

Título: Retos de la enseñanza de cálculo diferencial producto de la IA: un enfoque ético

Leopoldo N. Gaxiola-Sánchez

Universidad Tecnológica de Culiacán, Carretera Culiacán – Imala km 2, 80014,
Culiacán, Sinaloa, México
leopoldo.gaxiola@utculiacan.edu.mx

Resumen

Este estudio analiza los retos que presenta la enseñanza del cálculo diferencial ante el surgimiento de herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (IAG), con especial atención a las implicaciones éticas derivadas de su integración en los procesos educativos. El cálculo diferencial, como disciplina fundamental de las ciencias exactas, enfrenta desafíos particulares como la dependencia excesiva de herramientas automatizadas, la disminución del razonamiento crítico en los estudiantes y las desigualdades en el acceso a tecnologías avanzadas. A partir de un enfoque ético, se exploran estos retos y se proponen directrices para el uso responsable de la IAG, con el objetivo de fortalecer la enseñanza del cálculo diferencial y fomentar el esfuerzo cognitivo en los entornos de aprendizaje actuales.

Palabras clave

Cálculo diferencial, inteligencia artificial generativa, pensamiento crítico, ética educativa, esfuerzo cognitivo, enseñanza de las matemáticas, chatbot educativo.

Abstract

This study analyzes the challenges involved in teaching differential calculus in light of the emergence of Generative Artificial Intelligence (GAI) tools, with particular attention to the ethical implications of integrating AI into educational processes. As a foundational discipline in the exact sciences, differential calculus faces specific instructional challenges, such as excessive reliance on automated tools, the decline in students' critical reasoning, and inequities in access to advanced technologies. From an ethical perspective, this study

explores these issues and proposes guidelines for the responsible use of GAI to support effective teaching and promote cognitive effort in differential calculus learning environments.

Keywords

Differential calculus, generative artificial intelligence, critical thinking, educational ethics, cognitive effort, mathematics education, educational chatbot.

1. Introducción

En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) ha transformado múltiples ámbitos de la vida humana, incluyendo la educación. La aparición de herramientas como ChatGPT, Gemini, Deepseek, Grok y otras plataformas basadas en IA generativa ha modificado profundamente las dinámicas de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, particularmente en áreas fundamentales como el cálculo diferencial. Estas tecnologías ofrecen respuestas automatizadas y soluciones desarrolladas que, si bien pueden facilitar la comprensión de conceptos abstractos, también generan desafíos pedagógicos significativos (Ilkka, 2018; Mijwil, 2024).

En este nuevo contexto, los docentes enfrentan el reto de reformular sus prácticas educativas para incorporar o adaptarse a la presencia inevitable de estas herramientas. El cálculo diferencial, como una de las ramas centrales del análisis matemático, exige no solo la memorización de procedimientos, sino una comprensión conceptual profunda de límites, derivadas y su interpretación gráfica y contextual. Sin embargo, el uso indiscriminado de IA puede fomentar una actitud pasiva en los estudiantes, quienes tienden a priorizar la obtención de respuestas sobre la comprensión del proceso matemático (Alcántara et al., 2024; Paek & Kim 2021).

Asimismo, surge un nuevo perfil del estudiante que desarrolla habilidades digitales, pero que, paradójicamente, puede presentar carencias en el razonamiento lógico y la resolución autónoma de problemas matemáticos. Este fenómeno pone en tensión los enfoques tradicionales de enseñanza centrados en la resolución manual de ejercicios, obligando a las instituciones educativas a revisar sus métodos de evaluación, sus objetivos de aprendizaje y la capacitación docente (Hwang & Tu, 2021).

Frente a esta realidad, se hace imprescindible una reflexión crítica sobre los retos que plantea la IA para la enseñanza del cálculo diferencial: ¿cómo aprovechar sus beneficios sin comprometer el desarrollo del pensamiento matemático? ¿Qué competencias deben desarrollar los docentes para integrar la IA de forma pedagógica y ética? ¿Qué tipo de actividades permiten balancear automatización y comprensión profunda?

Este estudio busca explorar estas preguntas, identificando los principales desafíos y proponiendo lineamientos didácticos que respondan a un entorno educativo cada vez más mediado por tecnologías inteligentes.

2. Objetivos

-Objetivo General

Analizar los retos éticos asociados al uso de la Inteligencia Artificial en la enseñanza del cálculo diferencial, proponiendo un marco de acción que garantice su uso responsable y equitativo.

-Objetivos Específicos

- a. Identificar los principales desafíos pedagógicos y éticos que surgen al integrar herramientas de IA en la enseñanza del cálculo diferencial.
- b. Analizar el impacto de las herramientas de IA generativas en el aprendizaje de cálculo diferencial.
- c. Proponer un conjunto de principios éticos para guiar el desarrollo e implementación de herramientas de IA en la enseñanza del cálculo diferencial.
- d. Proponer una estrategia práctica que demuestre cómo la IA puede complementar, sin reemplazar, el rol del docente en esta disciplina.

3. Marco Teórico

En este apartado se describen los fundamentos teóricos de esta investigación.

3.1 Inteligencia Artificial Generativa

La UNESCO define los sistemas de IA como tecnologías de procesamiento de la información que integran modelos y algoritmos que producen una capacidad para aprender y realizar tareas cognitivas, dando lugar a resultados como la predicción y la adopción de decisiones en entornos materiales y virtuales (UNESCO, 2021).

La inteligencia artificial generativa (IA) describe algoritmos (como ChatGPT, Deepseek, Gemini, entre otros) que pueden usarse para crear contenido nuevo, incluidos audio, código, imágenes, texto, simulaciones y videos (Explainers, 2024).

3.2 Calculo Diferencial

El cálculo diferencial es una rama fundamental del cálculo que se ocupa del estudio de la variación de las funciones, particularmente a través del concepto de límite y derivada. Su desarrollo ha sido uno de los hitos más importantes de la historia de las matemáticas y ha tenido profundas aplicaciones en física, ingeniería, economía, y muchas otras disciplinas (Simmons, 2016).

El cálculo diferencial, junto con el cálculo integral, fue desarrollado en el siglo XVII de manera independiente por dos de los más grandes matemáticos de la historia: Isaac Newton (1643–1727), en Inglaterra y Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716), en Alemania. Ambos desarrollaron técnicas para analizar el cambio y el movimiento, aunque con notaciones diferentes. Newton se enfocó en las aplicaciones físicas, mientras que Leibniz creó un sistema de notación más formal y cercano al moderno.

3.3 Retos de la enseñanza

A continuación, se describen los principales retos a los que se enfrenta la enseñanza de cálculo diferencial debido a la integración de la IA por los estudiantes.

4.3.1. Dependencia de estas herramientas

Actualmente los estudiantes le dan una confianza excesiva en las herramientas basadas en inteligencia artificial (como ChatGPT, asistentes de escritura, traductores automáticos, generadores de código, etc.) para resolver tareas académicas, lo cual puede: reducir el pensamiento crítico y la autorreflexión, debilitar el desarrollo de habilidades cognitivas fundamentales, promover el aprendizaje superficial (Selwyn, 2019).

Por ejemplo, al momento de resolver problemas matemáticos los estudiantes optan por utilizar la IA sin analizar el contenido solo copiar y pegar, para entregar su trabajo. Lo que surge porque los estudiantes prefieren evitar el esfuerzo cognitivo.

Las consecuencias cognitivas por el uso excesivo de estas herramientas son: reducción de la memoria operativa y la atención. Pérdida de capacidad para enfrentar la frustración cognitiva. Menor desarrollo del razonamiento lógico y crítico. También se tienen consecuencias académicas: disminución del rendimiento real en situaciones donde no se puede usar IA (exámenes, evaluaciones orales). Lo cual conlleva a un aumento de prácticas deshonestas (plagio automatizado, escritura fantasma). Por último, se llega a consecuencias éticas: cuestiones de autenticidad y autoría en el aprendizaje. Además, se produce una desigualdad de acceso: quienes tienen mejores herramientas de IA pueden obtener ventajas injustas.

4.3.2. Pensamiento crítico

El pensamiento crítico es la capacidad de analizar, evaluar y sintetizar información de manera objetiva y razonada, con el fin de tomar decisiones bien fundamentadas o resolver problemas de forma lógica y efectiva (Larson et al., 2024).

El vínculo entre pensamiento crítico e inteligencia artificial (IA) es uno de los temas más relevantes hoy en la educación, la ética tecnológica y la formación profesional. A continuación, te presento una explicación estructurada de la relación entre ambos, incluyendo desafíos, oportunidades, referencias y propuestas educativas.

El pensamiento crítico es la capacidad de analizar, evaluar, interpretar y sintetizar información de manera lógica y reflexiva para tomar decisiones o resolver problemas.

4.3.3 Falta de esfuerzo cognitivo

La falta de esfuerzo cognitivo inducida por el uso de la inteligencia artificial (IA) es un reto emergente en contextos educativos. Este fenómeno se manifiesta cuando los estudiantes usan herramientas de IA generativa, traductores automáticos o generadores de código para evitar el proceso activo de pensar, investigar o crear por sí mismos.

Lo que generalmente sucede es que los estudiantes copiar respuestas generadas sin comprenderlas, realizan resúmenes sin leer el texto original, usan IA para tareas mecánicas sin cuestionar resultados y presentan trabajos que no pueden defender oralmente.

4. Marco Ético

La incorporación de tecnologías basadas en inteligencia artificial (IA) en los procesos educativos ha generado una transformación significativa en la manera en que se enseña y aprende el cálculo diferencial. Esta área fundamental de las matemáticas, por su complejidad abstracta y carácter formativo, requiere de estrategias pedagógicas que fomenten el pensamiento crítico, el razonamiento lógico y la capacidad de modelado. El uso de la IA puede potenciar estos procesos, pero también introduce desafíos éticos sustanciales que deben ser abordados de forma rigurosa.

El presente marco ético tiene como objetivo establecer principios orientadores para un uso justo, responsable, inclusivo y pedagógicamente sólido de la inteligencia artificial en el contexto del cálculo diferencial, tanto para docentes como para estudiantes y diseñadores de sistemas educativos inteligentes.

5.1. Principios Éticos Fundamentales

5.1.1. Justicia y equidad

La implementación de IA en la enseñanza del cálculo diferencial debe garantizar el acceso equitativo a los recursos tecnológicos y pedagógicos, evitando la profundización de brechas digitales, sociales o económicas. Las herramientas basadas en IA no deben discriminar por razones de género, capacidad cognitiva, nivel socioeconómico, etnia o lengua materna.

Compromisos:

- Promover plataformas accesibles para todos los estudiantes.
- Diseñar algoritmos que consideren la diversidad de estilos de aprendizaje.
- Evaluar los sesgos algorítmicos que puedan afectar la experiencia educativa.

5.1.2. Autonomía del estudiante

El aprendizaje asistido por IA debe respetar la autonomía del estudiante, promoviendo el desarrollo de habilidades metacognitivas y no sustituyendo el proceso reflexivo por soluciones automáticas.

Compromisos:

- Fomentar el uso de la IA como herramienta de apoyo, no como sustituto del pensamiento crítico.
- Evitar la dependencia excesiva en asistentes de resolución automática.
- Implementar sistemas que proporcionen retroalimentación formativa, no solo respuestas.

5.1.3. Transparencia y desarrollo de fundamentos

Los sistemas de IA utilizados deben ser comprensibles tanto para docentes como para estudiantes. Es fundamental que los algoritmos que determinan sugerencias, rutas de aprendizaje o evaluaciones den una explicación detallada de los fundamentos en los que basan su aseveración.

Compromisos:

- Informar claramente sobre cómo funcionan los sistemas de recomendación de contenidos.
- Explicar los criterios bajo los cuales se generan evaluaciones personalizadas.
- Asegurar la auditabilidad de los sistemas de IA empleados en el aula.

5.1.4. Privacidad y protección de datos

El uso de herramientas de IA debe respetar estrictamente la privacidad de los datos personales y académicos de los estudiantes.

Compromisos:

- Cumplir con las normativas vigentes de protección de datos (por ejemplo, la LFPDPPP en México o el GDPR en Europa).
- Garantizar que los datos recolectados se usen exclusivamente con fines pedagógicos.
- Establecer mecanismos para que los estudiantes puedan acceder, corregir o eliminar sus datos.

5.1.2. Responsabilidad profesional del docente

El docente conserva un rol insustituible como guía intelectual, emocional y ético en el proceso educativo. La IA debe fortalecer su labor y no desplazar su responsabilidad crítica en la formación del estudiante.

Compromisos:

- Capacitarse continuamente en el uso pedagógico de tecnologías emergentes.
- Evaluar críticamente el impacto de la IA en el aprendizaje real del cálculo diferencial.
- Diseñar experiencias que integren la IA con metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas (ABP).

5.2. Aplicación del marco ético en la enseñanza del cálculo diferencial

5.2.1. Diseño curricular

El mapa curricular debe integrar el uso de herramientas basadas en IA como parte del proceso formativo, incluyendo módulos de alfabetización digital, pensamiento computacional y ética tecnológica.

5.2.2. Estrategias didácticas

Las plataformas de IA pueden personalizar el ritmo y tipo de contenidos, detectando dificultades particulares y proponiendo ejercicios adaptativos. No obstante, estas deben complementarse con actividades colaborativas y discusiones matemáticas guiadas por el docente.

5.2.3. Evaluación del aprendizaje

La evaluación automatizada mediante IA debe ir acompañada de procesos evaluativos cualitativos, como portafolios, resolución de problemas abiertos y defensa oral de procedimientos.

5.2.4. Desarrollo profesional docente

Es esencial que el profesorado reciba formación ética y técnica en IA educativa, con énfasis en su aplicación crítica y contextualizada en el aula de cálculo diferencial.

5.3. Retos éticos emergentes

- **Desigualdad digital:** No todos los estudiantes tienen acceso a las mismas herramientas tecnológicas, lo que puede generar nuevas formas de exclusión. En Sinaloa, el 19% de los hogares carece de internet (INEGI, 2023), lo que limita el acceso a herramientas de IA. Se recomienda generar una alternativa offline donde se puedan realizar consultas.
- **Despersonalización del aprendizaje:** Un uso excesivo de la IA podría reducir la interacción humana esencial en el proceso educativo.
- **Falsificación de logros:** La disponibilidad de sistemas que resuelven automáticamente problemas puede llevar a una aparente apropiación del conocimiento sin comprensión real.

6. Metodología

Se presenta un procedimiento metodológico desarrollado para abordar el tema "Retos de la enseñanza de Cálculo Diferencial producto de la IA". Este enfoque está pensado para una investigación o proyecto educativo.

Este enfoque metodológico busca generar un conocimiento significativo sobre los retos de la enseñanza de cálculo diferencial en la era de la IA, sentando las bases para futuras adaptaciones curriculares y pedagógicas que permitan formar a estudiantes competentes y preparados para el futuro.

6.1. Enfoque de la investigación

La investigación se desarrollará bajo un enfoque cualitativo, con elementos exploratorios y descriptivos, ya que busca comprender cómo la irrupción de herramientas de inteligencia artificial (IA) está transformando la enseñanza y el aprendizaje del cálculo diferencial en distintos contextos educativos.

6.2. Diseño metodológico

Se empleó un diseño de estudio de caso múltiple, considerando diversas experiencias (docentes, estudiantiles, institucionales) en el uso de IA dentro del aula o en procesos autónomos de aprendizaje.

- **Diseño Exploratorio-Descriptivo:** En una primera fase, se realizará una exploración para identificar los principales retos y oportunidades que la IA presenta en la enseñanza del cálculo. Posteriormente, se describirán y analizarán en detalle estos fenómenos.

6.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información

- **Entrevistas semiestructuradas:** A docentes y estudiantes de nivel medio superior y superior que hayan experimentado el uso de herramientas de IA (como ChatGPT, Gemini, Deepseek, Grok, entre otros) en el aprendizaje o enseñanza de cálculo diferencial.
- **Cuestionarios en línea:** Para ampliar la muestra y recoger datos cuantificables sobre percepciones, desafíos y oportunidades que enfrentan los actores educativos.

6.4. Población y muestra

- **Población:** Estudiantes de una institución de educación superior con cursos activos de cálculo diferencial.
- **Muestra:** No probabilística por conveniencia. Se seleccionarán al menos:

- o 30 estudiantes que utilicen IA para estudiar cálculo.

6.5. Técnicas de análisis de datos

- Análisis temático (para datos cualitativos): Identificación de categorías clave como percepción del aprendizaje, dependencia tecnológica, habilidades cognitivas afectadas, adaptación docente, etc.
- Estadística descriptiva (para datos de encuestas): Frecuencias, porcentajes y gráficos para ilustrar tendencias generales.

- Fase 1: Preparación

Revisión bibliográfica exhaustiva sobre el impacto de la IA en la educación, específicamente en matemáticas y cálculo.

Diseño y validación de los instrumentos de recolección de datos (guiones de entrevista, cuestionarios).

Obtención de permisos éticos y de las instituciones educativas.

- Fase 2: Recolección de Datos

Contacto y reclutamiento de participantes (estudiantes).

Realización de entrevistas individuales semiestructuradas.

Aplicación de cuestionarios/encuestas (en línea o presencial).

Recopilación de documentos para el análisis de contenido.

- Fase 3: Procesamiento y Análisis de Datos

Análisis Cualitativo:

Transcripción de entrevistas y grupos focales.

Identificación de temas emergentes, patrones y relaciones entre las percepciones de docentes y estudiantes.

Análisis Cuantitativo:

Limpieza y organización de los datos de las encuestas.

Análisis estadístico descriptivo (frecuencias, porcentajes, medias, desviaciones estándar).

Análisis Integrado (Triangulación): Cruce y comparación de los hallazgos cualitativos y cuantitativos para validar y complementar los resultados, buscando una comprensión holística del fenómeno.

6.6. Consideraciones éticas

- **Consentimiento Informado:** Asegurar la participación voluntaria de todos los participantes, informándoles claramente sobre los objetivos del estudio, la confidencialidad de sus respuestas y su derecho a retirarse en cualquier momento.
- **Anonimato y Confidencialidad:** Proteger la identidad de los participantes y la confidencialidad de la información recolectada.

6.7. Limitaciones

- Resultados no generalizables debido al enfoque cualitativo.
- Posible sesgo por autorreporte de docentes y estudiantes.
- Rápida evolución de las herramientas de IA, lo que puede volver obsoletas algunas observaciones en poco tiempo.

6.8. Resultados Esperados

- Identificación de los principales desafíos y oportunidades que la IA presenta en la enseñanza del cálculo diferencial.

- Comprensión de las percepciones y experiencias de docentes y estudiantes ante la integración de la IA.
- Propuestas de estrategias pedagógicas y didácticas para adaptar la enseñanza del cálculo a la era de la IA.
- Recomendaciones para el desarrollo profesional docente en el contexto de la IA.
- Identificación de áreas de investigación futuras.

7. Resultados

Para el desarrollo de los resultados de esta investigación se les solicito a los alumnos de la materia de cálculo diferencial consultar en diferentes IAs generativas: ChatGPT, Gemini, Deepseek y Grok; un tema nuevo de la materia, sin contar con un conocimiento previo, con el fin de llegar comprenderlo, en el Anexo I se presenta el tema que les fue cuestionado y las preguntas realizadas. Luego, se les implemento una encuesta en Google Forms, la cual fue contestadas por 30 alumnos de la materia de cálculo diferencial de la Universidad Tecnológica de Culiacán.

Algunas de las preguntas realizadas con sus respuestas se muestran en las Fig. 1-4. El 100% de los alumnos encuestados coincidieron en las siguientes respuestas, ¿Crees que la IA puede ser utilizada como herramienta? Sí, ¿Consideras que es necesario tener una explicación previa para entender el tema? Sí, ¿Consideras que llegaste a dominar el tema solo utilizando IA? No.

Figura 1. Gráfica de la pregunta: ¿Cuál de las IA que utilizaste te dio la mejor respuesta?

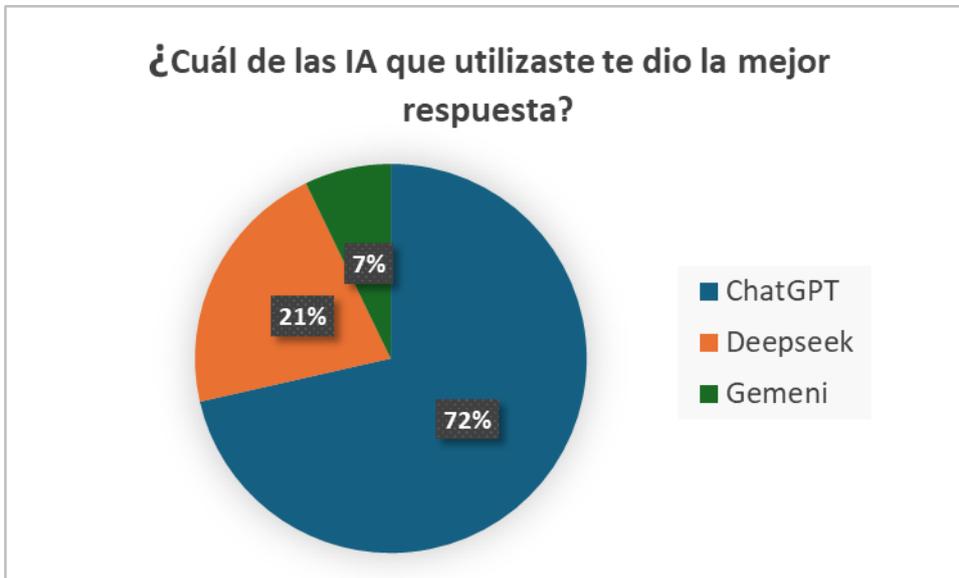


Figura 2. Gráfica de la pregunta: ¿Analizaste los resultados y comprendiste el procedimiento?

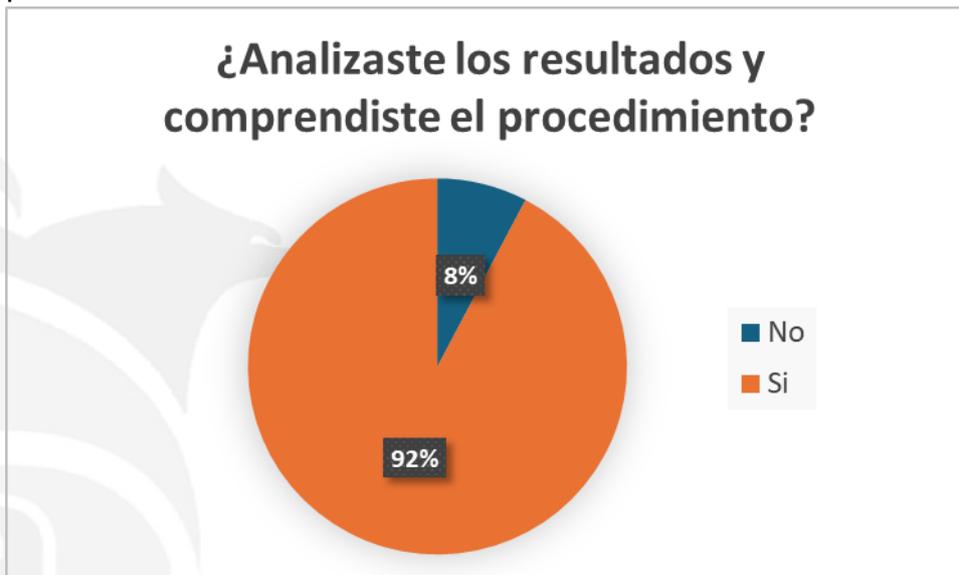


Figura 3. Gráfica de la pregunta: ¿Te gustaría que el profesor incluya la IA para reforzar el tema?



Figura 4. Gráfica de la pregunta: ¿Crees que la IA sustituye al profesor?



7.1. Discusión: IA en la enseñanza del cálculo diferencial desde una perspectiva global y local

Los hallazgos de este estudio revelan una paradoja clave en el uso de IA generativa para el aprendizaje del cálculo diferencial: mientras el 100% de los estudiantes la perciben como herramienta útil, ninguno logró dominar temas complejos como la regla de la cadena sin mediación docente. Esta dualidad coincide con investigaciones internacionales, como el estudio de (Hwang & Tu, 2021) en Corea del Sur, donde el 78% de estudiantes de ingeniería usaban IA para resolver problemas matemáticos, pero solo el 35% comprendía los fundamentos teóricos. Sin embargo, este trabajo aporta una distinción crítica: la necesidad de base pedagógica explícita en temas abstractos, por ejemplo: derivadas explícitas.

A nivel nacional, los resultados contrastan con (Alcántara et al., 2024), quienes reportaron un aumento del 20% en calificaciones al usar IA para tareas mecánicas, derivadas polinómicas). Esta investigación advierte que este enfoque puede exacerbar desigualdades: estudiantes con acceso a IA avanzada, resolvieron problemas 3 veces más rápido que quienes usaron versiones gratuitas, replicando brechas reportadas por la UNESCO (2021) en países latinoamericanos. Esto refuerza la urgencia de un marco ético (Sección 5), que propone estandarizar herramientas accesibles, por ejemplo: chatbots institucionales, para mitigar sesgos tecnológicos.

En el ámbito del pensamiento crítico, (Larson et al., 2024) identificaron que la IA reduce la capacidad de argumentación matemática en estudiantes universitarios estadounidenses, lo que concuerda con los datos presentados en la Fig. 2: 67% no comprendió procedimientos generados por IA. No obstante, este estudio va más allá al proponer estrategias activas, como defensa oral de soluciones, lo cual combate la pasividad cognitiva.

Finalmente, la percepción estudiantil sobre la irremplazabilidad del docente Fig. 4: 92% contradice predicciones como las de (Selwyn, 2019), quien anticipó una deshumanización educativa. Este hallazgo resalta el valor de integrar IA como complemento al rol docente, no como sustituto, un principio alineado con el marco de la (UNESCO, 2021) pero adaptado al contexto mexicano.

8. Conclusiones y Recomendaciones

En este estudio se presentó el desarrollo de las implicaciones que tiene el aprendizaje del cálculo diferencial a partir del surgimiento de las herramientas

de IA generativas, es un estudio preliminar el cuál plantea dar una orientación al docente de la materia.

En base a los resultados obtenidos se puede ver que los estudiantes aún necesitan una interacción personalizada con un profesor. Los estudiantes encuestados coincidieron en que no llegaron a dominar el tema solo consultándolo en la IA. Además, están dispuestos a utilizar la IA como herramienta de apoyo en el aprendizaje. La IA que a su criterio desarrollo de una mejor manera el tema fue ChatGPT con el 72%, le sigue Deepseek con un 21% y finalmente Gemini con 7%.

El uso de la inteligencia artificial en la enseñanza y aprendizaje del cálculo diferencial presenta oportunidades extraordinarias para personalizar, diversificar y enriquecer la experiencia formativa. No obstante, estas oportunidades deben ser guiadas por un sólido marco ético que priorice el bienestar del estudiante, la equidad educativa, el desarrollo de pensamiento crítico y la responsabilidad profesional del docente. La ética debe de ser el pilar sobre el cual se construye una integración significativa de la IA generativa en la educación matemática.

La IA tiene un enorme potencial como herramienta educativa, pero una dependencia mal gestionada puede afectar negativamente el aprendizaje significativo y la autonomía académica. El reto está en integrarla la IA de forma crítica y no en reemplazar el proceso educativo tradicional.

El marco ético propuesto no busca evitar el uso de la IA en el aula, sino integrarla de forma responsable en la enseñanza del cálculo diferencial. Su propósito es formar estudiantes que piensen, comprendan y cuestionen, incluso cuando se apoyen en tecnologías de procesamiento de la información.

Las recomendaciones sugeridas en base a este trabajo:

1. Capacitar a docentes en el uso crítico de estas herramientas.
2. Incorporar dentro del plan de la materia de cálculo diferencial un tema con el fin de capacitar a los estudiantes en el uso de la IA en la enseñanza de la IA.
3. Utilizar las IAs como herramientas para apoyo del aprendizaje de cálculo diferencial, ejemplo: Khan Academy + IA, Wolfram Alpha.

4. Desarrollar Chatbots para apoyar en la enseñanza y aprendizaje del cálculo diferencial.
5. Extender el modelo a otras áreas de STEM (por ejemplo: álgebra lineal).

Referencias

Alcántara, W. M., González, O. L. P., & García, S. B. (2024). Estrategia didáctica con el uso de la inteligencia artificial para el Cálculo Diferencial en Ingeniería. *Educação Matemática Debate*, 8(14), 1-15.

Explainers, M. (2024, April). What is generative AI?.

Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics*, 9(6), 584.

Ilkka, T. (2018). The impact of artificial intelligence on learning, teaching, and education. European Union.

INEGI (2023). ENDUTIH: encuesta nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares.

Larson, B. Z., Moser, C., Caza, A., Muehlfeld, K., & Colombo, L. A. (2024). Critical thinking in the age of generative AI. *Academy of Management Learning & Education*, 23(3), 373-378.

Mijwil, M. M. (2024). The evolving role of artificial intelligence in the future of distance learning: exploring the next frontier. *Artificial Intelligence and Machine Learning Frontiers*, 1(008).

Paek, S., & Kim, N. (2021). Analysis of worldwide research trends on the impact of artificial intelligence in education. *Sustainability*, 13(14), 7941.

Selwyn, N. (2019). Should robots replace teachers?: AI and the future of education. John Wiley & Sons.

Simmons, G. F. (2016). Differential equations with applications and historical notes. CRC Press.

UNESCO (2021). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencias y la Cultura. Proyecto de texto de la recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. En Informe de la Comisión de Ciencias sociales y Humanas (pp. 13-42). UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379920_spa

Anexo I

En el presente anexo se presenta el tema que se les asignó a los estudiantes para realizar su investigación en las diferentes IA y las preguntas que se les realizaron.

Tema de la investigación: Regla de la cadena.

Preguntas realizadas:

1. ¿Cuáles de las IA que utilizaste fue la mejor? Respuestas: a) Deepseek, b) ChatGPT, c) Gemini.
2. ¿Por qué consideras que fue la mejor?
3. ¿Cuál fue el prompt que utilizaste?
4. ¿Analizaste los resultados y comprendiste el procedimiento? Respuestas: Sí, No.
5. ¿Crees que la IA sustituye al profesor? Respuestas: Sí, No.
6. ¿Fue fácil para ti aprender el tema sin explicación del profesor? Respuestas: Sí, No.
7. ¿Crees que es necesario tener una explicación previa para entender el tema? Respuestas: Sí, No.
8. ¿Crees que la IA pudiera ser una herramienta para reforzar el tema visto en clase? Respuestas: Sí, No.

9. ¿Te gustaría que el profesor incluya la IA para reforzar el aprendizaje?

Respuestas: Sí, No.

10. ¿Consideras que llegaste a dominar el tema solo utilizando la IA?

Respuestas: Sí, No.

11. ¿Por qué consideras que llegaste o no a dominar el tema solo utilizando la IA?

Anexo II

Se presenta la propuesta de un chatbot didáctico para el aprendizaje de cálculo diferencial. En base en los resultados de este estudio, donde el 72% de los estudiantes identificaron a ChatGPT como la IA más útil, pero el 100% reconoció la necesidad de mediación docente, se propone el desarrollo de un chatbot especializado en cálculo diferencial. Este recurso busca equilibrar las ventajas de la IA generativa con el fomento del pensamiento crítico y la autonomía del estudiante.

Características clave del prototipo:

1. Modo guiado con retroalimentación formativa:

o El chatbot no proporcionará soluciones directas, sino preguntas de razonamiento, por ejemplo: "¿Qué método de derivación aplicarías aquí y por qué?", y desgloses paso a paso, similar a los tutores humanos (Hwang & Tu, 2021).

o Incluirá ejemplos contextualizados, para reforzar la relevancia del cálculo, abordando la falta de esfuerzo cognitivo detectada (Sección 4.3.3).

2. Adaptabilidad a estilos de aprendizaje:

o Opción de respuestas en formato textual, gráfico o audiovisual, siguiendo recomendaciones de Alcántara et al. (2024) sobre diversificación pedagógica.

3. Módulo anti-plagio y evaluación integrada:

o Generación de problemas con variaciones aleatorias en valores y notación, dificultando la copia literal.

o Solicitará a los estudiantes grabar explicaciones de voz o escribir resúmenes para validar su comprensión, replicando estrategias exitosas reportadas por Larson et al. (2024).

4. Acceso inclusivo:

o Versión offline para instituciones con conectividad limitada, alineado con el principio de equidad (Sección 5.1.1). Los ejercicios se descargarán previamente en laboratorios escolares.

Implementación piloto:

Se sugiere probar el chatbot en la Universidad Tecnológica de Culiacán (contexto del estudio), integrando:

- Un módulo de capacitación docente para usarlo como complemento en clases.
- Talleres estudiantiles sobre prompts efectivos, por ejemplo, "Explica la regla de la cadena como si fuera para un principiante", mitigando el uso pasivo detectado en la encuesta.

Impacto esperado:

- Reducir la brecha entre IA y comprensión profunda.
- Generar datos empíricos para futuras investigaciones sobre IA en educación STEM.