

ORIGINAL

Artificial intelligence as a resource for teaching mathematics. Integral calculus as a specific case

Inteligencia artificial como recurso para la enseñanza de las matemáticas. El cálculo integral como caso específico

Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez¹  , Patricia Rivera-García¹  , Armando Cervantes-Sandoval¹  , Alejandro Josué Perales-Avila¹  

¹Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Laboratorio de Aplicaciones Computacionales. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.

Citar como: Aguilar-Rodríguez JA, Rivera-García P, Cervantes-Sandoval A, Perales-Avila AJ. Artificial intelligence as a resource for teaching mathematics. Integral calculus as a specific case. LatIA. 2024; 2:96. <https://doi.org/10.62486/latia202496>

Enviado: 05-02-2024

Revisado: 17-06-2024

Aceptado: 24-10-2024

Publicado: 25-10-2024

Editor: Dr. Rubén González Vallejo 

Autor para la correspondencia: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez 

ABSTRACT

The use of artificial intelligence, AI, has increased in recent years, offering tools to generate content and solve problems in different areas of knowledge. Questioning their relevance in areas such as integral calculus, 11 AI tools were tested to solve from basic to advanced integrals, described in different ways such as natural language or images. The results were compared with the solutions given in the literature, analyzing precision, number of steps, clarity of explanations and ease of use. Finding that the Chat GPT-Wolfram Alpha partnership stood out for its ability to identify appropriate integration techniques and offer detailed and understandable explanations; While Copilot is more complex to understand if you do not use the LaTeX language, the rest present some problems when interpreting instructions and images. Although these tools are not designed to solve mathematical problems, they proved to be effective in most cases, promoting an interactive space to clarify doubts in real time and generate debate; however, their effectiveness depends on the use given to them, since either as support in the classroom to deepen the analysis of the problem or simply use it as a black box to obtain quick answers.

Keywords: Artificial Intelligence; Integral Calculus; Tools; Comparison.

RESUMEN

El uso de la inteligencia artificial, IA, se ha incrementado en los últimos años ofreciendo herramientas para generar contenidos y resolver problemas en diferentes áreas del conocimiento. Cuestionando la pertinencia de su aplicación en áreas como el cálculo integral, se probaron 11 herramientas de IA para resolver integrales desde básicas hasta avanzadas, descritas de diferente forma como es el lenguaje natural o por imágenes. Los resultados se compararon con las soluciones dadas en la bibliografía, analizando precisión, cantidad de pasos, claridad de explicaciones y facilidad de uso. Encontrando que la asociación Chat GPT-Wolfram Alpha destacó por su capacidad de identificar técnicas de integración adecuadas y ofrecer explicaciones detalladas y comprensibles; mientras que Copilot es más complejo de entender si no se maneja el lenguaje LaTeX, el resto presentan algunos problemas al interpretar instrucciones e imágenes. Aunque estas herramientas no están diseñadas para resolver problemas matemáticos, mostraron ser efectivas en la mayoría de los casos, promoviendo un espacio interactivo para aclarar dudas en tiempo real y generar el debate, sin embargo, su efectividad depende del uso que se les dé, ya sea como apoyo en el aula para profundizar en el análisis del problema o simplemente usarla como caja negra para obtener respuestas rápidas.

Palabras clave: Inteligencia Artificial; Cálculo Integral; Herramientas; Comparativa.

INTRODUCCIÓN

La tecnología es y ha sido una de las principales herramientas para el avance de la humanidad. Buscando facilitar el trabajo de las personas en su vida cotidiana, tiene aplicaciones en todas las ramas del conocimiento y la actividad académica no es la excepción. La tendencia es que todo, información y dispositivos se encuentran en constante actualización para que la información sea accesible para todos.⁽¹⁾

De esta manera, en los últimos años se ha tenido una irrupción sin precedentes, con dispositivos cada vez más potentes y capaces de realizar tareas complejas apoyándose de la información que se encuentra en la red, lo que ha generado un crecimiento veloz de herramientas digitales brindando una gama infinita de recursos al servicio de la educación, como pueden ser las inteligencias artificiales (IA). Estas actúan como un asistente personal donde solo hay que decirle que se requiere e inmediatamente entrega un informe detallado como resultado de la búsqueda.⁽¹⁾

A pesar de que las IA existen hace varios años, su increíble crecimiento se debe justamente a que el conocimiento humano se ha digitalizado en la red encontrando libros, ensayos, artículos, música, pinturas, videos. Además de la necesidad en la industria de los videojuegos para generar escenarios y comportamientos cada vez más realistas, por lo cual se han desarrollado procesadores que puedan resolver problemas de manera rápida y eficiente, lo que ha promovido el avance y desarrollo de este tipo de herramientas.^(1,2)

Es por ello que al usar la IA en uno de los campos que genera tanto asombro como temor: las matemáticas, que muchos estudiantes buscan evitarlas, traen consigo múltiples ventajas para los alumnos ya sea al desarrollar o reforzar el conocimiento. Con la IA se ha cambiado la manera en que se abordan y resuelven problemas en esta área, desde el cálculo simbólico hasta las simulaciones numéricas y la interpretación de lenguaje natural, haciéndolos más accesibles y comprensibles, por lo cual las IA proporcionan herramientas poderosas que facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje y la investigación en matemáticas y disciplinas relacionadas.⁽³⁾

Con este enfoque, las IA pueden interactuar con el usuario mediante texto o voz, para realizar cálculos complejos de manera rápida y precisa permitiendo concentrarse en aspectos más creativos y conceptuales de los trabajos, esto genera un enorme potencial para enriquecer la enseñanza tradicional al ofrecer apoyo personalizado, resolución de problemas en tiempo real, y alentar la motivación y el interés por el aprendizaje de manera dinámica e interactiva.⁽³⁾

Sin embargo, aunque son herramientas poderosas para resolver problemas de matemáticas en muchos niveles, su desempeño se ve afectado en situaciones que exigen una comprensión profunda, razonamiento contextual o creatividad en la solución de problemas como hasta el momento han mostrado Chat GPT, Gemini o Copilot entre otras.⁽³⁾

Por lo que se realizó un análisis comparativo sobre el uso de herramientas, de IA, para considerar su uso al impartir cursos de cálculo integral a nivel universitario.

MÉTODO

Se seleccionaron ejercicios de integración de la literatura dando prioridad al libro *Cálculo* (9ª edición) de Purcell y col. (2007).⁽⁴⁾ Con énfasis en técnicas como: sustitución o cambio de variable; integración por partes y el manejo de identidades trigonométricas (sustituciones trigonométricas) para analizar la capacidad de diversas inteligencias artificiales (IA), en sus versiones disponibles en la red sin costo, en cuanto la resolución de este tipo de problemas matemáticos.

Se utilizaron tanto el lenguaje natural como imágenes mediante capturas de pantalla para interactuar con las IA. Esto permitió explorar cuál era la forma más efectiva para que las herramientas detectaran la técnica de solución y resolvieran las integrales correctamente. De esta manera se eligieron las imágenes debido a la capacidad de la gran mayoría para reconocer su contenido con precisión.

El procedimiento se realizó de la siguiente manera:

1. Presentación del problema: Las integrales se introdujeron a través de imágenes para observar cómo las IA interpretan y resuelven problemas visuales en comparación con el texto escrito.
2. Instrucciones para el desarrollo paso a paso: Si las IA no proporcionaban un desarrollo detallado, se les solicitaba hacerlo con el fin de evaluar su capacidad de explicación para que el usuario pueda comprender el proceso de la solución.
3. Revisión de la técnica de integración: Se revisaron las técnicas empleadas, dado que algunas de las integrales se pueden resolver por más de un método. Este análisis permitió identificar si las IA elegían la técnica que sugería la literatura o si requerían ajustes.
4. Corrección de terminología: En los casos en los que la IA no detectara correctamente la técnica

de integración, se probó con ajustes en la nomenclatura, por ejemplo, diferenciando entre sustitución trigonométrica y cambio de variable.

5. Análisis de la solución: Si la IA desarrolla el ejercicio, aunque sea bien detallado observar y discernir si los pasos empleados eran los correctos y si el resultado coincide con el de la bibliografía consultada.

6. Evaluación de interfaz y facilidad de uso: Además de los resultados matemáticos, se evaluaron las interfaces de las herramientas, analizando la claridad de los pasos mostrados y la facilidad de navegación.

Los resultados generados por las IA fueron revisados para comprobar la corrección de los procedimientos, la coherencia del método utilizado y la precisión de los resultados. Este enfoque permitió analizar no solo la capacidad de las IA para resolver las integrales, sino también su efectividad como herramientas de apoyo educativo en la enseñanza de las matemáticas.

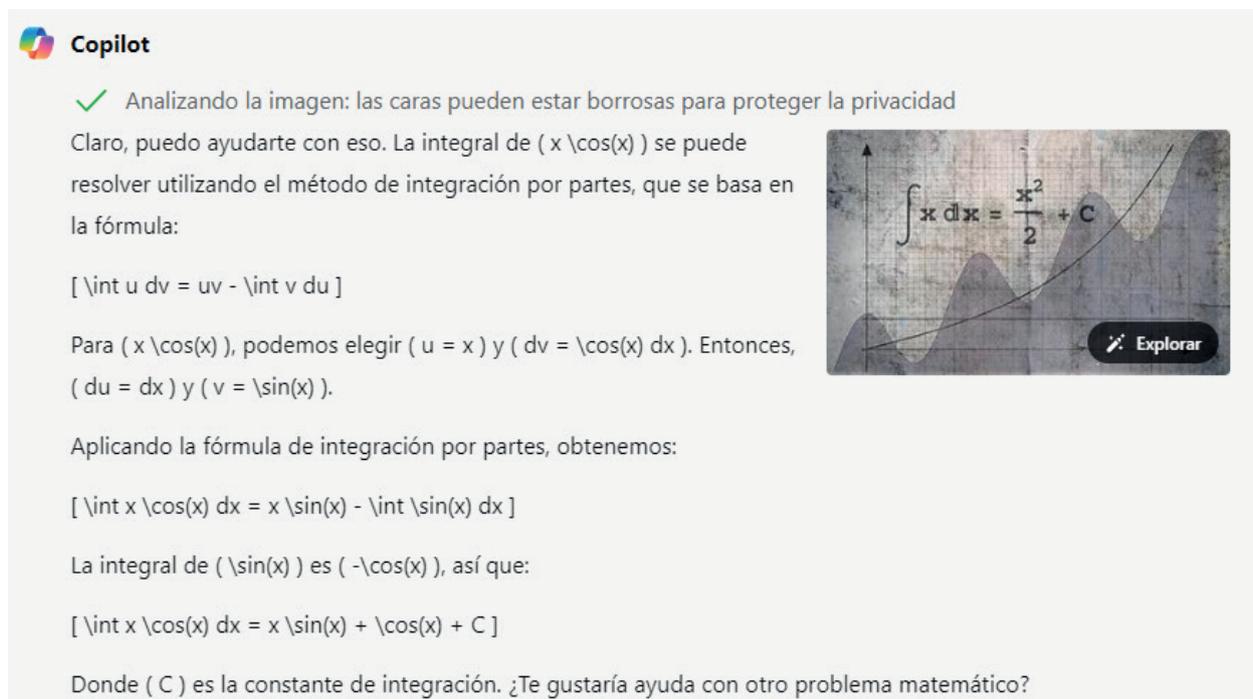
RESULTADOS

Se evaluaron 11 herramientas de IA, las cuales son: Chat GPT, Chat GPT-Wolfram Alpha; Copilot; Gemini; Gauth; Symbolab; Nerd; Julius; Writesonic; Claude y Study X.

Aunque algunas de estas herramientas mostraron ser efectivas y detalladas en sus respuestas, otras presentaron dificultades en la identificación de las técnicas de integración o en la correcta interpretación de los datos de entrada.

Con base en los resultados, se clasificaron las herramientas en tres categorías: con alto rendimiento, rendimiento moderado y aquellas que presentaron dificultades o resultados incorrectos.

Herramientas con alto rendimiento: En esta categoría destacaron principalmente **Chat GPT** y la asociación de esta IA con la herramienta de **Wolfram Alpha**, pues presentaron interpretaciones adecuadas para cada integral y la técnica para resolverlas, explicaciones detalladas y sencillas, facilidad de uso debido a la interfaz conversacional de Chat GPT permitiéndole acoplarse a las necesidades del usuario. A parte de las dos anteriores también destaco **Copilot** en cuanto a la interpretación y técnicas para la resolución de las integrales, sin embargo, el lenguaje con el arrojaba la mayoría de las respuestas era de programación o con el lenguaje LaTeX (figura 1) lo que dificulta su análisis, pero una vez que el usuario se familiariza el desarrollo del ejercicio se vuelve más sencillo de interpretar.



Copilot

✓ Analizando la imagen: las caras pueden estar borrosas para proteger la privacidad

Claro, puedo ayudarte con eso. La integral de $(x \cos(x))$ se puede resolver utilizando el método de integración por partes, que se basa en la fórmula:

$$[\int u \, dv = uv - \int v \, du]$$

Para $(x \cos(x))$, podemos elegir $(u = x)$ y $(dv = \cos(x) \, dx)$. Entonces, $(du = dx)$ y $(v = \sin(x))$.

Aplicando la fórmula de integración por partes, obtenemos:

$$[\int x \cos(x) \, dx = x \sin(x) - \int \sin(x) \, dx]$$

La integral de $(\sin(x))$ es $(-\cos(x))$, así que:

$$[\int x \cos(x) \, dx = x \sin(x) + \cos(x) + C]$$

Donde (C) es la constante de integración. ¿Te gustaría ayuda con otro problema matemático?

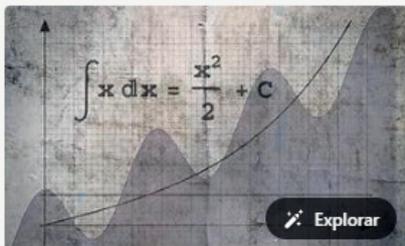
 Explorar

Figura 1. Respuesta de Copilot con el lenguaje LaTeX

Herramientas con rendimiento moderado: En este apartado se encuentran la mayoría de las herramientas debido a que presentaron dificultades con la interpretación de las instrucciones o el detalle en el proceso de solución.

Con **Gemini**, cuando se vuelve a dar la instrucción mencionando que ciertas integrales no sé puede resolver mediante algún otro método y problemas complejos suele generar respuestas incorrectas (figura 2), **Gauth AI** a pesar de desarrollar en la mayoría de casos la soluciones adecuadas la interfaz puede confundir al usuario en

un principio pues primero se sube la imagen y después da acceso al ChatBot lo que puede alejar al usuario de preguntar dudas puntuales cuando se sube el ejercicio o si se hace la consulta sin especificar que es respecto al ejercicio que se acaba de resolver da una respuesta muy general, las herramientas **Symbolab** y **Nerd AI** en algunos casos entregan un desarrollo bastante simplificado pero entendible y para acceder a su ChatBot para mayor interacción es necesario adquirir la versión de paga. Con **Julius** las consultas suelen cortarse haciendo necesario refrescar la página y perdiendo el chat anterior, mientras que **Writesonic** entrega respuestas en lenguaje LaTeX con una simbología separada lo que extiende la solución y visualmente puede dificultar su interpretación y generar desinterés al revisar el procedimiento (figura 3a y 3b) a diferencia de lo presentado por **Copilot**, una respuesta en el mismo lenguaje de manera lineal y sencilla para que el usuario entienda el desarrollo (figura 3c).

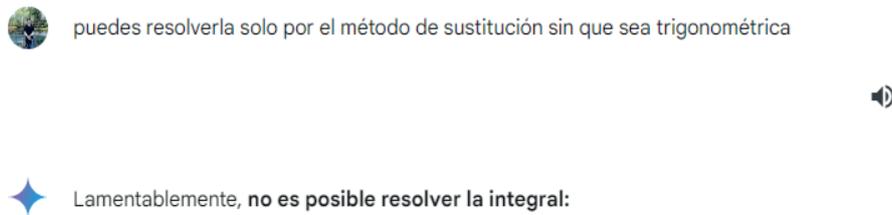


Figura 2. Google Gemini

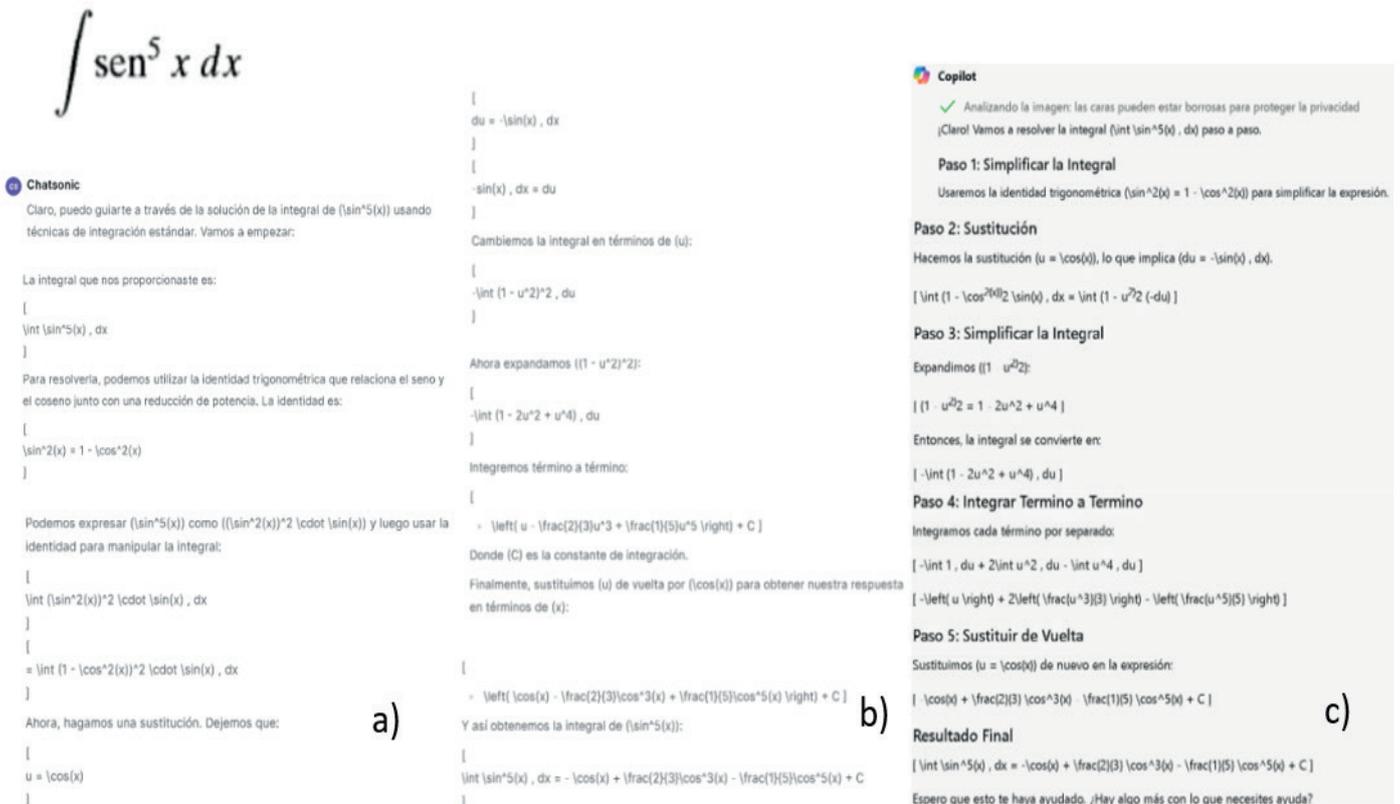


Figura 3. Comparativa en el desarrollo de una integral con sustitución trigonométrica, a y b solución de Writesonic, y c de Copilot

Herramientas con bajo rendimiento: En esta categoría se encuentran **Claude AI** pues en varias ocasiones los resultados que entregaba no eran correctos principalmente con integrales avanzadas como las trigonométricas donde al descomponer un $\text{sen}^5(x)$ lo hacía en un $\text{sen}^3(x) * \text{sen}(x)$ (figura 4) y por ende el desarrollo no era el correcto mientras que **Study AI Math Solver** a pesar de presentar una prueba gratis realmente no daba acceso

sin antes pedir una suscripción.

$\int \text{sen}^5 x \, dx$

JA puedes resolver la siguiente integral usando identidades trigonométricas paso por paso.

Claro, puedo resolver esta integral utilizando identidades trigonométricas paso a paso.

Integral a resolver: $\int \text{sen}^5 x \, dx$

Paso 1: Aplicar la identidad trigonométrica $\text{sen}^5 x = \text{sen}^3 x * \text{sen} x$
 $\int \text{sen}^5 x \, dx = \int \text{sen}^3 x * \text{sen} x \, dx$

Paso 2: Aplicar la identidad trigonométrica $\text{sen}^3 x = (3 \text{sen} x - \text{sen}^3 x) / 4$
 $\int (3 \text{sen} x - \text{sen}^3 x) / 4 * \text{sen} x \, dx$

Figura 4. Claude AI desarrollo de una integral trigonométrica con potencia impar

Una vez evaluadas las herramientas de IA se procedió a resolver un examen de la materia de Matemáticas II en la Carrera de Biología que consta de seis preguntas con Chat GPT sin el complemento de Wolfram Alpha y Gemini debido a que son IA que pueden consultarse desde un dispositivo móvil con acceso a internet para observar el desempeño en un entorno más complejo y común al que se pueden enfrentar los estudiantes.

Estas observaciones aunado a lo anterior llevo a que con la herramienta Gemini hubiese dificultades con la interpretación en las instrucciones que se le dan, por lo que se necesita ser más específicos y tener una noción básica de lo que se está preguntando para poder discernir si la respuesta satisface lo que el usuario necesita (figura 5a, 5b, 5c).

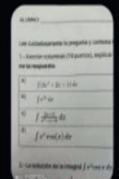
1.- Asociar columnas (10 puntos)

a) $\int (3x^2 + 2x + 1) \, dx$	() cambio de variable o por sustitución
b) $\int e^{3x} \, dx$	() Integración directa
c) $\int \frac{2x+3}{x^2-x-6} \, dx$	() por partes
d) $\int e^x \cos(x) \, dx$	() fracciones parciales

Gemini
+
⋮
👤

Gemini acaba de actualizarse. [Ver la actualización](#)

Puedes decirme de que tipo es cada integral



a)

b)

c)

En resumen:

- La integral a) es una integral indefinida de una función polinómica de segundo grado.
- La integral b) es una integral indefinida de una función exponencial.
- La integral c) es una integral indefinida de una función racional.
- La integral d) es una integral indefinida que se puede resolver utilizando la técnica de integración por partes.

Nota: La solución de la integral d) no se puede expresar en términos de funciones elementales.

Figura 5. Pregunta de examen resuelta con Gemini

En cuanto a Chat GPT este se desempeña de mejor manera respecto a Gemini, con una mejor interpretación de las instrucciones y un desarrollo más detallado (figura 6a, 6b, 6c, 6d).

De esta manera, para implementar de manera formal el uso de las IA en el aula se hace la siguiente propuesta en base al temario de Matemáticas II en la unidad uno de Cálculo Integral de la carrera de Biología en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Acoplar la IA a la revisión de conceptos para discusión en clase como área bajo la curva y la integral definida como área bajo la curva para que los alumnos se familiaricen con el termino de las integrales y de llegar posteriormente a los teoremas del cálculo integral y la integral como la antiderivada, observando como la IA interpreta el tema y lo desarrolla (figura 7).

puedes decirme el factor de integración de lo siguiente $y + (dy/dx) = e^x$

5.- La solución de la ecuación diferencial $\frac{dy}{dx} + y = e^x$, está dada por

a) $\frac{1}{2}e^x + Ce^{-x}$

b) $\frac{1}{2}e^{-x} + Ce^x$

c) $\frac{1}{2}e^x + Ce^x$

La ecuación se puede escribir como:

$$\frac{d}{dx}(ye^x) = e^{2x}.$$

Ahora, integramos ambos lados respecto a x :

$$\int \frac{d}{dx}(ye^x) dx = \int e^{2x} dx.$$

Esto nos da:

$$ye^x = \frac{e^{2x}}{2} + C.$$

Finalmente, despejamos y :

$$y = \frac{e^{2x}}{2e^x} + \frac{C}{e^x}.$$

Simplificando,

$$y = \frac{e^x}{2} + Ce^{-x}.$$

Esta es la solución general de la ecuación diferencial dada.

Para encontrar el factor integrante de la ecuación diferencial:

$$y + \frac{dy}{dx} = e^x,$$

primero reescribimos la ecuación en su forma estándar. La forma estándar de una ecuación diferencial lineal de primer orden es:

$$\frac{dy}{dx} + P(x)y = Q(x).$$

Nuestra ecuación es:

$$\frac{dy}{dx} + y = e^x.$$

Aquí, $P(x) = 1$ y $Q(x) = e^x$.

El factor integrante, $\mu(x)$, se calcula utilizando la fórmula:

$$\mu(x) = e^{\int P(x) dx}.$$

En nuestro caso, $P(x) = 1$, así que:

$$\mu(x) = e^{\int 1 dx} = e^x.$$

Por lo tanto, el factor integrante de la ecuación diferencial

$$\frac{dy}{dx} + y = e^x$$

es:

$$\mu(x) = e^x.$$

Uso del factor integrante

Una vez que hemos encontrado el factor integrante, lo usamos para multiplicar ambos lados de la ecuación diferencial original:

$$e^x \frac{dy}{dx} + e^x y = e^x e^x.$$

Esto nos da:

$$e^x \frac{dy}{dx} + e^x y = e^{2x}.$$

a)

b)

c)

d)

Figura 6. Pregunta de examen resuelta con Chat GPT

Realizaré una demostración del teorema fundamental del cálculo centrándome en cada una de sus partes.

Primera Parte del Teorema Fundamental del Cálculo

Enunciado: Si f es continua en $[a, b]$ y F es una antiderivada de f en (a, b) , es decir, $F'(x) = f(x)$, entonces:

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a).$$

Demostración:

Segunda Parte del Teorema Fundamental del Cálculo

Enunciado: Si f es continua en $[a, b]$, entonces la función $F(x) = \int_a^x f(t) dt$ es continua en $[a, b]$, diferenciable en (a, b) , y su derivada es $f(x)$, es decir, $F'(x) = f(x)$.

Demostración:

Figura 7. Consulta sobre el teorema fundamental del cálculo

Dicho lo anterior y una vez entiendan el concepto de la integral, pasar con el desarrollo de las diferentes técnicas de integración que van desde el cambio de variable hasta la sustitución trigonométrica generando un debate en el aula y fortalecer la comprensión de los estudiantes en discernir si el procedimiento es el adecuado con respecto a lo visto en clase.

DISCUSIÓN

Diversos autores han explorado el uso de la inteligencia artificial (IA) y otras herramientas tecnológicas en la educación, destacando principalmente sus efectos en el aprendizaje personalizado. De esta manera Jara y Ochoa (2020)⁽⁵⁾ señalan que las plataformas adaptativas, como Bettermarks (una plataforma de aprendizaje adaptativo en matemáticas), permiten a los usuarios avanzar a su propio ritmo y necesidades, con un

seguimiento continuo del docente. Este tipo de enfoque concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, donde herramientas como ChatGPT-Wolfram Alpha y Copilot mostraron gran capacidad para la resolución de problemas con integrales aunque no sea su función principal pero sí permitiendo al usuario interactuar con las soluciones y consultar dudas sin temor alguno, sin embargo, y a diferencia de la plataforma mencionada por estos autores las IA no están diseñadas para un acompañamiento por parte de un docente lo que puede limitar su integración en un entorno educativo formal. Siendo labor de este último realizar propuestas que permitan esta integración conformando una triada docente-IA-alumno como es el caso del examen presentado donde se genera un escenario el cual propicia este tipo de interacción pues el profesor puede estar pendiente del alumno y realizar comentarios específicos cuando entregue evaluaciones, además no se calificara solamente el resultado final sino la capacidad del alumno para buscar la información, establecer cual es de buena calidad o no, entender el desarrollo, poder explicarlo entre otras actividades que pueden generar un ambiente de trabajo colaborativo cotidiano dentro del aula, lo que modificaría la forma de impartir la clase, pero sobre todo de evaluar, ya que el resultado de los ejercicios dejaría de ser la parte medular pasando al debate y análisis en la forma de llegar a la solución, sin embargo, este aspecto en grupos con muchos alumnos podría ser complicado de llevar a la práctica.

Con respecto a la aceptación de los usuarios, el estudio de Rivas y col. (2023)⁽⁶⁾ muestra que la percepción de los usuarios hacia la IA en la educación es positiva, debido a la capacidad para reducir desigualdades y ofrecer acceso equitativo a recursos de aprendizaje. En este caso las herramientas de IA evaluadas ofrecen una experiencia accesible a cualquier usuario con conexión a internet, disminuyendo un poco las brechas educativas principalmente en el ritmo de cada persona para entender un tema. No obstante, algunas de estas herramientas aún presentan limitaciones en la solución de problemas específicos, y donde el usuario debe discernir entre cual información le es útil o no. Se genera una forma de comunicación del alumno con la IA, de manera que el estudiante puede hacer todas las preguntas que considere pertinentes sin el temor de exponerse ante su grupo o ante el profesor, aunque es importante consensuar sobre la herramienta más adecuada y de los sesgos o imprecisiones que esta pueda tener al presentar los resultados. Se resalta el acompañamiento del docente en el debate y el análisis de los resultados obtenidos.

Siguiendo la línea sobre el acompañamiento del docente y la elección de información útil por parte del usuario, Del Puerto (2022)⁽⁷⁾ destacan el rol esencial del profesorado en la integración de la IA en las aulas. Su estudio muestra que, cuando los estudiantes reciben apoyo constante de sus docentes, perciben que la IA tiene un impacto positivo en su aprendizaje, especialmente cuando pueden desarrollar recursos educativos adaptados a sus necesidades. En este sentido, las pruebas con herramientas de IA, como ChatGPT con el complemento de Wolfram Alpha y Copilot, evidencian que, si bien son útiles para resolver integrales y proporcionar explicaciones detalladas, los estudiantes podrían beneficiarse más si su uso se acompaña de una correcta planificación y supervisión por parte del profesor. El papel del docente cambia, resaltando las capacidades de la IA, pero también alternando sobre los posibles errores en los resultados y las propuestas que le permitan al estudiante reconocer los aciertos y fallos en el procedimiento al usar estas herramientas, de igual forma el docente debe desarrollar un diseño instruccional para la integración de la IA en el aula mediante metas bien definidas para cada sesión de trabajo. Por lo cual la propuesta de uso de herramientas de IA de este trabajo puede ser un primer acercamiento a la forma en cómo se puede interactuar con las IA en el aula sin necesidad de prohibirlas y reforzando conocimientos.

Autores como Norman Acevedo (2023)⁽⁸⁾ destaca que es fundamental reconocer las limitaciones actuales de la IA, como la falta de creatividad en situaciones complejas, lo que puede complicar su integración en un ámbito más formal de la educación. Es por ello que si bien los resultados de este trabajo muestran que las herramientas de IA fueron efectivas en la mayoría de los casos, su desempeño varía según el tipo de ejercicio como lo visto en el caso de Claude con la integral trigonométrica de potencia impar o con Gemini en el desarrollo de una pregunta de examen. Esto lleva a que tanto el estudiante como el docente deben compartir su conocimiento y avances en el dominio de estas herramientas para que no se presenten conflictos al interior del aula donde el primero le dé preferencias a la entrega de soluciones utilizando las IA como una caja negra, mientras que el profesor esté buscando ejercicios complejos que confundan al estudiante y que no se puedan resolver directamente con la IA evitando así su uso. Es por ello que ambos actores deben llegar a un punto medio donde se busque implementar conocimientos previos para poder consultar las dudas específicas de un ejercicio con ayuda de la inteligencia artificial facilitando el aprendizaje del estudiante y la labor del docente para transmitir las ideas y conceptos del tema.

Se considera que la IA puede tener un gran potencial para la comprensión de las matemáticas proporcionando entornos flexibles y personalizados en los cuales se ve reforzado el conocimiento adquirido previamente. Mediante una colaboración armoniosa entre todos los actores que conforman el escenario de las IA en la enseñanza de las matemáticas y como caso específico el cálculo integral.

CONCLUSIONES

Aunque la mayoría de estas IA no están diseñadas para su aplicación a las matemáticas, su capacidad

conversacional y generativa establece un entorno interactivo donde se pueden aclarar dudas en tiempo real y seguir haciendo consultas relacionadas con el tema. Sin embargo, la efectividad de estas herramientas depende de su uso como del acompañamiento que se le dé. Por lo tanto, implementarlas en el aula debe de ser mediante un plan de uso responsable proporcionado por el docente y donde es crucial que el alumno no solo las utilice como una fuente rápida de respuestas, sino como un apoyo para fortalecer su razonamiento y análisis matemático.

De esta manera la inteligencia artificial puede convertirse en un tutor personalizado el cual se adapte a las necesidades de cada persona potenciando la comprensión de conceptos matemáticos complejos como las técnicas de integración y disminuyendo el temor de hacer preguntas o dudas por más sencillas que sean.

El uso de estas herramientas para la resolución de problemas matemáticos, en este caso las integrales, ha demostrado ser una opción viable y efectiva en la mayoría de los casos. No obstante, es fundamental seguir explorando su rendimiento dado que se encuentran en constante actualización, para implementar su uso en entornos educativos reales y determinar su verdadero potencial como herramienta de apoyo, siempre promoviendo un uso responsable y consciente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rosas VQ. Aplicaciones de Inteligencia Artificial Aliadas en la Enseñanza de las Matemáticas. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar [Internet]. 2023 Oct 25;7(4):10547-60. Available from: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.8070.

2. Sigman M, Bilinkis S. Artificial: La nueva inteligencia y el contorno de lo humano. DEBATE; 2023.

3. Dahal N, Lamichhnae BR, Luitel BC, Pant BP. AI chatbots as math algorithm problem solvers: A critical evaluation of its capabilities and limitations. In: Proceedings of the 28th Asian Technology Conference in Mathematics. 2023;28(1):429-438.

4. Purcell EJ, Varberg D, Rigdon SE. Calculo diferencial e integral. Pearson Educación; 2007.

5. Jara I, Ochoa JM. Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación [Internet]. 2020 May. Available from: <https://doi.org/10.18235/0002380>

6. Rivas A, Buchbinder N, Barrenechea I. El futuro de la inteligencia artificial en la educación en América Latina. ProFuturo y OEI. 2023;48.

7. Del Puerto DA, Esteban PG. La Inteligencia Artificial como recurso educativo durante la formación inicial del profesorado. RIED Revista Iberoamericana De Educación a Distancia [Internet]. 2022 Apr 21;25(2). Available from: <https://doi.org/10.5944/ried.25.2.32332>

8. Norman-Acevedo E. La inteligencia artificial en la educación. Panorama [Internet]. 2023 Jan 18;17(32):1-11. Available from: <https://doi.org/10.15765/pnrm.v17i32.3681>

FINANCIACIÓN

Proyecto PAPIME PE212024, UNAM.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Curación de datos: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Análisis formal: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Investigación: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Metodología: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Administración del proyecto: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-

Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Recursos: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Software: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Supervisión: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Validación: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Visualización: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Redacción - borrador original: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.

Redacción - revisión y edición: Jesús Alexis Aguilar-Rodríguez, Patricia Rivera-García, Armando Cervantes-Sandoval, Alejandro Josué Perales-Avila.