2024

PALABRAS CLAVE

eficacia, matemáticas,
simulador PhET,
tecnología educacional.

RESUMEN. Las matemáticas son fundamentales en diversas áreas de la ciencia y, aunque su enseñanza enfrenta desafíos, el uso de la tecnología en el aula ofrece una oportunidad para mejorar el proceso de aprendizaje, permitiendo una comprensión más profunda de los conceptos y su aplicación en contextos reales. En virtud de esto, la presente investigación evaluó la eficacia del simulador PhET en la enseñanza del tema de graficación de funciones cuadráticas en estudiantes de nivel medio superior, con el objetivo de identificar el impacto de esta herramienta didáctica tecnológica en su aprendizaje. El estudio fue de tipo cuantitativo con alcance descriptivo y de diseño preexperimental. Para ello, antes de la implementación del tratamiento, se aplicó un cuestionario escrito a estudiantes que cursan el cuarto semestre en el Conalep Plantel Tizimín (Yucatán – México), el cual sirvió para medir su conocimiento en el tema bajo estudio. Después del tratamiento se aplicó nuevamente el cuestionario, además de una encuesta de opinión en la que los estudiantes expresaron su punto de vista respecto al uso del simulador PhET. Los resultados indicaron que el uso del simulador PhET mejoró significativamente la comprensión del tema de graficación de funciones cuadráticas, con un aumento promedio del 17.33 % en las calificaciones de los estudiantes ($p < 0.05$). En conclusión, la implementación del simulador PhET en la enseñanza de funciones cuadráticas mejora significativamente el rendimiento académico y, a su vez, aumenta el interés de los estudiantes por utilizar herramientas tecnológicas.

KEYWORDS

educational technology,
effectiveness,

ABSTRACT. Mathematics are fundamental in various areas of science, and although teaching it presents challenges, using technology in the classroom offers an opportunity to enhance the learning process, allowing a deeper understanding of concepts and their application in real contexts. In light of this, the current research evaluated the effectiveness of the PhET simulator in teaching the topic of graphing quadratic functions to upper secondary students, aiming to identify the impact of this educational technological tool on their learning. The study was quantitative with

¹ Maestro en Matemáticas por la Escuela Normal Superior de Yucatán “Antonio Betancourt Pérez”, México.



mathematics, PhET simulator.

a descriptive scope and a pre-experimental design. Prior to the implementation of the treatment, a written questionnaire was applied to students in their fourth semester at Conalep Plantel Tizimín (Yucatan – Mexico), which served to measure their knowledge on the subject under study. After the treatment, the questionnaire was reapplied, along with an opinion survey in which the students expressed their views on the use of the PhET simulator. The results indicated that the use of the PhET simulator significantly improved the understanding of the topic of graphing quadratic functions, with an average increase of 17.33% in student grades ($p < 0.05$). In conclusion, the implementation of the PhET simulator in teaching quadratic functions significantly improves academic performance and, in turn, increases students' interest in using technological tools.

PALAVRAS-CHAVE

eficácia, matemática, simulador PhET, tecnologia educacional.

RESUMO. As matemáticas são fundamentais em várias áreas da ciência e, embora seu ensino apresente desafios, o uso da tecnologia em sala de aula oferece uma oportunidade para melhorar o processo de aprendizagem, permitindo uma compreensão mais profunda dos conceitos e sua aplicação em contextos reais. Em virtude disso, a presente pesquisa avaliou a eficácia do simulador PhET no ensino do tema de gráficos de funções quadráticas para estudantes do ensino médio superior, com o objetivo de identificar o impacto dessa ferramenta didática tecnológica em sua aprendizagem. O estudo foi quantitativo com alcance descritivo e de design pré-experimental. Antes da implementação do tratamento, foi aplicado um questionário escrito aos estudantes do quarto semestre no Conalep Plantel Tizimín (Yucatán – México), que serviu para medir seu conhecimento sobre o tema em estudo. Após o tratamento, o questionário foi reaplicado, além de uma pesquisa de opinião na qual os alunos expressaram sua visão sobre o uso do simulador PhET. Os resultados indicaram que o uso do simulador PhET melhorou significativamente a compreensão do tema de gráficos de funções quadráticas, com um aumento médio de 17,33% nas notas dos alunos ($p < 0.05$). Em conclusão, a implementação do simulador PhET no ensino de funções quadráticas melhora significativamente o desempenho acadêmico e, por sua vez, aumenta o interesse dos alunos pelo uso de ferramentas tecnológicas.

1. INTRODUCCIÓN

Las matemáticas están presentes en todo lo que se conoce. Desde el establecimiento de las primeras formas de comunicación, la humanidad ha utilizado símbolos y patrones para documentar información, cultura y avances históricos. Si bien aún existe mucho por estudiar, las matemáticas han sido la base para desarrollar herramientas y procedimientos que se aplican en diferentes ramas de la ciencia.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2020, citado por Muñoz y Mendoza, 2022), adquirir conocimientos en Matemáticas es de crucial importancia debido a su relación con otras disciplinas como las ciencias naturales, la informática o la economía y su vínculo directo con la lógica y el razonamiento.

Sin embargo, su enseñanza ha sido un desafío para autoridades académicas y docentes en los diferentes niveles educativos. De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2024), los resultados del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) de 2022 muestran que México obtuvo resultados inferiores a los de 2018 en el caso específico de matemáticas y ciencias. Además, únicamente el 34 por ciento de sus estudiantes logró alcanzar al menos el nivel 2 de competencia en matemáticas, una cifra significativamente inferior al promedio de los países miembros de la OCDE, que fue del 69 por ciento.

Estos resultados no pertenecen solo a un nivel educativo en específico, sino que se van acumulando desde los grados previos. Dueñas et al. (2023) mencionan que las instituciones de educación superior reciben estudiantes con un nivel muy bajo en Matemáticas, aun cuando han llevado contenidos de esta asignatura anteriormente. Se observa que los estudiantes no logran desarrollar habilidades y competencias en matemáticas que son

básicas para los estudios académicos, particularmente en ingenierías, donde hay mayor exigencia de esta disciplina.

Por su parte, Aray et al. (2020) encontraron que la enseñanza superficial de la trigonometría en la educación secundaria ha generado un vacío en la comprensión integral de las matemáticas, lo cual describe la problemática que ha sido objeto de estudio de diferentes autores.

Guzmán et al. (2021) mencionan que, a lo largo del tiempo, los estudiantes han considerado las matemáticas como una materia complicada debido a la exactitud de sus procesos y a la naturaleza abstracta de sus contenidos, así como a las metodologías repetitivas de enseñanza-aprendizaje. Esto resalta la necesidad de que los docentes implementen estrategias que permitan incrementar el rendimiento académico de los estudiantes. Por ello, es crucial que el docente impulse a los estudiantes a ver las matemáticas como parte de la realidad cotidiana, incorporando diferentes recursos para su aprendizaje (Godino et al., 2003; Karimi, 2016, citados por Martínez et al., 2021).

La tecnología se está convirtiendo en un aliado importante de la educación. Gómez et al. (2021) afirman que el empleo de las herramientas tecnológicas debe ser aprovechado por los docentes, de forma que la información disponible pueda ser adaptada estratégicamente con el fin de facilitar el aprendizaje matemático. Por su parte, Rocha et al. (2022) proponen que una de las estrategias que se pueden implementar para mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes es la utilización de plataformas digitales educativas.

En este sentido, Cardeño et al. (2017), citado por Ilbay et al. (2022), mencionan que la introducción de la tecnología en entornos escolares y en las aulas permite el aprendizaje significativo y aumenta la motivación, tanto en estudiantes como en los docentes y permite una transición de la enseñanza tradicional hacia un enfoque constructivista.

Si bien la implementación de la tecnología puede impactar de manera positiva en la enseñanza de las Matemáticas, no se debe perder de vista el desarrollo del razonamiento en el estudiante, así como de la comprensión de conceptos básicos. Murcia y Henao (2021) afirman que el proceso de la enseñanza de las matemáticas debe ser dinámico, de forma que los recursos tecnológicos tengan un impacto significativo en el desarrollo del pensamiento matemático del estudiante, de manera que no se limita a aplicar procesos mecánicos, sino que explora diversas vías para resolver problemas, lo cual refleja su capacidad de comprensión de la situación y fomenta un aprendizaje duradero (Tapia-Vélez et al., 2020).

Respecto a la asignatura objeto de este estudio, se debe mencionar que el Cálculo Diferencial tiene gran relevancia para explicar los fenómenos de un mundo en constante cambio y es la rama fundamental de las Matemáticas para tratar el tema de la variación. Sin embargo, su enseñanza y aprendizaje han sido abordados de forma tradicional, de tal forma que los libros de texto suelen presentar definiciones formales de sus conceptos fundamentales, sin abordar adecuadamente el problema de la variación (Bravo y Cantoral, 2012, citado por Oliveira et al., 2023).

Daza y Garza (2018) destacan que las dificultades en el aprendizaje del Cálculo en bachillerato tienen diversos orígenes que pueden clasificarse en: a) dificultades asociadas a conceptos fundamentales como los números reales, funciones y sucesiones; b) dificultades relacionadas con la comprensión del concepto de límite, así como su dominio técnico; y c) dificultades relacionadas con el desarrollo de pensamiento abstracto.

En una investigación realizada por Daza y Garza (2020) se encontró que los estudiantes perciben el Cálculo como un conjunto de conceptos y procedimientos invariables que se utilizan principalmente en el ámbito escolar y que como asignatura carece de un sentido social. Herrera y Moreno (2021), citados por Herrera López, (2024), mencionan que esta asignatura tiene una carga operativa muy pesada y bajo este escenario, los estudiantes no alcanzan a desarrollar un conocimiento más allá de la definición, por lo que se les dificulta comprender su aplicación en la ciencia y la ingeniería.

Cuesta-Borges et al. (2021) mencionan que el aprendizaje de Cálculo Diferencial en bachillerato es esencial ya que permite a los estudiantes el desarrollo de un pensamiento abstracto, así como la generación de procesos de variabilidad, lo cual es básico en el nivel superior, particularmente en las ingenierías y las ciencias exactas.

En los planes y programas de estudio de Educación Media Superior, propuestos por la Dirección General de Bachillerato, se incluyen contenidos relacionados con diversas áreas de las matemáticas, entre las que se encuentra el cálculo integral y diferencial, que constituyen cursos de nivel avanzado como preparación para el nivel universitario y que requieren el estudio de temas de límites, derivadas y optimización (Herrera et al., 2024).

Díaz et al. (2019), citados por Pineda et al. (2020), sostienen que, aunque se pueda instruir a los estudiantes en el cálculo derivadas, dista mucho de una comprensión genuina de los conceptos y de los métodos asociados con esta área de las matemáticas. Pero a través del uso del software, las definiciones y operaciones se pueden expresar por medio de gráficas en el software, con lo cual se puede tener una mejor comprensión de los temas.

Mendoza-Hernández y García-Contreras (2023) mencionan que el simulador PhET puede ser utilizado por el docente como apoyo en la clase, ya que permite la experimentación a través del manejo de las variables, permitiendo que los cambios se puedan observar conforme el usuario interactúa con el sistema. Gallego Joya (2024), por su parte refiere que este simulador brinda al estudiante la posibilidad de investigar y probar conceptos matemáticos en un entorno digital, lo que simplifica la comprensión de temas complicados asociado a su nivel de abstracción.

En el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (Conalep) plantel Tizimín (Yucatán – México), los estudiantes han mostrado dificultades para aplicar conocimientos de Matemáticas adquiridos anteriormente, esenciales en el módulo Análisis derivativo de funciones. Para abordar este desafío, el objetivo de este estudio es evaluar la eficacia del simulador PhET en la graficación de funciones, impartido en el cuarto semestre de la carrera de administración. Debido al limitado lapso de quince horas distribuidas en tres semanas para cubrir contenidos específicos, se propone la implementación del simulador PhET para agilizar el aprendizaje en los temas de determinación de elementos y graficación de funciones, y mejorar los resultados en modelación de funciones. Así, los objetivos específicos de esta investigación son: 1) Analizar los resultados de evaluaciones tras la aplicación del simulador PhET y 2) Identificar la eficacia del simulador PhET en la resolución de ejercicios de graficación de funciones en un tiempo determinado. La hipótesis planteada es que el simulador PhET es eficaz (H_i) en la graficación de funciones en el módulo de análisis derivativo de funciones; mientras que la hipótesis nula (H_0) sostiene que el simulador PhET no es eficaz en este contexto.

2. MÉTODO

Enfoque metodológico

El enfoque que se determinó para esta investigación fue el cuantitativo, de acuerdo con Hernández et al. (2014) y Sánchez Flores (2019). Su alcance fue de tipo descriptivo (Ramos Galarza, 2020).

Por otro lado, se aplicó el diseño preexperimental, el cual permite aplicar una prueba antes de la implementación del tratamiento y otra posterior a él, de tal forma que existe un punto de referencia para conocer el nivel del grupo antes de la aplicación del tratamiento (Hernández et al., 2014).

Unidad de análisis

La unidad de análisis fueron 28 estudiantes de nivel medio superior inscritos en la carrera de administración del Conalep plantel Tizimín, que cursan el módulo "análisis derivativo de funciones". La definición de este grupo se realizó con base en la asignación docente que se realiza cada semestre por la dirección del plantel.

Instrumentos de investigación

Se establecieron dos instrumentos uno de evaluación y otro de opinión.

Construcción de los instrumentos

El instrumento de evaluación sirvió para medir el conocimiento del estudiante respecto al tema bajo estudio y se estructuró con base en categorías y subcategorías que se relacionan con el contenido de la asignatura y que se atendieron utilizando el simulador PhET. La primera categoría fue "conocimientos fundamentales" y abarcó los temas de concepto de función, tipos de funciones, dominio, rango, raíces e interpretación de los parámetros de una función. La segunda categoría fue "representación gráfica" e incluyó los temas eje de simetría, dirección de la parábola e intersecciones con los ejes x e y. La tercera categoría de este instrumento fue "métodos de evaluación" y sirvió para que el estudiante relacione conceptos, identifique los elementos de una función, grafique funciones simples y relacione gráficos con ecuaciones.

Respecto al instrumento de opinión, éste se aplicó como parte de la técnica de revisión documental. De acuerdo con Marradi et al. (2010, citado por Blanco, 2011), una encuesta representa un método científico para recabar datos de naturaleza cuantitativa, permitiendo obtener información acerca de las opiniones, actitudes y/o creencias de los individuos investigados. El instrumento de opinión sirvió para conocer la percepción del estudiante respecto al uso del simulador PhET y para ello se estableció la categoría "desempeño de estudiantes", cuya información a recuperar incluyó comprensión de conceptos, interactividad y experiencia del usuario, experimentación, retroalimentación, y motivación. A su vez, la categoría "resultados" recuperó información respecto a transferencia de conocimiento y aprendizaje.

Diseño de los instrumentos

El instrumento de evaluación estuvo compuesto por dos secciones. En la primera sección se solicitó el nombre del estudiante, carrera, edad, género y lugar de procedencia, con el fin de obtener información estadística que permita generar conclusiones adicionales respecto al tema bajo estudio. La segunda sección del instrumento estuvo compuesta por cuatro apartados. En el primer apartado se presentaron cinco descripciones relacionadas con el tema de funciones, las cuales fueron contestadas a partir de la elección correcta del concepto que las



define. El segundo apartado presentó al estudiante cuatro funciones cuadráticas y cuatro gráficas en desorden; en este ejercicio, el estudiante escribió en el espacio correspondiente la función que representa cada una de las gráficas. En el tercer apartado, se presentó al estudiante cuatro funciones, con el fin de que calcule las raíces de cada una de ellas y seleccione la correcta. Se solicitó desarrollar el planteamiento y las operaciones para la obtención de las raíces de cada función. Finalmente, en el cuarto apartado, el estudiante seleccionó las gráficas que representan las funciones que se indican.

El instrumento de opinión estuvo conformado por doce reactivos. Los primeros siete presentaron cinco opciones de respuesta en escala Likert, las cuales fueron “totalmente de acuerdo”, “de acuerdo”, “ni de acuerdo ni en desacuerdo”, “en desacuerdo” y “completamente en desacuerdo”. Las siguientes cuatro preguntas se centraron en características particulares del simulador PhET y en la última pregunta el estudiante indicó, en una escala de 1 a 10, su nivel de satisfacción respecto al uso del simulador.

Validez de los Instrumentos

Un instrumento debe cumplir con características de validez y confiabilidad. Según Hernández et al (2014), la validez de contenido se centra en establecer si los elementos de un instrumento reflejan adecuadamente el tema que se desea evaluar. Por asegurar la validez de contenido, es necesario realizar una elección adecuada de los elementos que componen un instrumento, de manera que estos representen el contenido de un área específica (Mendoza y Garza, 2017).

El instrumento de evaluación fue entregado a dos especialistas con el fin de obtener la validación de contenido. Como resultado de esta revisión, se recomendó mejorar la redacción de las instrucciones para las dos partes del instrumento. Además, se observó para el segundo apartado que el número de reactivos y la complejidad de estos son adecuados para la temática a evaluar. Asimismo, se hizo énfasis en la distribución equitativa de los reactivos respecto al número de sesiones y categorías.

Confiabilidad de los instrumentos

Una vez que el instrumento de evaluación fue avalado por expertos, éste fue contestado el jueves 22 de febrero de 2024 por 25 estudiantes del Conalep plantel Tizimín, en una sesión de 50 minutos. Posteriormente se analizaron los resultados con el fin de determinar el coeficiente KR-20 a través de la fórmula 20 de Kuder-Richardson, el cual es usado para medir la confiabilidad de escalas dicotómicas (Campo-Arias y Oviedo, 2008).

A partir del análisis realizado con los datos de esta evaluación, se obtuvo un coeficiente KR-20 con un valor de 0.755, lo cual se considera como una confiabilidad aceptable del instrumento, de acuerdo con Campo-Arias y Oviedo (2008) y George y Mallery (2003, citados por Ponce et al., 2021).

Procedimiento de investigación

El pretest fue aplicado al grupo 401 de Administración el martes 5 de marzo en una sesión de 50 minutos. El tratamiento para este grupo inició el martes 12 de marzo en el horario de clase y consistió en primer lugar en presentar al estudiante el simulador PhET. Se mencionó el sitio web desde el cual se puede descargar, así como las características de la aplicación. Durante esta sesión el docente explicó las diferentes opciones en que el estudiante puede visualizar el simulador y manipular los parámetros para graficar funciones, así como ubicar las raíces y conocer coordenadas específicas según se requiera.

De esta manera, se relacionaron los conceptos vistos con anterioridad y que son aplicables a las funciones cuadráticas. Una vez que el estudiante siguió los ejemplos del docente, se le asignaron ejercicios con la finalidad de que generara las gráficas de funciones cuadráticas, así como sus raíces y corroborara los resultados con los métodos de análisis vistos en sesiones previas.

El simulador se utilizó en dos módulos de 100 minutos cada uno y al finalizar cada módulo se realizó una retroalimentación en la que se analizaron algunas de las gráficas obtenidas, cómo se calculan las raíces de forma analítica y su visualización en el simulador, así como la manera en que influyen los parámetros de la variable en la gráfica de la función.

Una vez finalizadas las sesiones, se aplicó la posprueba el miércoles 20 de marzo. Además, este día los estudiantes contestaron el instrumento de opinión, el cual permitió triangular la información con la obtenida en el instrumento de evaluación.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos obtenidos se usó el software estadístico IBM SPSS Statistics versión 29.0, el cual permite el análisis de datos a través de una interfaz gráfica intuitiva (García y Capa, 2017).

Inicialmente, se evaluó la normalidad de los datos obtenidos de la preprueba y posprueba utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. Esta prueba paramétrica, según Juárez Manayay (2021), citado por Luzuriaga et al., (2023), analiza la distribución de un conjunto de valores mediante el estadístico W, comparándolo con valores críticos para determinar si los datos muestran una desviación significativa de la distribución normal. Es importante tener en cuenta que Royston (1989), citado por Sánchez Olalde (2021), advierte sobre la sensibilidad de esta prueba a la repetición de datos.

La prueba de normalidad se presenta en la Tabla 1. Con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5%, se estableció H0 como la hipótesis de que los residuos siguen una distribución normal. Los valores-p calculados fueron 0.104 para la preprueba y 0.629 para la posprueba, ambos superiores al nivel de significancia $\alpha=0.05$, lo que lleva a concluir que los datos siguen una distribución normal.

Tabla 1

Prueba de Shapiro-Wilk para la normalidad de los grupos

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Preprueba	0.212	28	.002	0.939	28	.104
Posprueba	0.155	28	.084	0.972	28	.629

Con la confirmación de la distribución normal de los datos, se procedió al análisis de la prueba t-Student utilizando el software SPSS, específicamente la opción de comparar medias y proporciones a través de la prueba T de muestras emparejadas, para evaluar la hipótesis de investigación.



3. RESULTADOS

Dentro de los resultados descriptivos que arroja esta investigación se puede mencionar que el instrumento de evaluación fue contestado por los 28 estudiantes que conforman el grupo 401 de la carrera de administración turno vespertino, correspondiente al cuarto semestre de nivel medio superior del Conalep plantel Tizimín, los cuales están en un rango de edad de 16 a 20 años.

Tabla 2

Estudiantes que conforman el grupo 401 de Conalep Plantel Tizimín

Total de estudiantes del grupo 401, clasificados por edad y sexo		
Edad	Hombres	Mujeres
16	6	8
17	8	3
18	0	2
20	0	1

Además, se pudo observar que el promedio de calificación obtenido en la preprueba fue de 4.29 puntos, mientras que en la posprueba los estudiantes alcanzaron en promedio 6.89 puntos. El instrumento de evaluación estuvo compuesto de 15 reactivos con un valor de un punto cada uno.

Respecto al análisis de los datos, Lugo-Armenta y Pino-Fan (2022) establecen que una de las ventajas de las pruebas basadas en el estadístico t-Student es su aplicabilidad en muestras pequeñas (conformada por 30 o menos elementos), las cuales son comunes en diversos campos de la ciencia.

De esta manera, para evaluar la eficacia del simulador PhET en el tema de graficación de funciones cuadráticas en estudiantes de Administración del Conalep plantel Tizimín, se procedió al cálculo del valor-p utilizando el estadístico t-Student y se comparó con un nivel de significancia del 5 %, como se observa en la Tabla 3. Con base en las hipótesis establecidas, se encontró que el valor-p obtenido fue menor que 0.01, lo cual es inferior al nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis de investigación, concluyendo que el simulador PhET es efectivo para mejorar la comprensión de graficación de funciones cuadráticas en los estudiantes mencionados.

Tabla 3

Prueba de hipótesis usando muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
	Media	Desv. Est.	Media err. est.	95% de conf. con la dif.		T	gl	Significación	
				Inf.	Sup.			P de un factor	P de dos factores
Par 1									
Preprueba-posprueba	-2.607	2.455	.464	-3.559	-1.655	-5.620	27	<.001	<0.01

Tabla 4

Respuestas del instrumento de opinión

Opción de respuesta	I01: Comprensión de conceptos	I02: Visualización de conceptos	I03: Facilidad de uso	I04: Complemento de la teoría	I05: Exp. interactiva	I06: Aumento de la motivación	I07: Interés en los conceptos
Totalmente de acuerdo	18	15	16	8	10	9	11
De acuerdo	5	9	9	16	13	12	11
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4	2	2	2	2	4	5
En desacuerdo	0	1	1	1	2	3	1
Completamente en desacuerdo	1	1	0	1	1	0	0

Las respuestas que se presentan en la tabla permiten hacer un análisis en el que se concluye que los estudiantes valoran de manera positiva el simulador PhET. En relación con la utilidad del simulador para la comprensión de conceptos de funciones, se observa que la mayoría considera que es una herramienta eficaz para este propósito. Además, el simulador es visto como una ayuda significativa para visualizar los conceptos estudiados en clase.

En cuanto a la facilidad de uso para la graficación de funciones cuadráticas, los estudiantes opinan que el simulador es intuitivo para esta tarea específica, sugiriendo que su diseño es adecuado para esta tarea. Además, el simulador se percibe como un complemento valioso para las clases teóricas, mejorando la experiencia de aprendizaje en el aula de clases.

Como parte del análisis de las respuestas del instrumento de opinión, también se observa que la experiencia interactiva con el simulador contribuye de manera positiva en la comprensión del tema y que su uso ha incrementado la motivación de los estudiantes para aprender los conceptos, permitiendo que estos sean más interesantes y fáciles de recordar.

Los aspectos más útiles del simulador incluyen la visualización de la gráfica y las raíces, mientras que los más difíciles de utilizar fueron la modificación de parámetros y la visualización de puntos en la gráfica. Finalmente, los estudiantes evaluaron en una escala de 1 a 10 su nivel de satisfacción general respecto al uso del simulador PhET, donde se obtuvo un promedio de 8.21 puntos.

4. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación muestran la eficacia del simulador PhET en el proceso de enseñanza del Cálculo a nivel medio superior, con lo que se puede confrontar la información obtenida con estudios documentales sobre temas similares. En primer lugar, la percepción positiva de los estudiantes hacia el simulador, reflejada en la mejora de puntuaciones entre la preprueba y la posprueba, coincide con los hallazgos de Ávila Gutiérrez (2024), quien también encontró que el simulador facilitó la comprensión de conceptos matemáticos, lo cual elevó la motivación y el rendimiento en estudiantes de bachillerato en modalidad virtual.

Guanotuña et al. (2023) respaldan esta percepción al demostrar que el simulador PhET mejora el proceso de aprendizaje como recurso didáctico, además de que ofrece herramientas valiosas para la planificación docente. Estos hallazgos apoyan la hipótesis de la presente investigación sobre la eficacia del simulador en la graficación de funciones en el nivel medio superior. Por su parte, Vera et al. (2020) destacan que la tecnología en el

aprendizaje de Matemáticas incrementa la motivación, lo cual se vio reflejado en las respuestas positivas de los estudiantes del Conalep en cuanto a su experiencia interactiva con el simulador. Además, fue posible comprobar un mejor aprendizaje a través de los resultados de la posprueba, en contraste con la puntuación de la preprueba

En relación con las funciones cuadráticas, Machado et al. (2021) sugieren que el uso del simulador puede mejorar el proceso de aprendizaje, aunque su investigación aún está en desarrollo. Esto resalta la importancia de la integración tecnológica en la enseñanza de matemáticas para un aprendizaje significativo. Gonzabay Villafuerte (2023) complementa este enfoque al mostrar que la falta de tecnología puede disminuir la motivación y participación estudiantil, lo que refuerza la importancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el proceso educativo. Olivares y Sotomayor (2022), citados por Hernández-Martínez et al. (2023), señalan que las TIC no solo facilitan nuevas estrategias de enseñanza, sino que también fomentan el autoaprendizaje y la motivación académica.

Román y Suárez-Guerrero (2021) argumentan que la integración tecnológica en los modelos educativos tiene un impacto positivo mientras se considere el contexto de su implementación. Por su parte, Simonetti et al. (2021), citados por Juca-Farfán et al. (2024), subrayan que un ambiente de estudio con herramientas virtuales ofrece una comprensión más avanzada del espacio y conciencia periférica en comparación con ambientes tradicionales. Además, Villacreses y Pillasagua (2016), citados por Gonzabay Villafuerte (2023), destacan que el uso de aplicaciones digitales interactivas, como Geogebra, estimula el interés y la participación estudiantil al proporcionar representaciones dinámicas y gráficas de conceptos complejos.

A pesar de los resultados significativos, este estudio presenta algunas limitaciones. En primer lugar, la muestra se centra en 28 estudiantes de un solo plantel, lo que podría no reflejar la diversidad de contextos educativos. Además, al realizarse en un único semestre, el estudio podría limitar la evaluación completa de la efectividad del simulador. Para obtener una visión más integral, futuros estudios deberían considerar una muestra más amplia y diversa, así como una evaluación longitudinal que permita observar los efectos a largo plazo. Esto ayudaría a determinar si el aumento en la puntuación entre la preprueba y la posprueba es realmente significativo en comparación con la aplicación de otras estrategias de enseñanza.

5. CONCLUSIÓN

Después de haber completado las fases correspondientes a esta investigación, se puede concluir que el simulador PhET es eficaz para el aprendizaje de la graficación de funciones. Se observó un notable interés por parte de los estudiantes en su uso y los ejercicios propuestos fueron resueltos de manera más rápida y eficiente. Además, los estudiantes respondieron con confianza a las preguntas del docente durante la retroalimentación de los temas.

El uso de esta herramienta tecnológica desde el inicio del semestre despertó el interés de los estudiantes, de forma que en los temas posteriores se continuó con la aplicación de estrategias que implican el uso de la tecnología. Con esto se establece que los estudiantes comprenden mejor los temas una vez que se refuerzan las explicaciones con gráficos generados por estas aplicaciones tecnológicas.

Asimismo, el incremento en la motivación y participación estudiantil observado indica que la tecnología no solo facilita la comprensión de conceptos, sino que también mejora la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje. Esto es especialmente relevante en comparación con métodos de enseñanza tradicionales, donde la motivación puede ser más difícil de mantener.

Para futuros trabajos relacionados con esta investigación, se podría considerar extender la aplicación de este simulador a más grupos. Además, sería útil explorar la implementación del simulador PhET en otros módulos para determinar su efectividad en diferentes contextos educativos.

Finalmente, se recomienda a los docentes considerar la integración de herramientas tecnológicas en sus prácticas pedagógicas, ya que estos recursos no solo enriquecen el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que también fomentan una mayor interacción y compromiso por parte de los estudiantes.

Conflicto de intereses / Competing interests:

El autor declara que no incurre en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

No aplica.

Fuentes de financiamiento / Funding:

El autor declara que no recibió un fondo específico para esta investigación.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

El autor declara no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

REFERENCES

- Aray, C., Guerrero, Y., Montenegro, L. y Navarrete, S. (2020). La superficialidad en la enseñanza de la trigonometría en el bachillerato y su incidencia en el aprendizaje del cálculo en el nivel universitario. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 5(2), 68-76. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6812219>
- Ávila, D. (2024). Uso del simulador virtual PhET como herramienta para el aprendizaje a distancia de las matemáticas. *Revista mexicana de bachillerato a distancia*, 31(16). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.20074751e.2024.31.87903>
- Blanco, C. (2011). *Encuesta y estadística, métodos de investigación cuantitativa en ciencias sociales y comunicación*. Editorial Brujas.
- Campo-Arias, A. y Oviedo, H. (2008). Propiedades psicométricas de una escala: la consistencia interna. *Rev. Salud Pública*, 10(5), 831-839. <https://doi.org/10.1590/s0124-00642008000500015>
- Cuesta-Borges, A., Garza-González, B. y Herrera-López, H. (2021). Habilidades Procedimentales del Cálculo Diferencial en el Bachillerato. *Revista Internacional Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*. 11(1), 166-173. <https://doi.org/10.37843/rted.v11i1.209>
- Daza, G. y Garza, B. (2018). Actitudes hacia el Cálculo Diferencial e Integral: Caracterización de Estudiantes Mexicanos del Nivel Medio Superior. *Bolema Boletim de Educação Matemática*. 32(60), 279-302. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n60a14>
- Daza, G. y Garza, B. (2020). Estudio de las expectativas de estudiantes mexicanos del nivel medio superior con respecto al Cálculo Diferencial e Integral. *Educação Matemática Pesquisa*, 22(1), 610-631. <http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i1p610-631>.
- Dueñas, M., Quispe, Y. e Hilasaca, W. (2023). La Formación Matemática Escolar y su Relación con el Desempeño en la Asignatura Calculo Diferencial en Estudiantes del 1er Semestre de Ingeniería Industrial de una Universidad Privada de Arequipa -2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9663-9685. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7655

- Gallego, L. (2024). Semillero de investigación en ciencia y tecnología Moralba. *MLS-Inclusion and Society Journal*, 4(1). <https://doi.org/10.56047/mlsij.v4i1.2413>
- García, M. y Capa, L. (2017). *Análisis exploratorio de datos con SPSS*. Editorial Universo Sur.
- Gómez, G., Cayambe, M., Bermudez, M., Nuñez, C. (2021). Modelo de estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje de matemática en estudiantes de segundo bachillerato, unidad educativa Vicente Rocafuerte, Ecuador-2020. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), 9971-10002. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.1048
- Gonzabay, C. (2023). Estrategia didáctica para el uso de aprendizaje en el límite y continuidad de los estudiantes de segundo de bachillerato de la Unidad Educativa Fiscal Paján. *Revista Ciencia y Tecnología*, 23(39), 96-114. <https://doi.org/10.47189/rcct.v23i39.616>
- Guanotuña, G., Heredia, L., García, I. y Lara, L. (2023). Simulador PHET, una herramienta de gamificación para el aprendizaje de las matemáticas: *Revista Social Fronteriza*, 3(1), 97-113. DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7552868>
- Guzmán, A., Ruiz, J. y Sánchez, G. (2021). Estrategias pedagógicas para el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas sin calculadora. *Ciencia y Educación*, 5(1), 55-74. <https://doi.org/10.22206/cyed.2021.v5i1.pp55-74>
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
- Hernández-Martínez, M., Rivadeneira-Flores, J., Arciniegas-Romero, G. (2023). El uso de las TIC en el proceso de enseñanza de las matemáticas en bachillerato. *Ecos de la Academia*, 9(18), 91-116. <https://doi.org/10.53358/ecosacademia.v9i18.982>
- Herrera, H. (2024). Aplicaciones de la derivada mediante un aprendizaje basado en proyectos: un estudio en el bachillerato. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 14(8). <https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1791>
- Herrera, H., Moreno-Beltrán, R. y Cuesta-Borges, A. (2024). Múltiples Representaciones en un curso de Cálculo Diferencial de Bachillerato a través del Microlearning. *Journal of Research in Mathematics Education*. 13(1). 87-110. <https://doi.org/10.17583/redimat.11314>
- Ilbay, M., Lasso, F., Sánchez, E., Zambrano, A. (2022). Software interactivo para el apoyo del proceso y aprendizaje de las matemáticas para primero de bachillerato. *Ecuadorian Science Journal*, 6(1), 32-41. <https://doi.org/10.46480/esj.6.1.183>
- Juca-Farfán, P., Espinosa-Rosado, E. y Rumbaut-Rangel, D. (2024). Impacto de los entornos virtuales en competencias matemáticas de estudiantes de primero de bachillerato técnico. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 8(1), 3794-3813. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.3794-3813>
- Lugo-Armenta, J. y Pino-Fan, L. (2022). Niveles de razonamiento inferencial para el estadístico T-Student. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 35(71), 1776-1802. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n71a25>
- Lugo-Armenta, J. y Pino-Fan, L. (2022). Razonamiento inferencial de docentes de matemáticas de enseñanza media sobre el estadístico t-Student. *Uniciencia*, 36(1), 405-428. <https://dx.doi.org/10.15359/ru.36-1.25>
- Luzuriaga, H., Espinoza, C., Haro, A. y Ortiz, H. (2023). Histograma y distribución normal: Shapiro-Wilk y Kolmogorov Smirnov aplicado en SPSS. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(4), 596-607. DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i4.1242>

- Machado, R., Vieira, F. y Machado, P. (2021). O ensino da função quadrática por meio do PhETColorado e da Engenharia Didática. *Revista da Sociedade Brasileira de Matemática- Regional São Paulo*, 18, 1-19. <https://doi.org/10.37001/remat25269062v17id522>.
- Martínez, O., Mejía, E., Ramírez, W. y Rodríguez, T. (2021). Incidencia de la realidad aumentada en los procesos de aprendizaje de las funciones matemáticas. *Información Tecnológica*, 32(3), 3-14. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000300003>
- Mendoza, J. y Garza, J. (2017). La medición en el proceso de investigación científica: Evaluación de validez de contenido y confiabilidad. *Innovaciones de Negocios*, 6(1), 17-32. <https://doi.org/10.29105/rinn6.11-2>
- Mendoza-Hernández, L. y García-Contreras, J. (2023). El uso de simuladores como estrategia de enseñanza-aprendizaje en el bachillerato. *UNO Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 1*. 6(11), 12-15. <https://doi.org/10.29057/prepa1.v6i11.10949>
- Muñoz, B. y Mendoza, F. (2022). El pensamiento lógico-matemático y la didáctica creativa: caso del circuito educativo 13D01_C07 del Ecuador. *Revista San Gregorio*, 1(52), 126-143. <https://doi.org/10.36097/rsan.v0i52.2206>
- Murcia, E. y Henao, J. (2021). Contextos actuales de la enseñanza. Reflexiones de un proceso investigativo en torno a las matemáticas, la pedagogía y las tecnologías de la información y de la comunicación. *Colección maestros*, 31, 65-88. <https://doi.org/10.31908/eucp.65>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2024). PISA 2022. *Perfiles Educativos*, 46(183), 188-202. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2024.183.61714>
- Oliveira, C., Ruiz-Olarría, A. y Gascón, J. (2023). Una estrategia para la formación del profesorado: el caso del cálculo diferencial elemental. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(2), 71-92. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5640>
- Pineda, W., Hernández, C. y Avendaño, W. (2020). Propuesta didáctica para el aprendizaje de la derivada con Derive. *Praxis&Saber*, 11(26). <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n26.2020.9845>
- Ponce, H., Cervantes, D. y Robles, A. (2021). ¿Qué tan apropiadamente reportaron los autores el Coeficiente del Alfa de Cronbach? *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2438-2462. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.463
- Ramos, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciaAmerica*, 9(3). <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Rocha, J., Armijo, S., y Escobar-Saucedo, M. (2022). Aprovechamiento de un curso de matemáticas virtual de dos generaciones en pandemia covid -19 en el 2020 y 2021. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 1243-1259. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1572
- Román, E. y Suárez-Guerrero, C. (2021). Ecosistemas locales de aprendizaje ante la globalización tecnológica. Retos de los modelos educativos digitales pospandemia. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 11, 1-11. <https://doi.org/10.6018/riite.503001>
- Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122. <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>

- Sánchez, M. (2021). Resultados de dos cursos propedéuticos de Matemáticas para el ingreso a la universidad, uno en modalidad presencial y otro en línea. *Revista RELEP*, 3(1), 6-25. <https://doi.org/10.46990/relep.2021.3.1.188>
- Tapia-Vélez, J., García-Herrera, D., Erazo-Álvarez, J. y Narváez-Zurita, C. (2020). Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia didáctica para el desarrollo del razonamiento lógico matemático. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 5(1), 753-772. <https://doi.org/10.35381/r.k.v5i1.808>
- Vera, R., Maldonado, K., Del Valle, W. y Valdés, P. (2020). Motivación de los estudiantes hacia el uso de la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Sinapsis*, 1(16). <https://doi.org/10.37117/s.v1i16.246>

