revista de investigación educativa de la Rediech

• Volumen 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550 •

Derivadas algebraicas con inteligencia artificial y videotutoriales

Algebraic derivatives with Artificial Intelligence and video tutorials

Abraham Rocha Gallegos • Cinhtia Maribel González Segura • Michel García García

Resumen

En el sistema educativo mexicano persisten deficiencias significativas en el área lógico-matemática, tal como lo demuestran diversas evaluaciones nacionales e internacionales, lo cual afecta los ámbitos social, económico, tecnológico y financiero. En este trabajo se describe una metodología para mejorar la comprensión de las derivadas algebraicas mediante el uso de videotutoriales optimizados por inteligencia artificial (IA). Utilizando un diseño de investigación cuantitativa, se realizó un cuasiexperimento con dos grupos: experimental y de control. La muestra no probabilística incluyó a 38 estudiantes de cuarto semestre de educación media superior. Los resultados mostraron que los estudiantes con quienes se utilizaron videotutoriales mejorados con IA demostraron un mayor nivel de comprensión del tema y una mayor capacidad para aplicarlo en la resolución de problemas reales. Esta investigación evidencia el potencial de incorporar tecnologías innovadoras y dinámicas como la IA para abordar desafíos persistentes en la educación matemática. La metodología descrita ofrece una alternativa prometedora para superar las deficiencias históricas en los sistemas educativos contemporáneos en el área de matemáticas.

Palabras clave: derivadas algebraicas, educación matemática, inteligencia artificial, rendimiento académico, videotutoriales.

Abstract

In the Mexican educational system, significant deficiencies persist in the logical-mathematical area, as evidenced by various national and international assessments; that impacts social, economic, technological, and financial domains. This research aims to improve the understanding of algebraic derivatives through the use of video tutorials generated by Artificial Intelligence (AI). Using a quantitative research design, a quasi-experiment was conducted with two groups: experimental and control. The non-probabilistic sample included 38 fourth-semester high school students who were evaluated on the topic. The most notable findings revealed that students who used AI-enhanced video tutorials demonstrated a higher level of understanding of the subject and a greater ability to apply it to real-world problem-solving. This research highlights the potential of incorporating innovative and dynamic technologies like AI to address persistent challenges in mathematical education. The described methodology offers a promising alternative to overcome historical deficiencies in contemporary educational systems concerning mathematics.

Keywords: algebraic derivatives, mathematical education, artificial intelligence, academic performance, video tutorials.

Recibido: 25 de julio de 2024 | *Aprobado:* 8 de marzo de 2025 | *Publicado:* 24 de marzo de 2025
https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v16i0.2260

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

Introducción

La dificultad en el aprendizaje de las matemáticas es un fenómeno ampliamente extendido a nivel mundial, con repercusiones significativas en el desarrollo de la sociedad. En México, la problemática existente en torno a la enseñanza de las matemáticas ha tomado mayor relevancia para actores educativos y gobierno, siendo las pruebas PISA y Planea, recomendadas por la OCDE, evidencias del rezago estudiantil en el ámbito matemático. George (2020) identifica tres problemas de orden epistemológico en el aprendizaje de las matemáticas: la conceptualización deficiente de la teoría básica, la inexacta interpretación de los procesos resolutivos que desembocan en resultados fiables y la baja afinidad con el uso de las TIC –tecnologías de la información y la comunicación– como estrategia educativa innovadora en esta disciplina. Así, se considera que el uso adecuado de TIC y TAC –tecnologías del aprendizaje y el conocimiento– abre la posibilidad de redimir la enseñanza de las matemáticas en la educación media superior –EMS–.

Asimismo, la calidad de la educación es un factor que incide directamente en la empleabilidad de los graduados y en la competitividad económica de un país. La falta de habilidades matemáticas sólidas no solo afecta la formación académica de los estudiantes sino que también limita sus oportunidades en el mercado laboral y puede contribuir a un ciclo de marginación social y económica. Actualmente, el contexto social y económico, así como su acelerado crecimiento, plantean la necesidad imperante de desarrollar el capital humano con base en estrategias personalizadas para los contextos locales, sin perder de vista los alcances globales.

Abraham Rocha Gallegos. Profesor de Tiempo Completo de la División de Economía y Negocios de la Universidad Anáhuac Querétaro, México. Es Doctor en Educación y Tecnologías del Aprendizaje, y Maestro en Desarrollo Organizacional y Humano. Su publicación más reciente es "Identificación de factores de riesgo por estrés generado en alumnos de educación media superior bajo la NOM-035-STPS". Es miembro del Comité de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario y del Mar, CEIDTAM Guanajuato. Fungió como jefe del Departamento de Investigación y Producción de CETAC 06, Celaya, Guanajuato. Correo electrónico: abraham.rocha84@icloud.com. ID: https://orcid.org/0009-0003-0414-3703.

Cinhtia Maribel González Segura (autora de correspondencia). Profesora Titular de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Doctora en Sistemas y Ambientes Educativos y Maestra en Ciencias de la Computación. Cuenta con el perfil Prodep, es parte del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. Entre sus publicaciones recientes se encuentra "Pensamiento computacional mixto con robótica y reciclaje en un proyecto social". Es miembro de la Red de Tecnología y Educación, de la Red de Docentes de América Latina y el Caribe y de la Academia Mexicana de Computación. Correo electrónico: gsegura@correo.uady.mx. ID: https://orcid.org/0000-0002-9042-8320.

Michel García García. Profesor Titular de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Es Doctor en Educación y Maestro en Ciencias de la Computación. Tiene el reconocimiento al perfil Prodep. Entre sus publicaciones recientes se encuentran "Pensamiento computacional mixto con robótica y reciclaje en un proyecto social" y "Computational thinking through a multidisciplinary escape room with university students". Es miembro de la Red de Tecnología y Educación y del Cuerpo Académico Tecnología y Educación. Correo electrónico: michel.garcia@correo.uady.mx. ID: https://orcid.org/0000-0003-2003-8412.

En este sentido, la base de los sistemas educativos se sustenta en tres pilares: leer, escribir y contar, necesarios para la construcción de nuevos aprendizajes, aunque indudablemente se requieren también competencias de orden actitudinal además del cognitivo (García et al., 2020). Al respecto, Juárez y Limón (2013) afirman que abordar este problema en el nivel medio superior –NMS– es de suma importancia, ya que va más allá de los desafíos académicos e influye en la elección profesional de los estudiantes y, en consecuencia, en sus futuros desempeños. Por lo tanto, atender esta problemática es esencial para asegurar un futuro más próspero y equitativo.

Considerando lo anterior, en esta investigación se aborda la necesidad urgente de mejorar la educación matemática en San José de Guanajuato, México, arrojando luz sobre el papel crucial que desempeña en la vida y el futuro de la población estudiantil local. Esta comunidad se caracteriza por su alto nivel de marginación, donde 46.14% de las personas mayores de 15 años estudió la educación básica incompleta y 8.76% son analfabetas, lo que pinta un panorama preocupante de las condiciones educativas y sociales (INEGI, 2020). Además, una inspección realizada en noviembre del año 2022 bajo el "Protocolo de Supervisión 360°" en el CETAC 06 reveló preocupaciones académicas. Específicamente, el indicador "Porcentaje de Logro en Matemáticas Planea 2022 III+IV" registró un modesto 1.4%, situando a la escuela entre las instituciones con peor desempeño en el subsistema educativo nacional. Esta revelación ha llevado a la administración de la escuela y al personal docente a buscar estrategias innovadoras para mejorar esta situación, primordialmente en el área de las matemáticas.

El objetivo de esta investigación es describir una metodología implementada para mejorar el nivel de comprensión alcanzado por los alumnos del CETAC 06 en el tema de las derivadas algebraicas. Se presenta el análisis comparativo realizado entre la instrucción apoyada con videotutoriales producidos mediante herramientas de inteligencia artificial generativa y sin ellas.

Marco teórico

Comúnmente, las matemáticas son consideradas difíciles de comprender debido a su naturaleza abstracta, lo que genera retos, resistencias y complicaciones en su enseñanza y aplicación disciplinar. Según autores como Pérez et al. (2019), los errores más comunes son de carácter procedimental y conceptual, originados por múltiples obstáculos que se pueden catalogar en lo didáctico, epistemológico y cognitivo, dificultando así los objetivos de los contenidos curriculares. Considerando lo anterior, es crucial abordar esta problemática como un catalizador de la calidad de vida de la población.

De acuerdo con Ocaña-Fernández et al. (2019), la educación avanza con cierta sensibilidad a los cambios experimentados por la sociedad, actualmente impulsada

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

por la interacción tecnológica. No obstante, es necesario explorar el potencial del uso adecuado de las TIC y las TAC, lo cual podría cambiar la percepción de que las matemáticas son complejas y difíciles en todos los niveles educativos, incluyendo la EMS y particularmente la asignatura de Cálculo Diferencial e Integral (Grisales-Aguirre, 2018).

Por otro lado, existe evidencia de que los estudiantes pueden acelerar su proceso de aprendizaje en materias lógico-matemáticas mediante el uso de TIC y TAC, lo cual ha provocado un cambio perceptible entre los estudiantes de EMS. Este dato puede ser aprovechado por el profesorado para explotar la flexibilidad y las innovaciones tecnológicas en la enseñanza de las matemáticas (George, 2020).

Giró-Gracia y Sancho-Gil (2022) subrayan la necesidad de satisfacer los requisitos de enseñanza-aprendizaje desde una perspectiva tecno-pedagógica, aprovechando los modelos educativos y tecnológicos independientemente de las características culturales, económicas, sociales y biológicas, así como los constructos, conocimientos y habilidades de aprendizaje de los estudiantes. Desde hace algunos años, diversos autores (Butto y Rojano, 2010; Camargo y Sandoval, 2017; Geiger, Goos y Dole, 2015, y Lara, 2018, citados en George, 2020) consideran que el uso de las TIC puede contribuir a la transformación de la educación en matemáticas, aprovechando el interés que estas despiertan en los estudiantes y fortaleciendo conocimientos tanto procedimentales como conceptuales en esta disciplina.

Una de las tecnologías que resulta atractiva para los estudiantes son los videotutoriales, especialmente en el aprendizaje de las matemáticas, lo cual ha incrementado su práctica con el uso del Internet y sitios como YouTube, como destaca Santos (2018). Incluso, estos recursos pueden llegar a ser más consultados que los libros de texto en el área de las matemáticas. Según Acuña y Liem (2020), las plataformas digitales pueden mejorar la enseñanza matemática a través de videotutoriales, aunque es crucial evaluar la calidad de estos y asegurar que cumplan ciertos estándares en la enseñanza, abordando aspectos técnicos, pedagógicos, didácticos, de creación y manejo de contenido, así como comunicativos. Estos autores indican que es posible alcanzar los objetivos de aprendizaje esperados en diversas modalidades y contextos cuando los videotutoriales poseen una estructura adecuada en sus componentes: utilidad y equilibrio formativos.

Por lo tanto, los videotutoriales se han reconocido como herramientas educativas que pueden ser evaluadas a través de seis fases propuestas por Acuña y Liem (2020) y Acuña-Soto et al. (2020): 1) contenido matemático (fase epistémica), 2) didáctica (fase cognitiva), 3) atractivo del contenido (fase interaccional), 4) temporalidad (fase mediacional), 5) naturaleza amigable del discurso (fase afectiva) y, finalmente, 6) proyecto educativo (fase ecológica).

Actualmente, la generación de diversos materiales, incluidos los videotutoriales, se ha popularizado con la inteligencia artificial –IA–, una herramienta necesaria para que las computadoras puedan pensar y aprender de manera inteligente, resolviendo problemas que para los seres humanos tomaría mucho más tiempo resolver con precisión. De acuerdo con Rouhiainen (2018), existe la *inteligencia artificial débil* e *inteligencia artificial fuerte*. La IA débil busca emular el proceso cognitivo humano, lo que permite automatizar trabajos, actividades y tareas que normalmente requerirían mucho tiempo o la colaboración de varios seres humanos. La IA fuerte, por otro lado, se refiere a sistemas de inteligencia artificial que poseen una capacidad de razonamiento y comprensión al nivel humano, con la habilidad de entender, aprender y aplicar conocimientos en diversos contextos de manera autónoma.

También es notable que las TIC y TAC basadas en IA han demostrado la capacidad de fortalecer formas de pensamiento múltiple, amplificadoras y reorganizadoras del sistema cognitivo, en contraste con los métodos tradicionales basados en el profesor frente al grupo con pizarra y tiza o plumón (Barrera-Mora y Reyes-Rodríguez, 2018). La IA podría asistir a los humanos en la resolución y superación de muchos problemas graves, como los educativos (García et al., 2020). Por lo tanto, su aplicación en la educación representa una oportunidad para revolucionar los modelos de aprendizaje y mejorar los resultados adversos hasta la fecha.

En este contexto, Peña (2023) destaca el apoyo de la IA hacia el profesorado en la creación de evaluaciones, la planificación de clases y la gestión del rendimiento de los alumnos, aprovechando esta tecnología. Ocaña-Fernández et al. (2019) también contribuyen a la personalización educativa a través de la IA, coincidiendo en que su uso puede ser una solución adecuada para proporcionar asistencia automatizada a estudiantes de todos los niveles educativos, bajo formatos más atractivos y dinámicos que faciliten el aprendizaje adaptativo. Jara y Ochoa (2020) añaden que la IA complementa, pero no reemplaza, las habilidades y la intervención docente, al detectar áreas de oportunidad (fortalezas y debilidades) de los estudiantes.

Sin embargo, algunos autores expresan preocupación sobre la complejidad de los algoritmos de caja negra, como O'Neil (2016), quien señala lo opacos que pueden ser estos algoritmos, donde se conocen las entradas y salidas, pero no el proceso ni el manejo de los datos. Estos modelos son responsables del éxito de plataformas como Netflix, Siri o Google, lo que plantea debates sobre consideraciones éticas, de seguridad, privacidad, económicas y culturales en la aplicación de la IA en sectores tan sensibles como la educación.

Según Copur-Gencturk et al. (2024), el apoyo pedagógico derivado del uso de la IA plantea incertidumbres sobre el rol que esta tecnología tendrá entre estudiantes y profesores, enfatizando la necesidad de una evaluación objetiva de las oportunidades que la IA ofrece en la educación, más allá de ser simplemente una tendencia en los

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

métodos educativos. La UNESCO (2024) destaca el uso y la accesibilidad de la IA para todas las naciones y niveles de conocimiento, con el objetivo de empoderar a la sociedad y reducir las brechas digitales y desigualdades en el acceso a las TIC y TAC, adaptando la IA a los procesos de enseñanza-aprendizaje. Al respecto, los principios de la OCDE para la integración educativa de la IA incluyen derechos de acceso y diversidad, valores democráticos y derechos humanos, así como la intervención humana cuando sea necesaria, asegurando condiciones equitativas y justas para la sociedad (OECD, 2023).

Considerando lo anterior, se presenta una metodología para incorporar la IA generativa desde un enfoque pedagógico que busca motivar el aprendizaje de las matemáticas, específicamente en el cálculo y el tema de las derivadas algebraicas.

Metodología

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, transversal y correlacional. El estudio se llevó a cabo en San José de Guanajuato, México, específicamente con los estudiantes del CETAC 06. Durante el periodo en que se realizó la investigación (abril del 2023) la población era de 225 alumnos matriculados en las cuatro carreras técnicas, del cuarto semestre.

El diseño del estudio es cuasiexperimental, considerando que los estudiantes de ambos grupos ya existían previamente y sus características son independientes de la razón del experimento. Ambos grupos, el experimental y el de control, se conformaron tomando en cuenta sus promedios generales de aprovechamiento en matemáticas del mismo semestre, procurando que estuvieran equilibrados. El grupo experimental recibió clases facilitadas con el uso de videotutoriales de matemáticas como estrategia de apoyo y el docente acompañaba la explicación de los procedimientos, mientras que el grupo de control recibió las instrucciones mediante la enseñanza tradicional, donde el profesor utilizó el proyector y el pizarrón para la resolución de problemas, presentando los ejercicios y su resolución al grupo, sin el uso de videotutoriales asistidos por IA.

Se realizó un muestreo no probabilístico, seleccionando por conveniencia a estudiantes de los cuatro grupos que obtuvieron un desempeño académico similar en la materia de Cálculo Integral, con el fin de garantizar un grado de homogeneidad en el aprovechamiento de la materia y evitar que este factor constituya un sesgo en la investigación y en los resultados obtenidos. Por tanto, la muestra está conformada por los grupos 4°A Administración de Recursos Humanos (20 alumnos) y 4°B Logística (18 alumnos), con un total de 38 estudiantes. En la Tabla 1 se muestran los grupos de cuarto semestre organizados por área de especialidad y sus promedios generales en matemáticas.

Tabla 1
Distribución de los estudiantes que participaron en el estudio

	Acuacultura	Administración	Logística	Vida saludable
Cantidad	17	20	18	14
Grupo	4°D	4°A	4°B	4°C
Promedio	7.43	7.83	7.80	7.76

Fuente: Elaboración propia.

En el diseño experimental, la variable independiente X es dicotómica y corresponde al uso de los videotutoriales de matemáticas producidos con IA como una estrategia de apoyo en el tema de derivadas algebraicas, guiados por los docentes. La variable dependiente Y corresponde al nivel de comprensión de los alumnos en el módulo de matemáticas de derivadas algebraicas.

El proceso implementado inició con el análisis de información sobre las derivadas algebraicas, posteriormente se realizó la búsqueda y selección de herramientas de IA generativa para la creación y depuración de *prompts* apropiados, lo cual condujo a la creación de videotutoriales, con las adecuaciones pertinentes. Después se realizó la curación de contenidos del material creado por IA, la edición y compilación de los materiales multimedia y finalmente la incorporación de los materiales en los planes de clase.

Para el diseño, creación y producción del contenido multimedia facilitado por IA, se utilizaron las siguientes herramientas de IA generativa: ChatGPT versión 3.5, Canva –generador de imágenes con inteligencia artificial– y Videomaker. Para la edición final de los videotutoriales se recurrió al programa iMovie de Macintosh, con el cual se realizó la producción final del material. El proceso implementado fue el siguiente:

1. El diseño del *prompt engineer* (ingeniero de peticiones) en la plataforma de ChatGPT 3.5 con la finalidad de desarrollar títulos atractivos para los alumnos, guiones para los videos y soluciones para los ejercicios propuestos, además de las instrucciones para su solución, manejo de subtítulos, se consultaron paletas de colores para hacer más atractivos los videos, así como definiciones propias del tema.
2. La producción de videos se realizó con la herramienta Designs.ai en conjunto con VideoMaker. Este editor permite la generación de un video mediante el *prompt engineer*. Se proporciona un título, un *copywriting* (proceso de producir textos persuasivos) y la herramienta de inteligencia artificial genera una propuesta de video con imágenes editables, texto editable y una narración audible, que se fueron mejorando hasta lograr el resultado deseado.
3. El diseño de las portadas para los videos se realizó con la herramienta Canva, con el fin de lograr una apariencia uniforme, además de dotarlas de elementos visualmente atractivos para los alumnos.

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

4. La integración de todos los elementos multimedia se realizó con la herramienta iMovie, logrando el ensamble final de cada videotutorial. En este proceso se revisó y adecuó el formato de imágenes y video, se estandarizó y mejoró el volumen además de agregar transiciones y musicalización.
5. Finalmente, los videotutoriales producidos se subieron a un canal de YouTube para su distribución a los participantes, con la intención de que posteriormente sea material de consulta para la comunidad escolar. En la Tabla 2 se incluyen los enlaces.

Tabla 2
Videotutoriales para la enseñanza de las derivadas algebraicas

Nombre	Videotutorial	Enlace
1. La derivada presente en tu vida cotidiana	Rocha (2023a)	https://www.youtube.com/watch?v=sNLMi_mhEU4
2. Desbloquea el poder de la derivada	Rocha (2023b)	https://www.youtube.com/watch?v=IadU-5hZC88
3. La regla de la potencia	Rocha (2023e)	https://www.youtube.com/watch?v=Ymj_5ySUomQ
4. La regla del producto	Rocha (2023c)	https://www.youtube.com/watch?v=qJj1zvQ79QY
5. La regla del cociente	Rocha (2023f)	https://www.youtube.com/watch?v=h4dTrrJfg6k
6. La regla de la cadena	Rocha (2023d)	https://www.youtube.com/watch?v=tADQV6ubt6A

Fuente: Elaboración propia.

El video 1 describe e ilustra diversas aplicaciones de las derivadas algebraicas en la vida cotidiana, en áreas como la física, la medicina, la biología y la economía. En el video 2 se mencionan algunos cálculos que pueden realizarse con las derivadas, tales como la velocidad de un automóvil, el crecimiento de una población, el comportamiento económico de una empresa, entre otros. Los videos 3, 4, 5 y 6 describen las reglas correspondientes proporcionando ejemplos de aplicación de cada una de ellas.

Una vez finalizados los videotutoriales se procedió a la experimentación. Los principales instrumentos utilizados fueron un test de diagnóstico, una batería de problemas y una lista de cotejo, los cuales se describen a continuación.

El test de diagnóstico se diseñó con el propósito de evaluar el nivel de entendimiento previo de los alumnos del CETAC 06. El diagnóstico cuenta con ocho reactivos y se utilizaron escalas de Likert para conocer el grado de conocimiento sobre las derivadas algebraicas y sus cuatro reglas de derivación (potencia, producto, cociente y cadena). Este test se aplicó a ambos grupos: experimental y de control. Se utilizó Google Forms para su diseño y aplicación, el formulario está disponible en https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfFhm9xWA_Lrj5ZoqnwT5e0SP_STh0XnCmzrW9rBKjxaJ-nI1A/viewform y contiene seis preguntas cerradas en las que se solicita indicar el nivel de dominio que tiene el participante en las derivadas algebraicas en general, las aplicaciones que estas tienen en la vida cotidiana, y el nivel de dominio que considera tener en cada una de las reglas de derivación: de la potencia, del producto, del cociente y de la cadena.

La batería de problemas incluyó cuatro ejercicios del tema de derivadas, uno por cada regla de derivación (potencia, producto, cociente y cadena). La selección se hizo atendiendo a la recomendación de los expertos que apoyaron la validación, procurando que el nivel de complejidad se incrementara paulatinamente: la regla de la cadena engloba procedimientos y reglas de las tres anteriores. También se determinó que, en la regla de la cadena, se aceptarían los resultados en su estado más simple (sin factorizar), puesto que se está midiendo el grado de conocimiento sobre la derivación en los alumnos y no su capacidad de simplificar expresiones algebraicas. En la Figura 1 se muestra la batería de ejercicios que fue aplicada.

Figura 1
Batería de ejercicios proporcionada a los estudiantes

Nombre (Apellido paterno, materno y nombre).						Grado:	
Edad:		Género:	Masculino	Femenino	Otro	Grupo:	

Instrucción: A continuación, se presentan un conjunto de cuatro ejercicios uno por cada regla de derivación (Potencia, De la Cadena, Del Producto y Del Cociente). Resuelva cada uno de ellos colocando todo el procedimiento para su resolución. Valor por cada ejercicio: 1 punto.

Ejercicio 1. Resuelva el siguiente ejercicio de derivación utilizando la Regla de la potencia.

$f(x)' = 2x^4 - 4x + 12$

$f(x)' = -5x^2 - 20x + 40$

Ejercicio 2. Resuelva el siguiente ejercicio de derivación utilizando la Regla del Producto.

$f(x)' = (4x^2 + 6)(-x^4 + 4x^2)$

$f(x)' = (2x^5 + 2)(x^5 + 7x^4)$

Ejercicio 3. Resuelva el siguiente ejercicio de derivación utilizando la Regla del Cociente.

$f(x)' = \frac{-6x^3 + 8x^2}{4x - 9}$

$f(x)' = \frac{7x^6 + 2x^5}{7x - 5}$ /

Ejercicio 4. Resuelva el siguiente ejercicio de derivación utilizando la Regla de la cadena.

$f(x)' = (-7x^2 + 4)^3$

$f(x)' = (4x^4 - 10)^2$

$f(x)' = (-8x^5 + 7)^5$

$f(x)' = (2x^8 + 8)^6$

Fuente: Elaboración propia.

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

La lista de cotejo se diseñó para evaluar la batería de ejercicios considerando las cuatro reglas de derivación, se evalúan seis criterios y se califican bajo tres ponderaciones para evaluar el nivel de comprensión alcanzado por los alumnos en cada ejercicio. Los criterios fueron: pensamiento estructurado, procedimiento implementado, operaciones básicas de matemáticas, jerarquía de operaciones y obtención del resultado. Este instrumento se muestra en la Figura 2.

Figura 2
Lista de cotejo para evaluar la batería de ejercicios

							PONDERACIÓN		Cumple en su totalidad (2 puntos)	Cumple parcialmente (1 punto)	No Cumple (0 puntos)			
							CRITERIOS							
Nombre del Alumno	Edad	Sexo	Grado	Grupo	Ejercicio	EJERCICIOS A EVALUAR	Pensamiento Estructurado. Organiza datos de forma lógica y estructurada para la solución de las derivadas propuestas.	Procedimiento. Presenta un procedimiento completo para la solución de las derivadas propuestas. (Reglas de la potencia, De la Cadena, Regla del Producto y Del Cociente).	Operaciones básicas matemáticas . Hace uso adecuado de conocimientos base matemáticos (suma, resta, multiplicación, división, signos, etc.).	Jerarquía de operaciones . Utiliza de manera correcta la jerarquía de operaciones matemáticas.	Resolución. Los resultados obtenidos son correctos.	Calif. por criterios por ejercicio de derivación	Calif. por criterios por regla de derivación	Calificación FINAL
					1	Regla de la potencia. $f(x)' = 4x^3 - 16x + 33$								
					2	$f(x)' = -10x^2 - 200x + 700$								

Nota: En la columna titulada "Ejercicios a evaluar", en el instrumento completo se listaron todos los ejercicios de la batería (Figura 1), con las cuatro reglas de derivación.

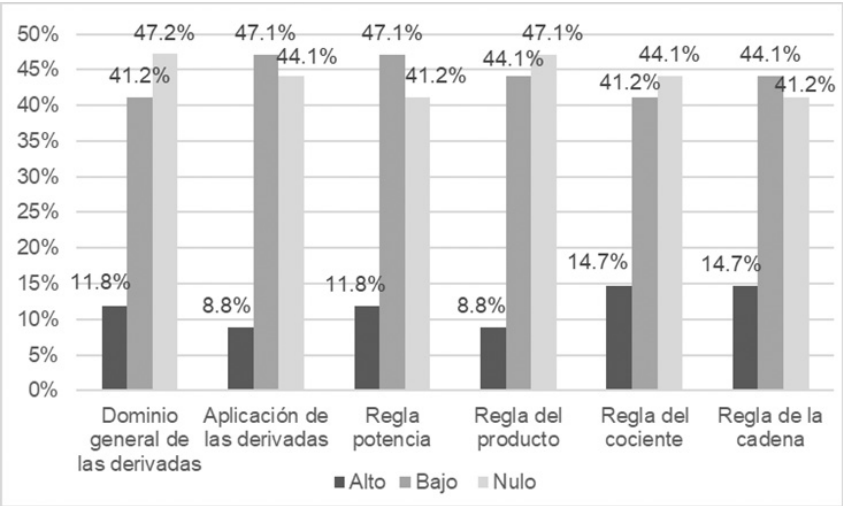
Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de los tres instrumentos anteriores se realizó de manera secuencial con ambos grupos. Posteriormente se realizó un análisis cuantitativo enfocado en las calificaciones obtenidas al aplicar la batería de problemas de derivadas algebraicas (evaluación ordinaria) y la lista de cotejo ponderada. Ambos instrumentos se aplicaron de forma impresa a ambos grupos (experimental y control). Se estableció un tiempo límite de 45 minutos para la resolución del instrumento. Posteriormente se recolectaron las respuestas de ambos grupos en momentos y lugares separados, para proceder a evaluar las respuestas con base en la lista de cotejo ponderada.

Resultados

Después de aplicar la evaluación diagnóstica (pre-test), en ambos grupos se observó un nivel de desconocimiento significativo con relación al tema de derivadas algebraicas, su aplicación en la vida cotidiana y las reglas fundamentales para realizar derivaciones (de la potencia, del producto, del cociente y de la cadena), como se muestra en la Figura 3, siendo los puntajes obtenidos menores al 50%, en una escala de 1 a 100 puntos.

Figura 3
Niveles de dominio previos a la intervención



Fuente: Elaboración propia.

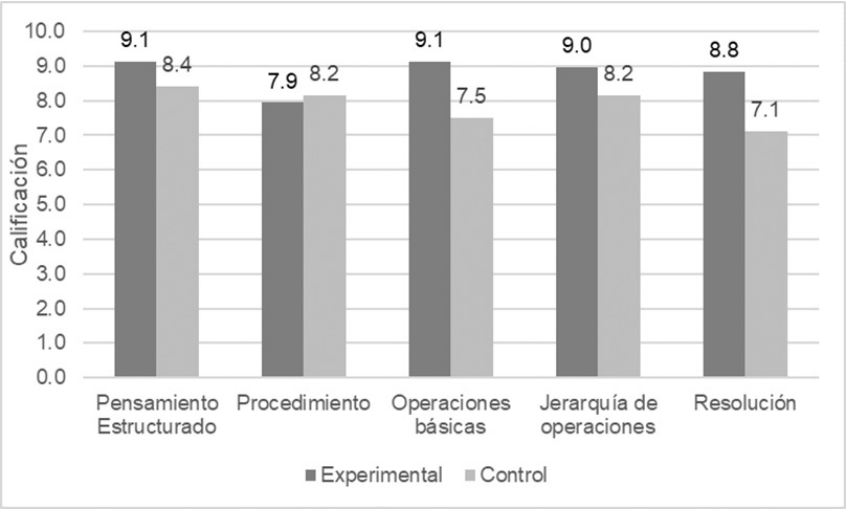
Con base en los resultados obtenidos en la evaluación diagnóstica, donde el 47% de los participantes no dominan el tema de las derivadas algebraicas ni su aplicación, surgió la motivación para implementar una estrategia innovadora mediada por el uso de las TIC con videotutoriales producidos y optimizados con el apoyo de la IA. Esta iniciativa busca romper con la perspectiva histórica de la enseñanza de las matemáticas, descrita como rígida y limitada, según lo menciona Brousseau (1976).

Después de realizar la intervención descrita previamente, se analizaron las calificaciones obtenidas por ambos grupos, por cada regla de derivación evaluada. Los resultados se muestran en las gráficas que se presentan a continuación.

En la Figura 4 se observa que el grupo experimental (con videotutoriales de IA) obtuvo las calificaciones más altas en varios criterios clave. En particular, el grupo experimental logró una puntuación de 9.1 en los criterios de "Pensamiento estructurado" y "Operaciones básicas" en una escala del 1 al 10. Estos fueron los puntajes más altos obtenidos por este grupo. Además, en el criterio de "Jerarquía de operaciones", el grupo experimental obtuvo una calificación de 9.0, seguido por una puntuación de 8.8 en "Resolución" y 7.9 en "Procedimiento".

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

Figura 4
Calificaciones por criterios en la regla de la potencia

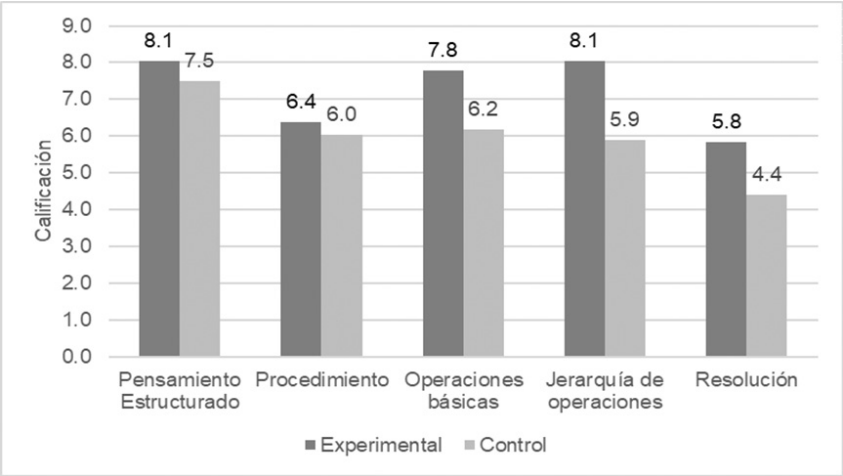


Fuente: Elaboración propia.

En contraste, la Figura 4 también muestra que el grupo de control (que recibió instrucción tradicional) mostró calificaciones inferiores en todos los criterios evaluados. Este grupo obtuvo su calificación más alta en "Pensamiento estructurado" con una puntuación de 8.4. Para los criterios de "Procedimiento" y "Jerarquía de operaciones" las calificaciones fueron de 8.2, mientras que en "Operaciones básicas" obtuvieron una puntuación de 7.5. La calificación más baja para el grupo de control fue de 7.1, registrada en el criterio de "Resolución".

En la Figura 5 se muestra el desglose por criterios evaluados con respecto a la regla del producto. Se observa que el grupo experimental obtuvo las calificaciones más altas en cada criterio evaluado, destacándose especialmente en la regla del producto, donde alcanzó una puntuación de 8.1 tanto en "Pensamiento estructurado" como en "Jerarquía de operaciones". En segundo lugar se encuentra el criterio de "Operaciones básicas" con una puntuación de 7.8, seguido por "Procedimiento" con 6.4, y finalmente "Resolución" con 5.8. En contraste, el grupo de control mostró calificaciones más bajas en todos los criterios evaluados que se muestran en la misma Figura 5. Registraron una puntuación de 7.5 en "Pensamiento estructurado", seguido por "Operaciones básicas" con 6.2, "Procedimiento" con 6.0, "Jerarquía de operaciones" con 5.9, y la calificación más baja fue de 4.4 en "Resolución".

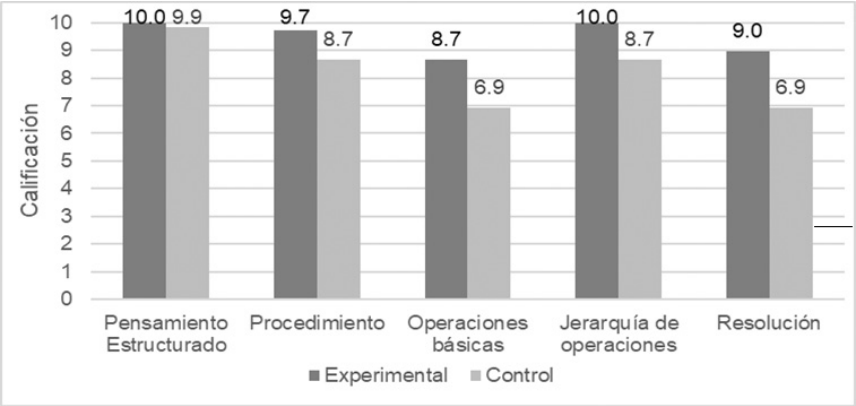
Figura 5
Calificaciones obtenidas en la regla del producto



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6 se pueden observar las calificaciones más altas obtenidas por cada criterio en la Regla del Cociente. El grupo experimental alcanzó una calificación perfecta de 10 tanto en "Pensamiento estructurado" como en "Jerarquía de operaciones", además, obtuvo 9.7 en "Procedimiento", 9.0 en "Resolución" y 8.7 en "Operaciones básicas". Por otro lado, el grupo de control mostró calificaciones más modestas en cada uno de estos criterios, registraron 9.9 en "Pensamiento estructurado", 8.7 tanto en "Procedimiento" como en "Jerarquía de operaciones", y 6.9 en "Operaciones básicas" y en "Resolución".

Figura 6
Calificaciones obtenidas en la regla del cociente

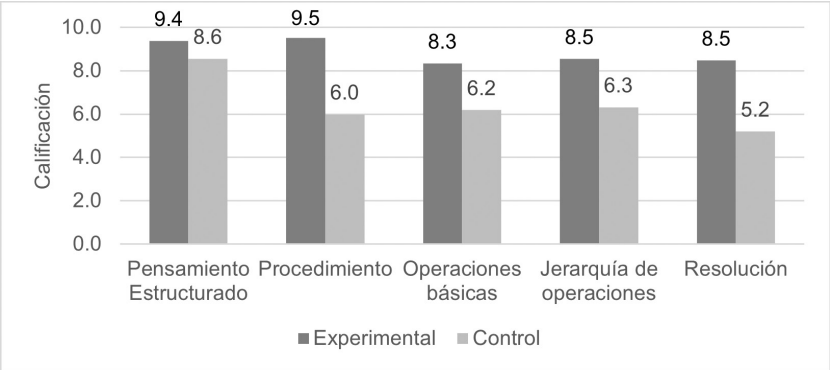


Fuente: Elaboración propia.

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

En la Figura 7 se destacan las calificaciones más altas de cada criterio, obtenidas por el grupo experimental, liderado por un destacado 9.5 en el criterio de "Procedimiento", seguido por "Pensamiento estructurado" con 9.4. Además se registraron puntuaciones notables de 8.5 tanto en "Jerarquía de operaciones" como en "Resolución", junto con una calificación cercana de 8.3 en "Operaciones básicas". Por otro lado, el grupo de control obtuvo las siguientes calificaciones: 8.6 en "Pensamiento estructurado", seguido por calificaciones más modestas de 6.3 en "Jerarquía de operaciones", 6.2 en "Operaciones básicas", 6.0 en "Procedimiento" y 5.2 en "Resolución".

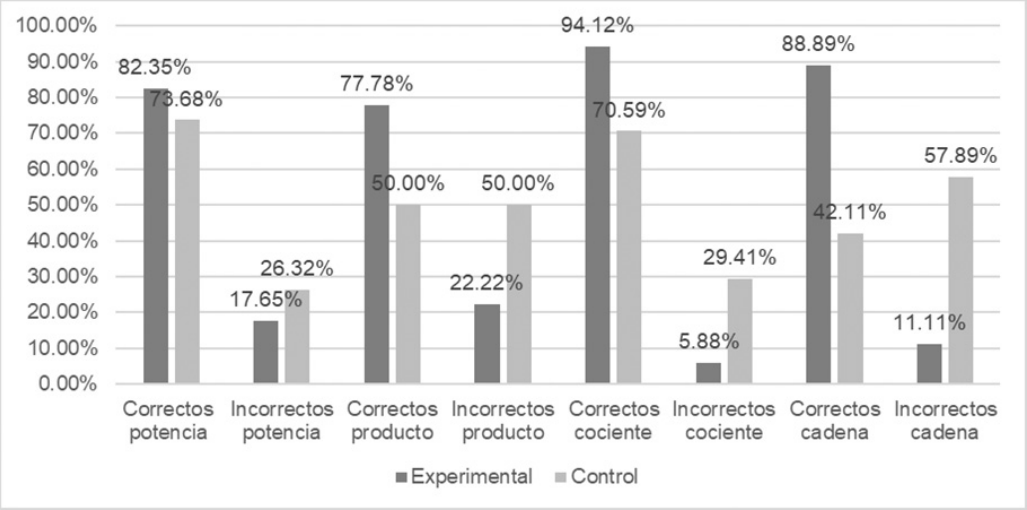
Figura 7
Calificaciones obtenidas en la regla de la cadena



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8 se presentan los porcentajes de ejercicios correctos e incorrectos para cada regla de derivación y grupo. El grupo experimental obtuvo porcentajes más altos, destacando con un 94.12% de ejercicios correctos en la regla del cociente, seguido por un 88.89% en la regla de la cadena, un 82.35% en la regla de potencia y un 77.78% en la regla del producto. En contraste, el grupo de control obtuvo porcentajes más bajos, registrando un 73.68% de ejercicios correctos en la regla de potencia, seguido por un (70.59%) en la regla del cociente, un 50% en la regla del producto y un 42.11% en la regla de la cadena.

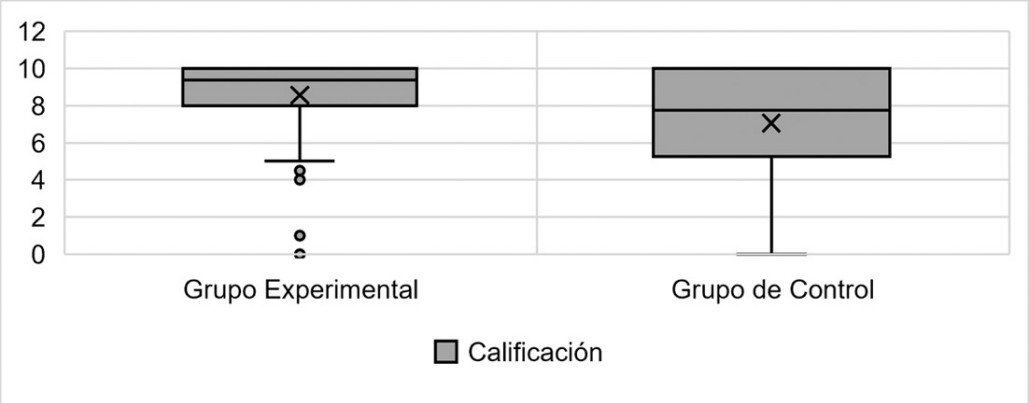
Figura 8
Ejercicios correctos e incorrectos por regla de derivación



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 9 se observa una menor dispersión de los datos en el grupo experimental sobre el grupo de control, además de que las calificaciones fueron superiores en las preguntas Q1 (5), Q2 (8), Q3 (9.37), Q4 (10) y mediana de 8.567, mientras que el grupo de control obtuvo calificaciones en Q1 (0), Q2 (5.25), Q3 (7.75), Q4 (10) con mediana de 7.06, lo que manifiesta un mayor aprovechamiento general de los participantes del grupo experimental.

Figura 9
Nivel de dominio general, reglas de derivación y sus aplicaciones



Fuente: Elaboración propia.

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

En la Tabla 3 se muestran los criterios con mejor desempeño para ambos grupos, que fueron "Pensamiento estructurado" y "Jerarquía de operaciones", lo que sugiere la capacidad de los alumnos para entender el lenguaje abstracto de las matemáticas. El grupo experimental logró resultados superiores, con una diferencia promedio de 1.45 puntos en todos los criterios.

Tabla 3
Comparación del desempeño de cada grupo y la diferencia entre ambos

Reglas evaluadas	Grupo experimental	Grupo de control	Diferencia
Potencia	8.794	7.868	0.926
Producto	7.222	6.000	1.222
Cociente	9.471	8.206	1.265
Cadena	8.847	6.447	2.400
Promedio final	8.583	7.1302	1.453

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Los resultados obtenidos en el pre-test indicaron que el dominio de los participantes en el tema de las derivadas algebraicas era bajo (menor al 50%), especialmente en los cuatro aspectos evaluados: regla de la potencia, del producto, del cociente y de la cadena (Figura 1). Posteriormente, el análisis realizado después de la intervención refleja que el grupo experimental con el que se utilizaron los videotutoriales generados por IA demostró un desempeño significativamente mejorado en comparación con el grupo de control que recibió una instrucción tradicional, especialmente en la aplicación práctica de las reglas de derivación algebraica.

Se logró un mayor aprovechamiento académico del grupo experimental sobre el grupo de control para las cuatro reglas de derivación, tal como se muestra en la Tabla 2, al igual que en la resolución de ejercicios correctos contra incorrectos. También se logró constatar que los criterios con mejor desempeño para ambos grupos fueron "Pensamiento estructurado" y "Jerarquía de operaciones", lo que supone la capacidad de los alumnos por entender el lenguaje abstracto de las matemáticas, como se indica en la Tabla 3. El criterio con menor calificación fue para ambos grupos la "Resolución", teniendo ambos grupos áreas de mejora en la fase procedimental y operaciones básicas matemáticas, lo cual ha sido señalado previamente por Pérez et al. (2019).

En este sentido, se coincide con Camargo-Uribe et al. (2017) en cuanto a que el uso de las TIC, como fue el caso del material multimedia (videotutoriales) empleados en la enseñanza de las derivadas algebraicas, logró coadyuvar al aprendizaje de las matemáticas. Así mismo se verifica la afirmación de Acuña el al. (2020) sobre que con el uso de los videotutoriales es posible lograr procesos concernientes de aprendizaje.

Sabiendo que el material multimedia utilizado en esta investigación fue producido y optimizado por IA como material de apoyo en la asignación de cálculo, es preciso apuntar la aportación de Jara y Ochoa (2020), la IA en el contexto educativo bajo un modelo de complementariedad y no de reemplazo de la figura docente, se pueden obtener resultados positivos en materia educativa y de vanguardia tecnológica.

Los criterios de evaluación pertinentes para la investigación (pensamiento estructurado, procedimiento, operaciones básicas matemáticas, jerarquía de operaciones y resolución), permitieron desarrollar una evaluación profunda de los niveles de comprensión matemática adquiridos por los estudiantes de ambos grupos (experimental y control). Estos resultados proporcionaron información detallada sobre las áreas de oportunidad para cada estudiante. Consideramos que este tipo de evaluaciones combinadas con el uso de TIC favorecen una visión periférica y holística de los aprendizajes, especialmente en materias lógicas y matemáticas. Esta metodología evita las evaluaciones tradicionales, donde solo se revisa el resultado sin una retroalimentación clara y útil para los estudiantes.

El análisis detallado por criterios indicó que el criterio con mayor puntaje fue "Pensamiento estructurado", lo que indica las capacidades cognitivas, de razonamiento, orden y sistematización necesarias para el aprendizaje lógico-matemático. Este tipo de pensamiento es crucial en áreas de conocimiento científico y tecnológico, así como en la vida cotidiana. La investigación refutó la perspectiva simplista-reduccionista sobre las capacidades de los estudiantes para aprender matemáticas. No obstante, se identificó que el criterio de "Procedimiento" obtuvo la menor calificación, señalando la necesidad de que los docentes desarrollen estrategias y materiales que enfaticen la fase procedimental de la enseñanza de materias lógico-matemáticas.

Los resultados también demostraron que los estudiantes del CETAC 06 que utilizaron los videotutoriales optimizados por IA lograron un mejor nivel de comprensión y aprovechamiento en la asignatura de cálculo, específicamente en las derivadas algebraicas. Los estudiantes del grupo experimental obtuvieron promedios más altos y mayores calificaciones aprobatorias en cada regla de derivación, con una diferencia del 26.69% de ejercicios resueltos correctamente en comparación con el grupo de control. Además se observó una menor tasa de reprobación y un promedio general superior, siendo 8.6 la media del grupo experimental frente a 7.1 en el grupo de control (Figura 7).

Conclusiones

El presente trabajo permitió comparar dos formas de impartir la asignatura de cálculo diferencial, abordando el tema de las derivadas algebraicas. Se partió de un diagnóstico inicial de los estudiantes, quienes mostraron un desconocimiento generalizado de las derivadas algebraicas, sus usos y reglas de derivación antes de utilizar el material multimedia.

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

También se diseñó y creó material multimedia (videotutoriales) producido y optimizado por IA para la enseñanza de las derivadas algebraicas, despertando el interés de los estudiantes en las sesiones de clase. Este enfoque contextualizado del aprendizaje fomentó niveles superiores de atención, interacción y motivación en comparación con las clases tradicionales de matemáticas.

Por tanto, se considera necesario desarrollar métodos de enseñanza innovadores que fomenten el uso de TIC, TAC e IA, para resolver los problemas educativos históricos y acercar de manera novedosa los temas y tecnologías a los estudiantes, logrando un aprendizaje más autónomo y eficiente. La normalización del uso de TIC e IA en los sistemas educativos contemporáneos, junto con políticas públicas educativas que las incorporen, podría hacer más eficientes los procesos de aprendizaje, aumentar la aprobación y dinamizar la enseñanza de las matemáticas.

Finalmente, esta investigación demostró que es posible combatir el rezago histórico en materias lógico-matemáticas mediante la implementación de tecnologías innovadoras como la IA, mejorando el nivel de aprovechamiento y comprensión de los estudiantes. Este enfoque podría tener un impacto real, efectivo y positivo en el desarrollo educativo, tecnológico, científico, económico y social, al mejorar la relación de los estudiantes con las matemáticas.

La principal aportación de esta investigación es la enseñanza de las matemáticas mediante la incorporación de TIC con el uso de IA, rompiendo con el esquema tradicional de clases y cediendo parte de la autonomía del aprendizaje a los estudiantes a través de material multimedia. La metodología implementada incrementó notablemente la motivación de los estudiantes, además de que facilitó la comprensión de los conceptos y reglas matemáticas de una manera más dinámica e interactiva, apoyada en recursos tecnológicos que permitieron un abordaje más preciso y con aplicaciones en problemáticas reales.

Uno de los principales retos para el desarrollo de esta investigación fue compatibilizar los tiempos para cumplir con las actividades docentes y la generación de los videotutoriales. Es necesario reducir las actividades burocráticas para que los docentes puedan dedicar más tiempo a la preparación de material novedoso, lo cual demanda planificación, organización, producción, pruebas y aplicación durante meses. De esta manera se contribuirá gradualmente hacia una educación de mayor calidad, reflejada en mejores desempeños y condiciones de vida en general.

Referencias

Acuña Soto, C. M, y Liern, V. (2020). Modos de enseñanza en los videotutoriales de matemáticas: equilibrio entre eficacia puntual y utilidad formativa. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, *34*(68), 1125-1143. https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n68a14

Acuña-Soto, C. M., Liern, V., y Pérez-Gladish, B. (2020). Multiple criteria performance evaluation of YouTube mathematical educational videos by IS-TOPSIS. *Operational Research*, *20*(4), 2017-2039. https://doi.org/10.1007/s12351-018-0405-2

Barrera-Mora, F., y Reyes-Rodríguez, A. (2018). El rol de la tecnología en el desarrollo de entendimiento matemático vía la resolución de problemas. *Educatio Siglo XXI*, *36*(3), 41-72. https://doi.org/10.6018/j/349461

Brousseau, G. P. (1976). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. En W. Vanhamme y J. Vanhamme (eds.), *La problématique et l'enseignement de la mathématique. Comptes rendus de la XXVIIIe rencontre organisée par la Commission Internationale pour l'Etude et l'Amélioration de l'Enseignement des Mathématiques* (pp. 101-117). Louvain-la-neuve. https://hal.science/hal-00516569

Camargo-Uribe, L., Sandoval-Cáceres, I. T., Camargo-Uribe, L., y Sandoval-Cáceres, I. T. (2017). Acceso equitativo al razonamiento científico mediante la tecnología. *Revista Colombiana de Educación*, (73), 179-211. https://doi.org/10.17227/01203916.73rce177.209

Copur-Gencturk, Y., Li, J., Cohen, A. S., y Orrill, C. H. (2024). The impact of an interactive, personalized computer-based teacher professional development program on student performance: A randomized controlled trial. *Computers & Education*, *210*, 104963. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104963

García Peña, V. R., Mora Marcillo, A. B., y Ávila Ramírez, J. A. (2020). La inteligencia artificial en la educación. *Dominio de las Ciencias*, *6*(3[esp.]), 648-666. http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1421

George Reyes, C. E. (2020). Reducción de obstáculos de aprendizaje en matemáticas con el uso de las TIC. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 11, e697. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v11i0.697

Giró-Gracia, X., y Sancho-Gil, J. M. (2022). La inteligencia artificial en la educación: Big data, cajas negras y solucionismo tecnológico. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - Relatec*, *21*(1), 129-145. https://doi.org/10.17398/1695-288X.21.1.129

Grisales-Aguirre, A. M. (2018). Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas. *Entramado*, *14*(2), 198-214. http://dx.doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4751

INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía] (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020. Síntesis metodológica y conceptual*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197537.pdf

Jara, I., y Ochoa, J. M. (2020). *Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación*. IDB Publications. https://doi.org/10.18235/0002380

Juárez, B., y Limón, O. (2013). Las matemáticas y el entorno socioeconómico como causa de deserción escolar en el nivel medio superior en México. *Revista Multidisciplina*. http://www.revistas.unam.mx/

Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A., y Garro-Aburto, L. L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones*, *7*(2). https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274

OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development] (2023). *The state of implementation of the OECD AI principles four years on (OECD Artificial Intelligence Papers, vol. 3)*. https://doi.org/10.1787/835641c9-en

O'Neil, C. (2016). *Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy*. Crown Publishing Group.

Peña, A. A. (2023). La enseñanza y la inteligencia artificial. *Prolegómenos*, *26*(52), 9-10. https://doi.org/10.18359/prole.7098

Pérez Istúriz, M., Diego Mantecón, J. M., Polo Blanco, I., y González López, M. J. (2019). Causas de los errores en la resolución de ecucaciones lineales con una incógnita. *PNA. Revsta en Didáctica de la Matemática*, *13*(2). https://doi.org/10.30827/pna.v13i2.7613

Rocha, A. (2023a). *Desbloquea el poder de la derivada algebraica. La derivada presente en tu vida diaria. Video 2* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=sNLMi_mhEU4

Rocha, A. (2023b). *Desbloquea el poder de la derivada algebraica. Video 1* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=IadU-5hZC88

Rocha, A. (2023c, mayo 27). *Desbloquea el poder de la Derivada Regla del producto. Video 4* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=qJj1zvQ79QY

Rocha, A. (2023d, mayo 27). *Desbloquea el poder de la Derivada Regla de la Cadena Video 6* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=tADQV6ubt6A

Rocha, A. (2023e, mayo 27). *Desbloquea el poder de la Derivada Regla de la potencia Video 3* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=Ymj_5ySUomQ

ie revista de investigación educativa de la Rediech
vol. 16 • 2025 • e2260 • ISSN: 2448-8550

Rocha, A. (2023f, mayo 27). *Desbloquea el poder de la Derivada Regla del Cociente Video 5* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=h4dTrrJfg6k

Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Alienta.

Santos, J. A. (2018). *Valoración de videotutoriales de matemáticas disponibles en internet. Nuevos instrumentos para el análisis de los procesos educativos* [Tesis de doctorado]. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/tesis/tesis_Santos.pdf

UNESCO [Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura] (2024, may. 17). *El uso de la IA en la educación: decidir el futuro que queremos*. https://www.unesco.org/es/articles/el-uso-de-la-ia-en-la-educacion-decidir-el-futuro-que-queremos

Cómo citar este artículo:

Rocha Gallegos, A., González Segura, C. M., y García García, M. (2025). Derivadas algebraicas con inteligencia artificial y videotutoriales. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, *16*, e2260. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v16i0.2260

Todos los contenidos de *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH* se publican bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional, y pueden ser usados gratuitamente para fines no comerciales, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia.