

# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica



Volumen 6; Número 11; Enero-junio 2025

ISSN: 2683-328X

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S. C.

La revista científica Transdigital es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Hasta ahora, la revista ha sido indizada en: Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, Academic Resource Index (Research Bib), BASE, MIAR, OpenAire-Explore, Google Scholar, Refseek, ROAD, Sherpa Romeo, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, WorldCat, Dimensions, REBIUN, DARDO, Open Ukrainian Citation Index, Zeitschriften Datenbank y The University of Liverpool. Dirección oficial: Circuito Altos Juriquilla 1132. C.P. 76230, Querétaro, México. Tel. +52 (442) 301-3238. Página web oficial: [www.revista-transdigital.org](http://www.revista-transdigital.org). Correo electrónico: [aescudero@revista-transdigital.org](mailto:aescudero@revista-transdigital.org). Editor en jefe: Alejandro Escudero-Nahón (ORCID: 0000-0001-8245-0838). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102. International Standard Serial Number (ISSN): 2683-328X; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (México). Responsable de la última actualización: Editor en jefe: Dr. Alejandro Escudero-Nahón. Todos los artículos en la revista Transdigital están licenciados bajo Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Usted es libre de: Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente. La persona licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia. Lo anterior, bajo los siguientes términos: Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.



# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica

Enseñanza del concepto matemático límite a través del uso de inteligencia artificial

Teaching the mathematical concept of limit through the use of artificial intelligence



Heli Herrera López\*  
Escuela Normal Superior Veracruzana "Dr. Manuel Suárez Trujillo", México  
ORCID: 0000-0003-4257-8794

## Enseñanza del concepto matemático *límite* a través del uso de inteligencia artificial

## Teaching the mathematical concept of *limit* through the use of artificial intelligence

### Resumen

Incluir tecnología en el aula es un tema de debate, desde las constantes restricciones para su uso dentro del salón de clases hasta la incorporación de los recursos tecnológicos para mejorar la comprensión de los temas. Esta investigación reflexionó sobre la importancia de construir un curso mediado por la inteligencia artificial (IA) para crear actividades y contenidos académicos. En el caso específico de este estudio, los contenidos fueron revisados por un docente de cálculo diferencial de un bachillerato general de Veracruz, México. Cada uno de los problemas y los ejercicios fueron adaptados a las necesidades, las preferencias y el contexto de los estudiantes. Para revisar el impacto del diseño instruccional, se empleó un método cuantitativo a los 60 participantes del curso experimental. Los resultados mostraron que los participantes tuvieron un desempeño destacado tanto en la parte procedimental como en la noción conceptual de los límites de una función. Esto permite promover el uso de IA para construir clases contextualizadas para los alumnos, con el fin de mejorar e incentivar la comprensión de objetos matemáticos complejos.

**Palabras clave:** inteligencia artificial, límites, cálculo diferencial, secundaria

### Abstract

The inclusion of technology in the classroom is a topic of debate, from the constant restrictions on its use within the classroom to the incorporation of technological resources to improve understanding of the topics. This research reflected on the importance of building a course mediated by artificial intelligence (AI) to create academic activities and content. In the specific case of this study, the content was reviewed by a differential calculus teacher at a general high school in Veracruz, Mexico. Each of the problems and exercises was adapted to the needs, preferences, and context of the students. To assess the impact of the instructional design, a quantitative method was used with the 58 participants in the experimental course. The results showed that participants performed outstandingly in both the procedural aspects and the conceptual notion of the limits of a function. This allows for promoting the use of AI to build contextualized lessons for students, with the aim of improving and encouraging their understanding of complex mathematical objects.

**Keywords:** artificial intelligence, limits, differential calculus, high school

## 1. Introducción

El modelo educativo actual fue concebido como un esquema unidireccional que se enfocaban en formar mano de obra calificada para la industria. En este sentido, la educación formal ha evolucionado muy poco en comparación con el crecimiento tecnológico (Tyack & Cuban, 1995). Este hecho contrasta con la transformación que han experimentado otros sectores impulsados por innovaciones tecnológicas que redefinieron sus dinámicas y procesos.

En la última década, los avances tecnológicos mejoraron diversos campos. Por ejemplo, la medicina, la ingeniería, la industria y la comunicación. En particular, la inteligencia artificial (IA) emergió como un catalizador de cambios, pues automatizó procesos complejos. En este contexto de cambios acelerados, la educación no puede quedarse rezagada. Holmes et al. (2019) señalaron que la IA ofrece oportunidades significativas para personalizar el aprendizaje y adaptar los modelos pedagógicos a las demandas contemporáneas, proporcionando un marco educativo más flexible y contextualizado.

La IA está transformando los paradigmas educativos, introduciendo soluciones innovadoras y adaptándolas a las necesidades individuales del alumnado. Gracias a su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos y proporcionar recomendaciones en tiempo real, la IA es una alternativa interesante a los métodos tradicionales de enseñanza (Long & Siemens, 2011). Aunque su uso en el ámbito educativo pueda parecer reciente, plataformas como *Khan Academy* y *DreamBox Learning* ya aplicaban esta tecnología para analizar el desempeño de los estudiantes y ofrecer asesorías personalizadas enfocándose en áreas específicas del alumno (Baker & Siemens, 2014). Las matemáticas son una de las materias que se pueden ver beneficiadas por el uso de la IA.

Ayuso-del Puerto y Gutiérrez-Esteban (2022) señalaron que la IA desarrolla tutorías inteligentes que ofrecen retroalimentación en tiempo real, pues personaliza la enseñanza según las necesidades específicas de cada estudiante. En este sentido, la IA optimiza el aprendizaje y fomenta habilidades esenciales para el futuro, como la autonomía y el pensamiento crítico. Al ofrecer retroalimentación personalizada y en tiempo real, la IA ayuda a los estudiantes a desarrollar una mayor capacidad de autoevaluación y reflexión sobre su propio proceso de aprendizaje. La capacidad de la IA para identificar y resolver problemas es un elemento clave en un mundo laboral. Por tanto, la IA mejora el rendimiento académico inmediato y prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos de una sociedad impulsada por la tecnología.

A pesar de las múltiples ventajas que ofrece la IA en el ámbito educativo, también existen desafíos que deben ser abordados para maximizar su impacto positivo. Uno de los principales retos es garantizar la equidad en el acceso a estas tecnologías. En muchas regiones, las brechas digitales limitan que los estudiantes de comunidades marginadas accedan a herramientas tecnológicas avanzadas. Éstas amplia las desigualdades

educativas existentes. Por ello, es crucial que las políticas públicas y las inversiones en infraestructura prioricen el acceso inclusivo, asegurando que los beneficios de la IA estén disponibles para todos los estudiantes, independientemente de su contexto socioeconómico o geográfico.

Además, el uso de la IA en la educación plantea interrogantes éticas relacionadas con la privacidad y el manejo de datos. Los sistemas de IA recopilan y analizan grandes volúmenes de información para personalizar el aprendizaje. Esto genera preocupaciones sobre la seguridad y el uso indebido de esos datos. Para garantizar la confianza de los usuarios, es fundamental que las instituciones educativas y las empresas tecnológicas trabajen para establecer normativas claras que protejan la privacidad de los estudiantes y promuevan la transparencia en el uso de estas herramientas. Al mismo tiempo, se deben fomentar enfoques pedagógicos que combinen la IA con la guía humana, asegurando que la tecnología complemente, y no reemplace, el papel insustituible de los docentes como facilitadores del aprendizaje y guías emocionales.

## 1.2. Elementos teóricos

Esta propuesta se basó en la IA como fundamento teórico, pues es una tecnología que ha demostrado ser un referente crucial en el desarrollo de diversas disciplinas. La Real Academia Española (RAE, 2024) definió a la IA como una disciplina científica dedicada a la creación de programas informáticos que realizan operaciones similares a las de la mente humana, como el aprendizaje y el razonamiento lógico. En sus inicios, la IA se concibió como un sistema capaz de realizar tareas humanas y de emular procesos cognitivos complejos, tales como el aprendizaje, el razonamiento y la resolución de problemas (Russell & Norvig, 2020).

Hoy en día, subcampos como el aprendizaje automático, el procesamiento del lenguaje natural y la visión por computadora experimentan notables avances, pues son capaces de crear sistemas que aprenden y se adaptan de manera autónoma (Goodfellow et al., 2016). Estos procesos permitieron que la IA sea una tecnología con el potencial de transformar el ámbito industrial, empresarial y educativo, pues promueve un cambio de paradigmas en los métodos y los enfoques formativos.

En el contexto educativo, uno de los desarrollos más destacados de la IA es la *tutoría personalizada*. Este es un sistema que se adapta a las necesidades individuales de los estudiantes (Nkambou et al., 2010). Esta tecnología utiliza algoritmos avanzados para analizar características específicas de cada usuario. Por ejemplo, el estilo de aprendizaje, el ritmo de trabajo, las áreas de mayor dificultad y el progreso en tiempo real. A través de estos sistemas, la IA identifica las fortalezas y las debilidades de cada estudiante, pues adapta el contenido y las estrategias pedagógicas de manera personalizada. Esto representa un cambio fundamental respecto a los modelos

educativos tradicionales, en los que el mismo contenido es impartido de manera uniforme para todos los estudiantes, sin tomar en cuenta las diferencias individuales en el proceso de aprendizaje.

Además, la IA introdujo mejoras significativas en los procesos evaluativos. Los sistemas de IA automatizan exámenes y tareas, brindando a los estudiantes retroalimentación rápida y precisa. Esto permite que los alumnos identifiquen y trabajen en sus áreas de oportunidad de manera oportuna, mientras que el profesorado dispone de más tiempo para actividades de actualización y planificación pedagógica (Baker et al., 2019). Asimismo, la IA analiza grandes volúmenes de datos para identificar patrones de aprendizaje y predecir el rendimiento académico. Además, facilita intervenciones tempranas en áreas de riesgo antes de que los estudiantes enfrenten problemas de rendimiento significativos (Holmes et al., 2019).

En el caso particular de las matemáticas, la IA ofrece herramientas innovadoras que mejoran la enseñanza y el aprendizaje de esta disciplina. Las aplicaciones interactivas y las simulaciones dinámicas pueden hacer que los conceptos matemáticos abstractos sean comprensibles y accesibles para los estudiantes (Mitra et al., 2005). Estas herramientas permiten visualizar problemas complejos y explorar múltiples soluciones en un entorno seguro y controlado, promoviendo una comprensión más profunda de los conceptos matemáticos fundamentales. Además, algunos sistemas basados en redes neuronales analizan errores específicos de los estudiantes y ofrecen retroalimentación adaptada a sus necesidades particulares. Cardona (2023) señaló que esta personalización mejora rendimiento académico en matemáticas, especialmente en estudiantes que tradicionalmente han tenido dificultades con la asignatura.

La IA ofrece una solución frente a los desafíos que representa la excesiva carga operativa y la mecanización de procesos en el aprendizaje de las matemáticas (Herrera et al., 2024). Al proporcionar mecanismos individualizados, la IA genera materiales de estudio contextualizados y adaptados a cada estudiante. Esto permite que los alumnos comprendan y se aproximen a las matemáticas. En lugar de que el docente tenga que desarrollar materiales didácticos diferenciados para cada estudiante, la IA facilita el proceso de aprendizaje, pues permite que los docentes se centren en las necesidades particulares de cada alumno (Zawacki-Richter et al., 2019).

El uso de la IA en la educación fomenta un aprendizaje personalizado y promueve el desarrollo de habilidades críticas en el estudiantado, pues fomenta el pensamiento autónomo, la autogestión y la capacidad de autorregulación. Long y Siemens (2011) señalaron que la personalización del aprendizaje a través del uso de IA brinda a los jóvenes conocimientos propios de sus experiencias y contextos, lo cual les convierte en agentes activos dentro del proceso formativo.

La retroalimentación en tiempo real permite que los estudiantes puedan ajustar su enfoque de aprendizaje. Una retroalimentación continua es una característica importante dentro del aprendizaje autorregulado, el cual permite que los jóvenes identifiquen sus fortalezas y áreas de oportunidad para ajustar sus estrategias acordes a

sus necesidades específicas (Zimmerman, 2002). De esta forma, la IA brinda un entorno flexible, interactivo y dinámico para los alumnos los cuales se vuelven más conscientes de su progreso y sus ritmos de aprendizaje.

De igual forma, el uso de la IA genera habilidades y competencias clave para los nuevos requerimientos del mundo laboral. En un contexto donde el manejo de tecnología avanzada es más exigente, la implementación de IA incorpora una serie de ventajas que se pueden incorporar desde una temprana edad. Luckin et al. (2016) señalaron que la IA promueve un aprendizaje en el que los estudiantes analizan contenidos específicos y desarrollan competencias inherentes a la resolución de problemas complejos para fomentar el pensamiento crítico. En este sentido, los profesionistas deben tener la habilidad de generar ambientes óptimos de trabajo que se enfoquen en una visión más global del contexto, pues la vida laboral tiene un nivel alto de exigencia.

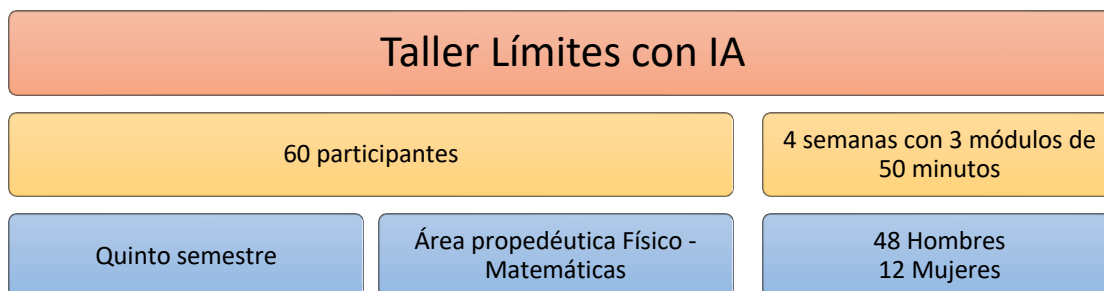
Finalmente, la personalización del aprendizaje mediante IA cultiva habilidades de resiliencia y adaptabilidad. Estas competencias son esenciales en el mercado laboral contemporáneo, pues se caracteriza por la automatización y la globalización (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OECD], 2019). La IA no solo transforma el proceso educativo en el corto plazo al personalizar el aprendizaje, sino que también prepara a los alumnos para los retos del futuro laboral. Asimismo, promueve habilidades de adaptabilidad, resolución de problemas y aprendizaje continuo, habilidades indispensables en una sociedad impulsada por la tecnología.

## 2. Método de investigación

Con el fin de valorar el impacto de la IA dentro de la enseñanza del límite, se construyó un taller de cuatro semanas. En esta investigación participaron 60 alumnos pertenecientes a un bachillerato general de Veracruz, México. De manera específica, participaron 42 varones y 18 mujeres, con una edad promedio de 17 años. Además, todos pertenecían al quinto semestre del área propedéutica de físico-matemáticas (Figura 1). Cada semana constó de tres sesiones de 50 minutos. Asimismo, se brindó una hora semanal extra para atender cualquier duda que surgiera de forma adicional.

**Figura 1**

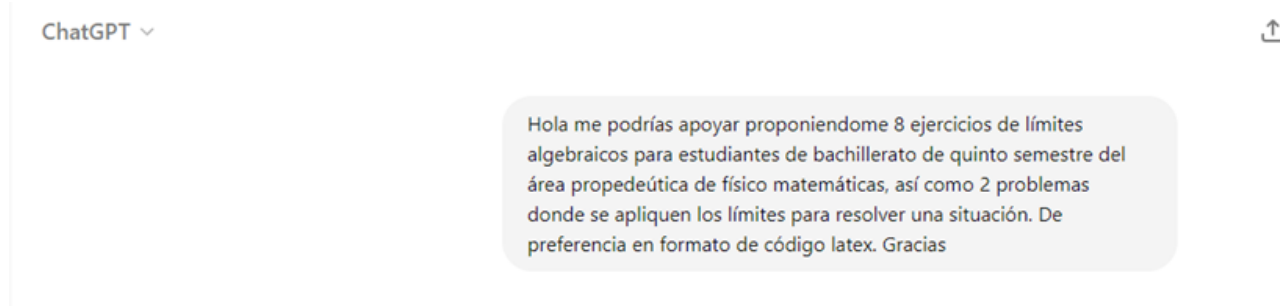
Estructura del taller



El taller constó de tres temáticas: noción acerca de límites, límites algebraicos y límites con discontinuidad removible. A lo largo del taller se emplearon actividades propuestas por *Chat GPT*. Esta IA recibió instrucciones precisas sobre el contexto, la formación de estudiantes y el contenido para delimitar los ejercicios y los problemas. Además, se solicitó a *Chat GPT* que los ejercicios se coloraran en código *LaTeX* para que se visualicen de forma adecuada (Figura 2).

**Figura 2**

Ejemplo de instrucción a la IA



Cuando los ejercicios no eran lo que el docente requería, él podía acotar la instrucción para que los ejercicios o los problemas se adaptaran a las necesidades del proceso formativo. De esta forma, las actividades propuestas por *ChatGPT* fueron revisadas y ajustadas. Una vez que el docente consideraba que eran pertinentes para la clase, las empleaba (Figura 3).

**Figura 3**  
*Ajuste de propuestas*

### Ejercicios de Límites Algebraicos

1. Calcular el siguiente límite:

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 - 4}{x - 2}$$

2. Encuentra el límite:

$$\lim_{x \rightarrow -3} \frac{x^2 + 5x + 6}{x + 3}$$

3. Determina el límite:

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^3 - 1}{x - 1}$$

4. Calcular:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x^3 + 3x^2}{x^2}$$

5. Evalúa el límite:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(2x)}{x}$$

6. Encuentra:

$$\lim_{x \rightarrow 3} \frac{5x^2 + 3x - 7}{x^2 - x + 4}$$

Espero que estos ejercicios y problemas sean útiles para tus estudiantes. Si necesitas más ejemplos o algún ajuste, no dudes en pedirlo.

🔍 📄 🗑️ 🔄 ⌵

el ejercicio 5 y 6 me los podrías cambiar por casos semejantes a los del 1 y 2, mientras que el 7 me lo podrías cambiar por otro parecido al 8. Muchas gracias

📄 Memoria actualizada

Aquí te presento los ejercicios actualizados:

### Ejercicios de Límites Algebraicos

1. Calcular el siguiente límite:

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 - 4}{x - 2}$$

2. Encuentra el límite:

Una vez que el material se adaptó a las necesidades del docente, se incluyó el material auxiliar que pudiera ser empleado por el estudiantado para repasar el contenido o para reforzar aspectos que ellos consideraran con mayor necesidad o atención. De igual forma, con el fin de evitar capturas de pantalla, se solicitó que el contenido se escribiera en código *LaTeX* para procesarlo a formatos de editor de texto como *Word* o como *Portable Document Format* (PDF) (Figura 4).

**Figura 4**  
*Ejemplo del contenido de apoyo*

Me podrías brindar una explicación para estudiantes de bachillerato que hable sobre el tema de límites de una función, así como con ejemplos, con información confiable y al final del documento un apartado que diga recursos adicionales donde se le coloquen los enlaces de YouTube de videos de fuentes confiables. Todo escrito en código latex. Muchas gracias

🔍 Aquí tienes una posible explicación sobre el tema de límites de una función para estudiantes de bachillerato, escrita en código LaTeX, con ejemplos y un apartado de recursos adicionales con enlaces de YouTube:

```

\begin{document}
\documentclass[12pt]{article}
\usepackage{amsmath}

\title{Introducción a los Límites de una Función}
\author{Profesor}
\date{Septiembre 2024}

\begin{document}
\maketitle
\section{¿Qué es el límite de una función?}

```

📄 Envía un mensaje a ChatGPT

ChatGPT puede cometer errores. Comprueba la información importante.

### Introducción a los Límites de una Función

Profesor

Septiembre 2024

#### ¿Qué es el límite de una función?

El límite de una función describe el comportamiento de la función a medida que el valor de la variable independiente (generalmente  $x$ ) se acerca a un número determinado. Si  $f(x)$  es una función y  $a$  es un número, el límite de  $f(x)$  cuando  $x$  tiende a  $a$ , se denota como:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x)$$

El límite nos ayuda a predecir el valor de la función cuando  $x$  se aproxima a  $a$ , aunque en algunos casos la función no esté definida en ese punto.

#### Definición Formal de Límite

La definición formal de límite establece que:

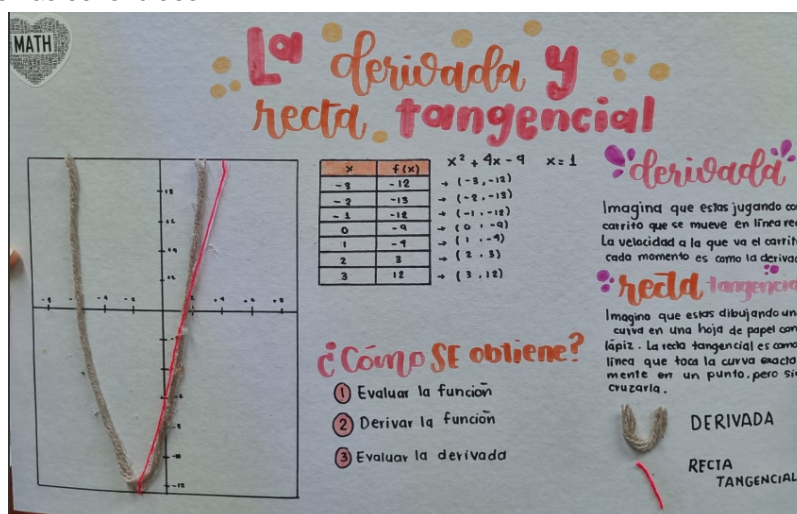
$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$$

significa que, para cualquier número positivo muy pequeño  $\epsilon$ , existe otro número  $\delta > 0$  tal que, si  $0 < |x - a| < \delta$ , entonces  $|f(x) - L| < \epsilon$ . Es decir,  $f(x)$  se puede acercar tanto como queramos a  $L$  cuando  $x$  se acerca a  $a$ , siempre y cuando  $x$  esté lo suficientemente cerca de  $a$ .

Una vez finalizada la explicación y el análisis de los contenidos, se les solicitó a los participantes la construcción de proyectos de su interés donde incluyeran los temas vistos en las sesiones. En algunos casos se les dio la oportunidad de incorporar videos, infografías o carteles según fuera su predilección. De igual manera, pudieron emplear el formato o el software de su preferencia. Lo anterior tuvo el objetivo de problematizar su aprendizaje (Figura 5).

**Figura 5**

*Ejemplo de problemas contruidos*



### 3. Diseño de la investigación

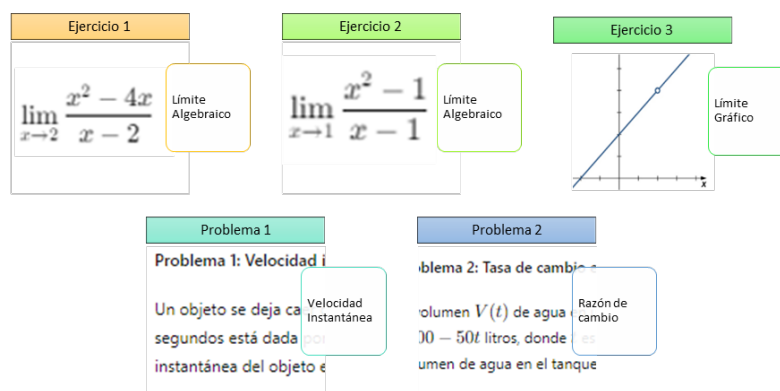
Esta investigación tuvo un enfoque descriptivo con enfoque mixto. Esto se logró al utilizar cuestionarios y entrevistas individuales para obtener los datos. La propuesta se desarrolló en un bachillerato público de Veracruz, México. El estudio se diseñó mediante un enfoque transversal con 60 alumnos de quinto semestre del área propedéutica de físico-matemáticas. Con el fin de mantener el anonimato, los participantes se identificaron con una letra y un número, comenzando con E1 y finalizando con E60.

El cuestionario constó de cinco reactivos, tres eran a ejercicios de *límites* y dos problemáticas donde se aplican los *límites*. De esta forma, el cuestionario consideró dimensiones procedimentales y conceptuales a través de este instrumento. Por otro lado, la entrevista constó de cuatro preguntas que abordaron aspectos del diseño

del curso, el manejo de recursos tecnológicos y las valoraciones cualitativas del estudiantado. Además, este instrumento consideró la dimensión actitudinal del estudiantado para complementa el análisis del cuestionario.

En el caso de los tres primeros ejercicios, dos requerían procedimientos algebraicos y uno determinar el valor del *límite* a través de una gráfica. En el caso de los ejercicios, estos se relacionaban con los contenidos del plan de estudios de la Dirección General de Bachillerato a nivel nacional. Los reactivos fueron respaldados por la IA y adecuados por las necesidades del docente (Figura 6).

**Figura 6**  
Categoría de los reactivos



Cada uno de los reactivos se analizaron con una escala Likert, pues se identificó si el ejercicio *tenía la respuesta correcta como escala máxima*, seguido de *parcialmente correcta*, *parcialmente incorrecta* y finalmente *incorrecta*. Para el primer escenario, se contemplaron casos que obtuvieron el valor esperado sin importar el procedimiento utilizado. Para el segundo caso, se contemplaron situaciones donde el participante mantiene un procedimiento ordenado y coherente, pero al momento de evaluar o de manipular las cifras no se obtuvo el valor esperado. Por su parte, el tercer escenario se enfocó en aquellas donde el estudiante evaluó el límite y lo realizó de forma incorrecta. Por último, el cuarto caso presentó problemas o ejercicios no respondidos, o procedimientos que no correspondían con el ejercicio.

## 4. Resultados

El cuestionario se aplicó a 60 participantes. Estos firmaron su consentimiento informado. Es importante señalar que dos participantes no desearon ser parte del instrumento. Al ser menores de edad, fue necesario que los tutores firmaran dichos documentos. La prueba se presentó sin ningún contratiempo dentro de las instalaciones de la escuela, teniendo una duración promedio de 90 minutos. Una vez finalizada la prueba, se revisó cada uno de los reactivos obteniendo los resultados que a continuación se presentan.

En la primera sección del cuestionario se establecieron tres ejercicios que permitían saber el nivel de habilidad procedimental del estudiante. Además, se destacó que este tipo de actividades se visualizan en los cursos de cálculo diferencial en los bachilleratos de México. En el primer ejercicio se tenía que realizar una doble factorización. Asimismo, se sugirió usar el término común para el numerador, precedido de una diferencia de cuadrados. Este proceso reforzó sus habilidades algebraicas. En esta situación, el 72% de los estudiantes respondieron *correctamente* y el 17% obtuvieron valores *parcialmente correctos*. En este sentido, la mayoría de los alumnos tuvieron una habilidad óptima para desarrollar este caso (Tabla 1). Asimismo, se detectó que a un participante que tuvo una respuesta correcta y se repitió para este caso (Figura 7).

**Tabla 1**

*Frecuencia de respuestas en el ejercicio uno*

	Correcta	Parcialmente correcta	Parcialmente incorrecta	Incorrecta
Frecuencia	42	11	5	0
Frecuencia relativa	72%	19%	9%	0%

*Nota.* Incidencia de respuestas.

**Figura 7**

*Respuesta correcta en el ejercicio uno*

1) calcular el siguiente límite:

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 - 4}{x - 2} \quad \lim_{x \rightarrow 2} \frac{(2)^2 - 4}{2 - 2} = \frac{0}{0} \quad \left. \vphantom{\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 - 4}{x - 2}} \right\} \frac{(x-2)(x+2)}{x-2} = 2+2 = 4$$

En el segundo ejercicio, se presentó un problema de factorización con una diferencia de cubos. Si el estudiante conocía la estructura de este producto pudo ser capaz de factorizar rápidamente. En el caso contrario, si el alumno tenía la opción de emplear una división algebraica o una división sintética. Además, se observó un aumento en las respuestas parcialmente incorrectas en comparación con el ejercicio anterior (Figura 8).

**Figura 8**

*Respuesta parcialmente incorrecta en el ejercicio dos*

$$\textcircled{2} \lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^3 - 1}{x - 1} = \frac{(1)^3 - 1}{1 - 1} = \frac{0}{0} \quad \frac{(x^2 + 1)(x - 1)}{x - 1} = x^2 + 1 = 1^2 + 1 = 2$$
 el límite existe

En el caso de las frecuencias, se percibió que las respuestas correctas disminuyeron, pues se tuvieron 30 respuestas correctas, cinco parcialmente correctas, 17 parcialmente incorrectas y 6 incorrectas (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Frecuencia de respuestas en el ejercicio dos*

	Correcta	Parcialmente correcta	Parcialmente incorrecta	Incorrecta
Frecuencia	30	5	17	6
Frecuencia relativa	52%	9%	29%	10%

*Nota.* Incidencia de respuestas.

Para el caso del ejercicio gráfico, los estudiantes tuvieron resultados semejantes al primer reactivo. Se identificó que el 91% de frecuencias fueron correctas. La única diferencia fue que al no existir un procedimiento formal no hubo respuestas parcialmente correctas o incorrectas, pues solo se identificó si el límite existía, y en caso de serlo, en qué valor se aproximaba la función (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Frecuencia de respuesta ejercicio tres*

	Correcta	Parcialmente correcta	Parcialmente incorrecta	Incorrecta
Frecuencia	53	0	0	5
Frecuencia relativa	91%	0%	0%	9%

*Nota.* Incidencia de respuestas.

En la sección de los problemas de aplicación, se buscaron temáticas propias del contexto y el agrado de los participantes. Estas tuvieron el objetivo de analizar el desarrollo procedimental a la par de la comprensión conceptual, la cual es necesaria para realizar y resolver la problemática planteada. A diferencia de los ejercicios de clase, estos requerían una modelación matemática para transitar del lenguaje cotidiano a uno matemático para posteriormente emplear los conocimientos adquiridos y resolver la situación. En el primer caso participaron 44 estudiantes con respuestas *correctas*, 10 con respuestas *parcialmente correctas* y 4 con respuestas *parcialmente incorrectas* (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Frecuencia de las respuestas en la primera problemática*

	Correcta	Parcialmente correcta	Parcialmente incorrecta	Incorrecta
Frecuencia	44	10	4	0
Frecuencia relativa	76%	17%	7%	0%

*Nota.* Problemática propia del contexto.

Uno de los puntos destacables fue un adecuado proceso de modelación matemática el cual fue precedido de una resolución adecuada sustentada en los contenidos vistos dentro del diseño instruccional. En el caso de los participantes que tuvieron una respuesta *parcialmente correcta*, los errores surgieron al factorizar (Figura 9).

## Figura 9

Resolución de la primera problemática

b)

$$S(t) = 5t^2 + 5t + 10$$

$$S(2) = 5(2)^2 + 5(2) + 10$$

$$S(2) = 20 + 10 + 10$$

$$S(2) = 40$$

$$5t^2 + 5t + 10 \div (t-2) = (t-2)(5t+15) + 20$$

$$S(2) + 15 = 25 \text{ m/s}$$

De igual manera, en la segunda problemática se empleó un modelo de desplazamiento con un tema de actualidad como lo es la *Fórmula 1*. El problema propuso una situación donde Sergio Pérez conducía su monoplace. En esta actividad los alumnos determinaron la velocidad instantánea que tenía justo después de salir de una curva y comenzar su proceso de aceleración. En esta situación, el participante tenía que comprender el texto para construir el modelo matemático y comenzar a revisar la variación instantánea. El 81% de los alumnos respondieron *correctamente*, el 17% *parcialmente correcto* y el 2% *parcialmente incorrecto*. Los errores se centraron en la factorización como en el ejercicio pasado.

**Tabla 5**

Frecuencia de las respuestas en la segunda problemática

	Correcta	Parcialmente correcta	Parcialmente incorrecta	Incorrecta
Frecuencia	47	10	1	0
Frecuencia relativa	81%	17%	2%	0%

Nota. Problemática propia del contexto.

Al revisar las respuestas, se identificó que solo un participante tuvo una respuesta *parcialmente incorrecta*. Esto ocurrió por la falta de evaluación del límite (Figura 10). Se concluyó que era una respuesta *parcialmente incorrecta* debido a que existió una adecuada transición de lenguajes y obtuvo el modelo y el desplazamiento en

el tiempo asignado. Sin embargo, no resolvió el límite propuesto para obtener la variación instantánea (velocidad). En contraste, el resto de los participantes comprendió y resolvió el problema.

### Figura 10

Resolución de la segunda problemática

The image shows a handwritten mathematical solution on a grid background. On the left, it says "i: Velocidad cuando t=1". To the right, the calculation is shown as follows:

$$j(t) = 10 + 5(t) + 5(t)^2$$

$$= 10 + 5 + 5 = 20V$$

## 5. Discusión

El desarrollo de nuevas tecnologías es un elemento que beneficia a la sociedad. Por ello, incluir las recientes tendencias al proceso formativo fomenta el cambio de paradigma educativo (Holmes et al., 2019). Es valioso pensar que se asimilan los conocimientos de mejor manera cuando se emplea la IA en la planeación y la generación de materiales educativos (Baker & Siemens, 2014). Las actividades construidas con IA permitieron que el docente modificara su práctica a través de la construcción de contenido adaptable al estudiantado. Además, se incorporaron las variables para que la IA modificara la planeación y los problemas propuestos según lo solicitado por las necesidades del participante (Ayuso-del Puerto y Gutiérrez-Esteban, 2022).

Lo anterior no reemplaza al profesorado, pues solo se refuerza este proceso por medio de una herramienta auxiliar para construir el curso de forma amigable y adaptado a los requerimientos del estudiantado (Baker et al., 2019). Este estudio demostró que el uso de tecnología benefició al profesor al construir un curso de cálculo basado en el uso del *microlearning*, incorporar software para mejorar la comprensión del estudiantado (Sevimli, 2016), e incluir mejoras didácticas mediadas por la IA (Morantes-Moncada et al., 2019). En este sentido, la transición entre las nuevas tendencias tecnológicas hacia el entorno educativo son un nuevo paradigma por explorar.

En cuanto a los resultados, se visualizó que los jóvenes tuvieron un desempeño destacado al tener más de la mitad de las respuestas esperadas en cada uno de los reactivos. Para esto se consideró el desarrollo matemático que realizaron y la transición de lenguajes desarrollada para resolver las problemáticas (Herrera et al., 2024). Sin embargo, la falta de procedimientos para la resolución de problemas fue un factor común en el proceso formativo del estudiantado, pero se crearon nuevos registros en el aprendizaje para fomentar la comprensión de los objetos de aprendizaje (Duval, 1993).

## 6. Conclusiones

Dentro del proceso educativo es normal que los docentes y los directivos consideren que los avances tecnológicos son enemigos para la formación del estudiantado, pues cuando se emplearon los primeros dispositivos móviles inteligentes se crearon normas que se enfocaban en prohibirlos dentro de las instalaciones. En la actualidad, es probable que los docentes no permitan el uso de dispositivos móviles en clase, y mucho menos hablar del manejo de redes sociales en el aula. En este sentido, el uso de IA creó nuevos paradigmas que se enfocan en las oportunidades y consecuencias de su uso en el aula.

Tomando en cuenta lo anterior, la IA crea nuevas experiencias de aprendizaje por los recursos que se crean gracias a ella. Por lo tanto, apoyan al docente a construir clases dinámicas y con mayor atención para el estudiantado. Los resultados de la investigación mostraron que la IA no es un enemigo al cual se le debería prohibir la entrada, sino un aliado para los docentes. Esta herramienta permite construir un diseño instruccional adaptado a las necesidades del contexto y revisado a profundidad por el docente para crear actividades orientadas a resolver las necesidades que existían en los participantes.

La adecuación y la modificación de los requerimientos permite que el docente utilice a la IA para analizar ejemplos, ejercicios y problemáticas afines al contenido visto en clase. Sin embargo, la IA no puede realizar estas actividades por sí sola, pues el docente es quien establece los estándares de calidad para el aprendizaje. Por otro lado, los alumnos se vieron beneficiados por las adaptaciones, pues sus resultados destacaron en cada reactivo. Asimismo, mostraron la habilidad para resolver ejercicios que involucraban el uso de límites, así como una óptima comprensión del concepto a través de la resolución de problemáticas.

Sin embargo, una de las dificultades fue la transición de lenguajes, pues obstaculizó el proceso formativo. Los resultados permitieron ver la transición entre el lenguaje cotidiano y el matemático. Esto promovió e incentivó la continuidad de los procesos. Lo anterior abre la posibilidad de generar procesos de abstracción y comprensión más robustos y adaptados al estudiante. Por lo tanto, incorporar la IA en el proceso de enseñanza de matemáticas supera las barreras tradicionales en el aprendizaje de conceptos abstractos.

La adecuada transición entre el lenguaje cotidiano y el matemático reflejó el potencial de estos métodos para facilitar la comprensión de problemas contextualizados. La IA abre permite que la educación sea personalizada y receptiva a las necesidades individuales, pues no solo mejora el dominio del contenido, sino que también prepara a los alumnos para un entorno laboral cada vez más orientado hacia la tecnología y el pensamiento crítico.

## Referencias

- Ayuso-del Puerto, D., & Gutiérrez-Esteban, P. (2022). La Inteligencia Artificial como recurso educativo durante la formación inicial del profesorado. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2).
- Baker, R., & Siemens, G. (2014). Educational data mining and learning analytics. En R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 253-273). Springer.
- Baker, T., Smith, L., & Anissa, N. (2019). *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. Página web oficial de Nesta. <https://www.nesta.org.uk/report/education-rebooted/>
- Cardona, M. A., Rodríguez, R. J., & Ishmael, K. (2023). *Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning*. Office of Educational Technology.
- Duval, R. (1993). Registros de Representación Semiótica y Funcionamiento Cognitivo del Pensamiento. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 5, 37-65.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Herrera, H., Moreno-Beltrán, R., & Cuesta-Borges, A. (2024). Multiple representations in a high school differential calculus course through microlearning. *REDIMAT-Journal of Research in Mathematics Education*, 13(1), 87-110. <http://dx.doi.org/10.17583/redimat.11314>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Long, P., & Siemens, G. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30-40. <https://er.educause.edu/articles/2011/9/penetrating-the-fog-analytics-in-learning-and-education>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson.
- Mitra, S., Dangwal, R., Chatterjee, S., Jha, S., Bisht, R. S., & Kapur, P. (2005). Acquisition of computing literacy on shared public computers: Children and the "hole in the wall". *Australasian Journal of Educational Technology*, 21(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.1328>
- Morantes-Moncada, G., Dugarte-Peña, E., & Herrera-Díaz, J. (2019). Perfil del aprendiz estratégico para el estudio de Cálculo Diferencial mediado por las TIC. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 11(3), 152-167.
- Nkambou, R., Bourdeau, J., & Mizoguchi, R. (Eds.). (2010). *Advances in Intelligent Tutoring Systems*. Springer.
- OECD. (2019). *Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030*. Página web oficial de Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
- RAE. (2024). *Inteligencia Artificial*. Página web oficial de la Real Academia Española. <https://dle.rae.es/inteligencia#2DxmhCTm>
- 
- Herrera López, H. (2025). Enseñanza del concepto matemático límite a través del uso de inteligencia artificial. *Transdigital*, 6(11), e417. <https://doi.org/10.56162/transdigital417>

Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson.

Sevimli, E., (2016). Do calculus students demand technology integration into learning environment? case of instructional differences. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 13(1), 1-18.

Tyack, D. B., & Cuban, L. (1995). *Tinkering toward utopia: A century of public school reform*. Harvard University Press.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1-27.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64-70.



# Transdigital<sup>®</sup>

editorial

La Editorial *Transdigital* publica libros de carácter científico y académico. Se pueden publicar tesis de posgrado, una vez sometidas al sistema de evaluación de pares de doble ciego. Servicios:

- Gestión del International Standard Book Number (ISBN), del Digital Object Identifier (DOI) y del código de barras.
- Diseño gráfico
- Servicio de corrección de estilo y redacción.
- Dictaminación de la revisión por pares en doble ciego hecha por miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México.
- Alojamiento permanente del libro en la editorial *Transdigital* ([www.editorial-transdigital.org](http://www.editorial-transdigital.org))
- Distribución gratuita en *Dialnet*, *Google Books*, *Google Play* y *SCRIBD*.
- Distribución a precio mínimo en *Amazon Kindle* (cuota que pagan los lectores de *Kindle*).

La editorial *Transdigital* está en el Registro en el Padrón Nacional de Editores como agente editor Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales, S. C., con el Dígito Identificador 978-607-99594. Además, está afiliada a la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana (CANIEM) con el número 4069, de conformidad con el artículo 17 de la Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones en vigor. Y está en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



# Transdigital<sup>®</sup>

congreso virtual

El Congreso Virtual *Transdigital* se realiza anualmente de manera totalmente virtual ([www.congreso-transdigital.org](http://www.congreso-transdigital.org)). Este evento tiene el objetivo de reunir resultados parciales o finales de investigaciones empíricas, documentales o ensayos científicos sobre temas y desafíos que involucran a la tecnología y la transformación digital en sociedad.

Está dirigido a investigadores(as), docentes de todas las modalidades y niveles del sistema educativo, estudiantes de pregrado y posgrado, gestores(as) educativos(as), directivos(as) y demás profesionales interesados(as) en la investigación empírica y documental sobre el uso de la tecnología y la transformación digital en diversos ámbitos sociales, por ejemplo, la salud, el ocio, el turismo, las finanzas, la educación, el desarrollo comunitario, la industria, etcétera.

La inscripción por texto, con un máximo de tres autores(as) da el derecho de publicar la ponencia como capítulo de libro académico en la editorial *Transdigital*, una vez que ha sido admitida por el Comité Científico; además se otorgan certificados de ponencia y asistencia. Ese libro cuenta con International Standard Book Number (ISBN), Digital Object Identifier (DOI) y código de barras.

El Congreso Virtual *Transdigital* es una iniciativa que está inscrita en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua, de manera que se reciben textos durante todo el año. Es editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Evalúa los textos con el sistema de pares de doble ciego. Se admiten Artículos de investigación y Ensayos científicos originales.

El proceso de publicación es expedito y, en promedio, los textos se publican tres meses después de que han sido recibidos. El Consejo científico y el Comité editorial se compone por distinguidas y distinguidos académicos de talla nacional e internacional. Cuenta con la Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102, International Standard Serial Number (ISSN) 2683-328X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Hasta ahora, está indizada en Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, Academic Resource Index (ResearchBib), MIAR, OpenAire-Explore, Refseek, Sherpa Romeo, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, ZDB Zeitschriften Datenbank, WorldCat, Dimensions, The University of Liverpool, Discovery, Erasmus University Rotterdam, Mir@bel, REBIUN, DARDO, UOCI, LatinRev, ROAD, Google Scholar, Crossref, Scite, Lens, Internet Archive, BASE, etc.

El costo de publicación puede ser consultado en: [www.revista-transdigital.org](http://www.revista-transdigital.org)