



*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada. Toluca, Estado de México. 7223898475*

RFC: AT1120618V12

Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.

<http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/>

Año: XIII Número: 3 Artículo no.:46 Período: 1 de mayo del 2026 al 31 de agosto del 2026

TÍTULO: Inteligencia Artificial como mediadora en la Comprensión del Límite: satisfacción y actitud del estudiantado.

AUTOR:

1. Dr. Erick Radaí Rojas Maldonado.

RESUMEN: Este trabajo presenta los resultados de un estudio cuantitativo sobre satisfacción y actitud hacia el aprendizaje del concepto de límite en estudiantes de nivel superior, tras una intervención basada en inteligencia artificial. Mediante un instrumento psicométricamente validado, se evaluaron percepciones relacionadas con la comprensión conceptual, la experiencia didáctica y la motivación. Los estudiantes reportaron altos niveles de satisfacción y actitudes favorables hacia el uso de IA como herramienta de apoyo. Los hallazgos sugieren que la IA contribuye a mejorar la disposición y la percepción del aprendizaje matemático, consolidándose como una alternativa pertinente ante los retos formativos del siglo XXI.

PALABRAS CLAVES: inteligencia artificial, concepto de límite, satisfacción educativa, actitud hacia el aprendizaje, educación matemática.

TITLE: Artificial Intelligence as a mediator in Understanding the Limit: student satisfaction and attitude.

AUTHOR:

1. PhD. Erick Radaí Rojas Maldonado.

ABSTRACT: This study presents the results of a quantitative investigation on student satisfaction and attitudes toward learning the concept of limits in higher education through an instructional intervention

supported by artificial intelligence (AI). Using a psychometrically validated instrument, the study evaluated perceptions related to conceptual understanding, instructional experience, and motivation. Students reported high levels of satisfaction and expressed favorable attitudes toward the use of AI as a learning support tool. Findings suggest that AI contributes to enhancing students' disposition, motivation, and perception of mathematical learning, positioning it as a relevant and effective resource to address the educational challenges of the 21st century.

KEY WORDS: artificial intelligence, concept of limit, educational satisfaction, attitude towards learning, mathematics education.

INTRODUCCIÓN.

En el marco de los retos educativos del siglo XXI, la incorporación de tecnologías emergentes — particularmente la inteligencia artificial (IA)— ha transformado de manera significativa los procesos de enseñanza y aprendizaje. En ámbitos como la educación matemática, dicha transformación implica no solo nuevas oportunidades para potenciar la comprensión conceptual, sino también desafíos relacionados con la adopción pedagógica, la alfabetización digital y la evaluación de la experiencia estudiantil.

El aprendizaje del concepto de límite, fundamental en el cálculo diferencial, suele representar una de las mayores dificultades para los estudiantes de nivel medio superior y superior debido a su carácter abstracto y su distancia respecto a las intuiciones aritméticas previas. Ante ello, la IA ha emergido como una herramienta potencialmente útil para ofrecer explicaciones personalizadas, retroalimentación guiada y visualizaciones dinámicas que pueden favorecer la comprensión de este contenido; sin embargo, el uso de estas herramientas debe ser acompañado de estudios sistemáticos que permitan comprender cómo los estudiantes perciben estas innovaciones y de qué manera influyen en su satisfacción y actitud hacia el aprendizaje.

En este contexto, la satisfacción educativa constituye un indicador esencial para valorar la eficacia de las estrategias de enseñanza mediadas por tecnología. Para orientar al lector, este artículo se organiza en las

siguientes secciones: marco teórico, metodología, resultados, discusión y conclusiones, permitiendo una comprensión integral del estudio. Diversas investigaciones han señalado que la satisfacción está asociada con niveles más altos de motivación, persistencia y compromiso académico, lo que la convierte en un indicador relevante para evaluar la calidad educativa y la pertinencia de las intervenciones didácticas.

El presente estudio se sitúa dentro de esta agenda de investigación y tiene como propósito analizar la satisfacción general y la actitud hacia el aprendizaje del concepto de límite en estudiantes que participaron en una intervención didáctica apoyada en el uso de IA; para ello, se aplicó un instrumento previamente validado psicométricamente, diseñado para medir percepciones estudiantiles en torno a experiencias educativas que integran metodologías innovadoras.

Este artículo aporta elementos para la reflexión docente y la toma de decisiones institucionales respecto a la integración de IA en ambientes educativos, especialmente en el fortalecimiento de competencias STEM y en el acompañamiento emocional y motivacional de los estudiantes.

DESARROLLO.

Para comprender la relación entre satisfacción, actitud e inteligencia artificial en el aprendizaje del límite, es necesario articular diversos enfoques teóricos que expliquen tanto los procesos cognitivos como las percepciones estudiantiles.

La satisfacción del aprendizaje y la integración de tecnologías emergentes, como la IA, constituyen líneas de investigación que han adquirido gran relevancia en el ámbito educativo contemporáneo. Diversos estudios han demostrado que la satisfacción estudiantil es un componente fundamental para promover la motivación, la permanencia académica y el rendimiento escolar (Richardson et al., 2007). En contextos donde se introducen metodologías innovadoras, como el aprendizaje apoyado en IA, este constructo se vuelve aún más relevante, ya que permite evaluar no solo los resultados académicos, sino también la experiencia subjetiva del estudiante.

Satisfacción del aprendizaje.

La satisfacción del aprendizaje se define como la percepción global que tiene el estudiante sobre la calidad y efectividad del proceso educativo (Kuo et al., 2014). Desde un enfoque psicológico, la satisfacción está estrechamente vinculada con el involucramiento y la motivación intrínseca (Deci & Ryan, 1985, 2000), y se ha documentado que estudiantes con mayores niveles de satisfacción muestran mayor persistencia ante tareas complejas (Sitzmann et al., 2010); asimismo, la satisfacción es un indicador clave en la evaluación de innovaciones pedagógicas y modelos educativos centrados en el estudiante.

Actitud hacia el aprendizaje.

En estrecha relación con la satisfacción, la actitud hacia el aprendizaje constituye un elemento decisivo que influye en cómo los estudiantes se aproximan a contenidos complejos como el límite. La actitud hacia el aprendizaje representa el conjunto de creencias, emociones y disposiciones que el estudiante manifiesta respecto al proceso de aprender (Schunk, 2012). Autores como Pintrich y De Groot (1990) han señalado que estas actitudes están ligadas a la autoeficacia, la autorregulación y las expectativas de éxito, lo que las convierte en un aspecto esencial para comprender el comportamiento académico. La actitud positiva hacia los contenidos matemáticos, específicamente, se ha asociado con mejores resultados en cursos de cálculo y pensamiento lógico-formal (Ma & Kishor, 1997).

Inteligencia artificial y aprendizaje matemático.

La incorporación de IA actúa como puente entre la motivación estudiantil y la comprensión conceptual, reforzando la relación entre los elementos previamente descritos. La incorporación de herramientas de IA en la educación ha mostrado resultados prometedores en cuanto al apoyo a la comprensión conceptual, la retroalimentación inmediata y la personalización del aprendizaje (Holmes et al., 2019).

En el área de matemáticas, la IA puede facilitar la visualización de conceptos abstractos, ofrecer explicaciones adaptadas al ritmo del estudiante y promover el aprendizaje activo (Luckin et al., 2016); sin

embargo, su efectividad depende en gran medida de la aceptación estudiantil y de la percepción de utilidad que tengan los usuarios (Davis, 1989), por lo que evaluar la satisfacción y la actitud hacia estas herramientas resulta indispensable.

Aprendizaje del concepto de límite.

El concepto de límite constituye uno de los pilares fundamentales del cálculo diferencial y del pensamiento matemático avanzado. Su importancia radica en que es la base conceptual para nociones como continuidad, derivada y comportamiento infinitesimal de funciones; sin embargo, su aprendizaje presenta desafíos cognitivos ampliamente documentados. Tall (1991) señala que la dificultad principal proviene de la transición desde concepciones aritméticas finitas hacia razonamientos basados en aproximación, variación y comportamiento límite, los cuales no son intuitivos para estudiantes que se encuentran en etapas iniciales del pensamiento formal.

Rojas Maldonado (2015, 2016, 2025b) ha aportado evidencia relevante en el contexto hispanohablante respecto a las dificultades estructurales que enfrentan los estudiantes al abordar el concepto de límite. Sus estudios destacan tres hallazgos clave:

1. *Predominio de concepciones intuitivas y fragmentadas.* Muchos estudiantes interpretan el límite como un valor que “se alcanza”, vinculándolo con la experiencia física o gráfica, lo cual dificulta la comprensión de nociones como la no alcanzabilidad o la convergencia asintótica. Estas concepciones intuitivas suelen generar errores recurrentes en la resolución de problemas.
2. *Insuficiente articulación entre representaciones.* Se identifica que una de las principales barreras se relaciona con la desconexión entre representaciones algebraicas, gráficas y numéricas. Al no articular estos registros de manera cohesiva, el estudiante tiende a interpretar los límites de forma mecánica, sin comprensión conceptual profunda.
3. *Dificultades en la comprensión de la variación y el comportamiento local de funciones.* El autor subraya que muchos estudiantes presentan problemas para analizar la función en torno a un punto, lo

que repercute en su habilidad para interpretar la tendencia, el acercamiento y la proximidad, aspectos esenciales del razonamiento en límites.

Estos resultados se alinean con estudios internacionales, como los de Artigue (Artigue, 1988, 2014) y Cornu (1991), quienes también sostienen que el límite exige una reestructuración cognitiva que no emerge de manera espontánea. La consolidación del concepto requiere experiencias de aprendizaje que permitan al estudiante confrontar sus intuiciones, analizar cambios locales en la función y comprender gradualmente la formalización epsilon-delta.

Transición cognitiva hacia la formalización del límite.

El tránsito de interpretaciones intuitivas hacia la comprensión formal del límite implica una reorganización cognitiva profunda. Tall (1991) describe este tránsito como un cambio desde el pensamiento basado en acciones y percepciones hacia estructuras conceptuales más abstractas. En esta línea, Cornu (1991) sostiene que el límite no puede comprenderse únicamente a partir de intuiciones visuales, pues estas conducen con frecuencia a concepciones erróneas como la idea de "alcanzar el valor" o la interpretación del límite como sustitución directa.

La literatura especializada identifica tres aspectos críticos en esta transición:

1. *Comprensión de la aproximación sin alcanzabilidad.* La noción de que un valor puede aproximarse indefinidamente sin necesariamente ser alcanzado desafía la intuición cotidiana. Este punto ha sido ampliamente discutido por Sierpínska (1985), quien señala que los estudiantes suelen confundir el comportamiento aproximado de la función con su valor exacto.
2. *Construcción del razonamiento local.* Para interpretar un límite, es necesario analizar la función en un vecindario, no en un punto aislado. Rojas-Sandoval et al. (2021) indican que esta perspectiva local es una de las principales barreras conceptuales, pues los estudiantes tienden a enfocarse en el valor puntual y no en la tendencia.

3. *Comprensión de la formalización epsilon-delta.* Aunque la definición formal no suele enseñarse en niveles básicos, su lógica subyacente —el control simultáneo de la proximidad en el dominio y en el codominio— es esencial para el pensamiento riguroso en cálculo (Artigue, 2014).

Enfoques didácticos contemporáneos para el aprendizaje del límite.

Los enfoques didácticos actuales enfatizan el uso de múltiples representaciones para promover la comprensión profunda del límite. Según Duval (2006), la coordinación entre registros —numérico, gráfico, verbal y algebraico— es indispensable para consolidar el significado del concepto. La investigación de Rojas Maldonado (2016) confirma que la falta de articulación entre estos registros genera dificultades persistentes y promueve un aprendizaje mecanizado.

Asimismo, el enfoque de variación y covariación propuesto por Thompson (1994) se ha consolidado como una alternativa valiosa para promover razonamientos funcionales que conduzcan a una comprensión más intuitiva y estructurada del límite. Este enfoque permite al estudiante visualizar cómo cambios pequeños en el dominio se reflejan en cambios controlados en el rango, lo cual constituye la base conceptual de la noción de límite.

Inteligencia artificial y apoyo conceptual: una oportunidad didáctica.

La integración de IA en el aprendizaje del límite puede potenciar estos enfoques contemporáneos. Los sistemas inteligentes permiten:

1. Representaciones dinámicas que facilitan la visualización de tendencias.
2. Retroalimentación inmediata y personalizada.
3. Ejercicios adaptativos basados en las respuestas del estudiante.
4. Simulaciones interactivas que promueven el razonamiento local.

Rojas Maldonado (2016) destaca que estas herramientas no sustituyen el aprendizaje conceptual, pero sí pueden actuar como mediadores cognitivos que ayudan al estudiante a enfrentar sus concepciones previas

y reorganizar su comprensión. Esto es consistente con investigaciones internacionales que muestran que la IA educativa puede mejorar tanto el rendimiento como la satisfacción del estudiante (Holmes et al., 2019; Luckin et al., 2016).

Tecnologías digitales e IA como apoyo al aprendizaje del límite.

En este marco, las herramientas digitales, incluidas las basadas en IA, representan oportunidades significativas para superar las dificultades mencionadas. Como lo sugiere Rojas Maldonado (2020), los entornos interactivos que permiten manipular funciones, visualizar aproximaciones dinámicas y recibir retroalimentación inmediata facilitan la transición desde una comprensión intuitiva hacia un entendimiento más formal. La IA, en particular, puede generar explicaciones personalizadas, ejercicios adaptativos y representaciones múltiples que favorecen la integración conceptual.

Estudios recientes muestran que los estudiantes que utilizan sistemas de IA educativa reportan mejoras en su percepción de autoeficacia y en la comprensión de conceptos abstractos (Bognár et al., 2024; Ludwig, 2024; Sahara et al., 2024; Wu et al., 2025). En el caso del límite, estas herramientas pueden ayudar a visualizar cómo una función “se acerca” a un valor, explorar comportamientos divergentes y reforzar la noción de tendencia a través de simulaciones adaptativas.

En síntesis, el aprendizaje del concepto de límite demanda estrategias pedagógicas intencionadas que apoyen la transición del razonamiento intuitivo al formal. Las aportaciones complementan este panorama al resaltar la necesidad de intervenciones didácticas fundamentadas, capaces de atender las dificultades cognitivas del estudiantado, y al mismo tiempo, aprovechar el potencial de la IA para fortalecer la comprensión conceptual.

Integración de ambos constructos.

Considerando lo anterior, la satisfacción y la actitud hacia el aprendizaje del concepto de límite conforman dos dimensiones que permiten evaluar de manera integral el impacto de intervenciones didácticas

apoyadas en IA. La literatura señala que cuando los estudiantes perciben que una herramienta tecnológica mejora su comprensión, incrementa su motivación y facilita su aprendizaje, reportan mayores niveles de satisfacción y actitud positiva hacia el contenido (Abbad, 2021; Davis, 1989; García de Blanes Sebastián et al., 2025). Evaluar estas percepciones permite tomar decisiones educativas fundamentadas y alinear las estrategias de enseñanza con las necesidades actuales del estudiantado.

Metodología.

Enfoque del estudio.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal, orientado a analizar la satisfacción general y la actitud hacia el aprendizaje del concepto de límite en estudiantes que participaron en una intervención didáctica que incorporó herramientas de IA. Este enfoque permitió obtener una caracterización precisa de las percepciones estudiantiles en un momento específico posterior a la experiencia de aprendizaje.

Participantes.

La muestra estuvo conformada por 22 estudiantes de nivel medio superior, quienes participaron de manera voluntaria y anónima en la aplicación del instrumento. La selección fue de tipo no probabilística por conveniencia, debido al acceso directo a la población escolar involucrada en la intervención. No se recopilaron datos personales sensibles, garantizando la confidencialidad total de las respuestas.

Instrumento.

Se utilizó el Instrumento para la evaluación de la satisfacción del aprendizaje: diseño, validación y análisis psicométrico de una escala likert (Rojas Maldonado & Toscano Galeana, 2025), compuesta por dos secciones Likert de 5 puntos y una sección abierta. Cada ítem se respondió mediante una escala Likert de 5 puntos (1 = Totalmente en desacuerdo; 5 = Totalmente de acuerdo). El instrumento proviene de un proceso previo de diseño y validación psicométrica, que incluyó juicio de expertos, análisis de validez de

contenido, prueba piloto y análisis de fiabilidad mediante alfa de Cronbach con una excelente consistencia interna, con correlaciones de magnitud moderada a fuerte en cada una de las dos secciones y con un análisis factorial exploratorio (AFE), revelando que un único factor subyacente explica la mayor parte de la varianza en las respuestas de ambas secciones (89.5% para la Escala 1 y 87.3% para la Escala 2).

Encuesta de Satisfacción General y Actitud hacia el aprendizaje.

Sección 1: Satisfacción General	
S1.1	Estoy satisfecho(a) con el método de enseñanza utilizado durante la intervención.
S1.2	La experiencia de aprendizaje fue agradable.
S1.3	Me sentí motivado(a) a participar activamente durante las sesiones de aprendizaje.
S1.4	Las herramientas (incluyendo IA o métodos tradicionales) utilizadas me ayudaron a entender el concepto de límite.
S1.5	La duración de las sesiones de aprendizaje fue adecuada.
S1.6	Recomendaría este enfoque de enseñanza a otros estudiantes.

Sección 2: Actitud hacia el Aprendizaje	
S2.1	Me sentí seguro(a) al aprender el concepto de límite con este método.
S2.2	Creo que mejoré mi comprensión del concepto de límite con este método.
S2.3	Siento que puedo aplicar lo que he aprendido sobre el límite en problemas de cálculo.
S2.4	Me gustaría seguir usando herramientas de IA (o métodos tradicionales) para aprender otros temas de matemáticas.
S2.5	Considero que el aprendizaje del concepto de límite es importante para mis estudios.
S2.6	Estoy motivado(a) para aprender más sobre el concepto de límite en el futuro.

Sección 3: Comentarios Adicionales (Opcional).

Por favor, agrega cualquier comentario adicional sobre tu experiencia de aprendizaje:

Procedimiento de aplicación.

La encuesta se administró en formato digital mediante Google Forms al finalizar la intervención didáctica sobre el concepto de límite incorporando IA en el ciclo 2025/2025 en la Licenciatura en Biotecnología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Antes de responder, los estudiantes revisaron un apartado de consentimiento informado, donde se explicó el propósito de la investigación, la voluntariedad de la participación y el manejo confidencial de los datos.

La aplicación tomó aproximadamente 10 minutos y se realizó en un entorno controlado durante el horario escolar.

Análisis de datos.

Los datos fueron procesados en software estadístico de análisis descriptivo PSPP. Se realizó una revisión de frecuencias, porcentajes y tendencias de respuesta para cada uno de los ítems; asimismo, los comentarios cualitativos incluidos en la Sección 3 del instrumento se analizaron mediante codificación inicial, identificando patrones temáticos relacionados con la experiencia de aprendizaje, la utilidad de las herramientas de IA y las percepciones sobre la enseñanza del cálculo diferencial.

Los análisis se realizaron con fines descriptivos, atendiendo al objetivo del estudio y alineándose al enfoque metodológico planteado.

El presente se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal, cuyo objetivo fue analizar los niveles de satisfacción general y la actitud hacia el aprendizaje del concepto de límite en estudiantes expuestos a una intervención didáctica mediada por herramientas de IA.

Resultados.

La presente sección describe los hallazgos obtenidos a partir de las 22 respuestas recopiladas mediante la *Encuesta de Satisfacción General y Actitud hacia el Aprendizaje* (Rojas Maldonado & Toscano

Galeana, 2025). Los resultados se organizan según las dos dimensiones del instrumento: Satisfacción General y Actitud hacia el Aprendizaje, complementándose con los comentarios cualitativos obtenidos.

Los resultados de los 12 ítems se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de Respuestas de la Encuesta (n=22).

Ítem	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
S1.1 Satisfecho con el método	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (18.2)	5 (22.7)	13 (59.1)
S1.2 Experiencia agradable	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (18.2)	5 (22.7)	13 (59.1)
S1.3 Motivado a participar	1 (4.5)	0 (0.0)	5 (22.7)	5 (22.7)	11 (50.0)
S1.4 Herramientas ayudaron	0 (0.0)	1 (4.5)	3 (13.6)	7 (31.8)	11 (50.0)
S1.5 Duración adecuada	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (9.1)	8 (36.4)	12 (54.5)
S1.6 Recomendaría enfoque	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (18.2)	5 (22.7)	13 (59.1)
S2.1 Seguro al aprender límites	0 (0.0)	1 (4.5)	7 (31.8)	4 (18.2)	9 (40.9)
S2.2 Mejoré comprensión	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (18.2)	7 (31.8)	11 (50.0)
S2.3 Aplicar límites	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (27.3)	8 (36.4)	8 (36.4)
S2.4 Continuar con IA	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (18.2)	6 (27.3)	12 (54.5)
S2.5 Límites importantes	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (27.3)	16 (72.7)
S2.6 Motivado a aprender más	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (9.1)	6 (27.3)	14 (63.6)

Resultados de la Sección 1: Satisfacción General.

Los estudiantes evaluaron seis aspectos vinculados con su experiencia educativa:

1. Satisfacción con el método de enseñanza: 90.9% en acuerdo o total acuerdo.
2. Experiencia agradable: 90.9% consideró que la experiencia fue positiva.
3. Motivación para participar activamente: 68.2% manifestó sentirse motivado.

4. Utilidad de las herramientas (incluida IA): 81.8% percibió que estas herramientas mejoraron su comprensión.
5. Duración adecuada de las sesiones: 86.4% estuvo satisfecho con el tiempo dedicado.
6. Recomendación del método: 86.4% recomendaría la experiencia a otros.

Resultados de la Sección 2: Actitud hacia el Aprendizaje.

La segunda sección evaluó la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje del concepto de límite:

1. Seguridad en el aprendizaje: 72.7% reportó sentirse seguro al aprender.
2. Mejora en la comprensión: 72.7% percibió mayor claridad conceptual.
3. Aplicabilidad del aprendizaje: 81.9% consideró que podía aplicar lo aprendido.
4. Disposición a seguir usando IA: 81.8% mostró interés en continuar utilizando herramientas de IA.
5. Reconocimiento de la importancia del límite: 90.9% señaló su relevancia académica.
6. Motivación futura: 86.3% expresó disposición para seguir aprendiendo.

Comentarios cualitativos.

A partir de los comentarios de los participantes se identificaron tres categorías:

1. Valoración positiva del método: descripciones como “interesante”, “claro” y “útil”.
2. Necesidad de más práctica: solicitudes de más ejercicios y ejemplos aplicados.
3. Influencia de factores externos: principalmente dificultades de conectividad.

Con el objetivo de enriquecer la interpretación de los datos obtenidos mediante el instrumento de evaluación, se realizaron los siguientes análisis descriptivos:

Promedio por ítem.

Se calcularon los promedios ponderados de cada ítem en la escala Likert (1 a 5). Los valores más altos se observaron en:

1. S2.5 (“Límites importantes”): promedio de 4.73

2. S1.5 (“Duración adecuada”): promedio de 4.45
3. S1.6 (“Recomendaría el enfoque”): promedio de 4.41

El ítem con menor promedio fue S2.1 (“Seguro al aprender límites”), con 4.00, lo que sugiere una oportunidad de refuerzo en la autoconfianza conceptual.

Promedio por dimensión.

1. Satisfacción General (S1.1 a S1.6): 4.35
2. Actitud hacia el Aprendizaje (S2.1 a S2.6): 4.31

Ambas dimensiones muestran niveles altos de aceptación, con diferencias mínimas entre ellas.

Agrupación por nivel de acuerdo.

Se clasificaron las respuestas en tres niveles:

Nivel de acuerdo	Definición	Tendencia
Bajo (1–2)	Rechazo	Muy bajo (<5%) en todos los ítems
Medio (3)	Neutralidad	Presente en 9.1% a 31.8% según ítem
Alto (4–5)	Aceptación	Predominante (>80%) en 10 de 12 ítems

Esto confirma una tendencia general hacia la aceptación positiva de la intervención.

Ítems con mayor y menor consenso.

1. Mayor consenso (menor desviación estándar): S2.5 (“Límites importantes”).
2. Menor consenso (mayor desviación estándar): S1.3 (“Motivado a participar”).

La menor dispersión en S2.5 indica fuerte acuerdo sobre la relevancia académica del concepto de límite.

Índice de recomendación.

El 81.8% de los estudiantes respondió con “4” o “5” en el ítem S1.6 (“Recomendaría el enfoque”), lo que representa un indicador institucional favorable para la replicación del modelo didáctico.

Síntesis general.

Los resultados muestran altos niveles de satisfacción y una actitud favorable hacia el aprendizaje del límite. Los estudiantes perciben que la IA contribuye tanto a su comprensión como a su motivación. Los comentarios cualitativos refuerzan estos hallazgos y sugieren fortalecer la práctica con ejercicios adicionales.

Discusión.

Estos resultados del estudio permiten analizar de manera integral la satisfacción y la actitud hacia el aprendizaje del concepto de límite en un contexto educativo mediado por IA. En general, los hallazgos revelan percepciones altamente favorables por parte del estudiantado, lo que coincide con la literatura que señala el impacto positivo de las innovaciones tecnológicas en la motivación y en la experiencia educativa (Liang, 2016; Office of Communications, 2024; Torres-Peña et al., 2024).

Satisfacción general con la intervención educativa.

Los altos niveles de satisfacción observados en la Sección 1 sostienen la idea de que el acompañamiento mediante IA puede mejorar la percepción del proceso de aprendizaje. La gran mayoría de los estudiantes valoró positivamente el método de enseñanza y la experiencia global, lo que sugiere que la inclusión de recursos dinámicos y retroalimentación inmediata favorece un clima de aprendizaje más accesible y estimulante. Estos resultados coinciden con la postura de Richardson et al. (2007), quienes indican que la satisfacción es un predictor clave del compromiso académico.

El hecho de que más del 80% de los estudiantes recomendaría la metodología utilizada respalda la pertinencia de su implementación en otros grupos y cursos, especialmente en contenidos matemáticos que suelen generar ansiedad o resistencia.

Actitud hacia el aprendizaje del límite.

Los hallazgos de la Sección 2 evidencian una actitud positiva hacia el aprendizaje del concepto de límite. La mayoría de los estudiantes manifestó sentirse más seguro con su comprensión y capaz de aplicar los conceptos aprendidos. Esto es coherente con investigaciones previas que afirman que el uso de herramientas tecnológicas puede fortalecer la autoeficacia y la claridad conceptual (Carneiro et al., 2018; Ferreira et al., 2024; García-Peña et al., 2020).

El reconocimiento de la importancia del límite y la motivación futura para continuar aprendiendo representan indicadores fundamentales, pues el aprendizaje del cálculo depende en gran medida de la disposición del estudiante para enfrentar contenidos que requieren pensamiento formal avanzado.

Conexión con las dificultades históricas del concepto de límite.

Al contrastar estos resultados con los estudios de Rojas Maldonado (2018), se observa que muchos de los obstáculos conceptuales documentados tradicionalmente —como la falta de articulación entre representaciones y la comprensión intuitiva basada en la idea de “alcanzar”— pueden ser mitigados mediante experiencias mediadas por IA.

Si bien este estudio no evaluó directamente la mejora conceptual, la percepción positiva del estudiantado respecto a su comprensión sugiere que las herramientas interactivas pueden apoyar la transición desde el pensamiento intuitivo hacia estructuras más formales, tal como plantean (Tall, 1995).

Aportes del análisis cualitativo.

Los comentarios abiertos refuerzan los resultados cuantitativos, destacando aspectos como: la claridad y accesibilidad del método, la utilidad de la IA para comprender temas complejos, la importancia del acompañamiento docente, y la necesidad de incrementar la práctica.

Consideraciones finales de la discusión.

En conjunto, la discusión permite afirmar que la intervención didáctica mediada por IA tuvo un impacto positivo en la percepción del aprendizaje del límite. El alto nivel de satisfacción, junto con una actitud favorable hacia la comprensión y el uso de herramientas tecnológicas, respalda el valor de integrar IA en la enseñanza de contenidos abstractos; sin embargo, los comentarios de los estudiantes también destacan la importancia de equilibrar el uso de IA con actividades prácticas suficientes, reforzando la necesidad de una planificación pedagógica que combine tecnología, razonamiento matemático y experiencias de aprendizaje significativas.

CONCLUSIONES.

Los hallazgos del presente estudio se vinculan directamente con los retos educativos del siglo XXI, particularmente la necesidad de integrar tecnologías emergentes que favorezcan la comprensión de conceptos matemáticos abstractos como el límite.

El presente estudio tuvo como propósito analizar los niveles de satisfacción y la actitud hacia el aprendizaje del concepto de límite en estudiantes de nivel medio superior que participaron en una intervención didáctica apoyada por herramientas de IA, donde los resultados obtenidos permiten concluir que la integración de IA en la enseñanza del cálculo diferencial puede generar percepciones altamente favorables, tanto en términos de la experiencia educativa como del interés y motivación hacia los contenidos matemáticos.

En primer lugar, los datos evidenciaron altos niveles de satisfacción general, destacándose la utilidad percibida de las herramientas tecnológicas, la claridad de la metodología y la disposición de los estudiantes para recomendar este enfoque. Este hallazgo reafirma el papel de la satisfacción como un indicador clave en la aceptación de innovaciones pedagógicas y coincide con estudios previos que subrayan la relación entre satisfacción, motivación y persistencia académica.

En segundo lugar, la actitud hacia el aprendizaje del límite mostró tendencias claramente positivas, pues la mayoría de los estudiantes expresó sentirse más seguro al trabajar con el concepto, percibió mejoras en su comprensión, y manifestó intención de continuar utilizando herramientas tecnológicas en su proceso formativo. Estas actitudes son especialmente relevantes, considerando las dificultades históricas asociadas al aprendizaje del límite, documentadas en la literatura especializada.

Los comentarios cualitativos confirmaron que la intervención fue valorada como una experiencia clara, práctica y enriquecedora; no obstante, también se identificó la necesidad de incorporar mayor cantidad de ejercicios y ejemplos aplicados a pesar de contar con libertad para formular sus propios planteamientos, los estudiantes mostraron una tendencia a depender de las instrucciones del docente, lo que sugiere una limitada iniciativa para cuestionar o indagar de manera autónoma. Esta observación apunta a la importancia de fomentar estrategias que promuevan el pensamiento crítico y la autorregulación en el aprendizaje matemático.

En conjunto, los hallazgos de este estudio indican que la IA constituye un recurso valioso para acompañar el aprendizaje de nociones matemáticas abstractas, siempre que su uso se integre de manera intencional y pedagógicamente fundamentada. La intervención no solo fue bien recibida, sino que también parece contribuir a la transición desde concepciones intuitivas hacia comprensiones más formales del límite.

Finalmente, se sugiere que investigaciones futuras profundicen en el impacto conceptual y no solo perceptivo de la IA en el aprendizaje matemático, incorporando diseños experimentales, análisis inferenciales y evaluaciones longitudinales que permitan comprender su incidencia en el desarrollo del

pensamiento matemático avanzado. Es de reconocer, que mientras se redacta este trabajo, se encuentra en el proceso de revisión y publicación la investigación referente al impacto en el aprendizaje de IA en la enseñanza de límites, que es parte de este trabajo holístico; sin embargo hasta el momento, en el trabajo de intervención que se realizó con estos mismos estudiantes, no se ha observado un beneficio significativo en el aprendizaje de límites con intervención de la IA en un estudio quasi-experimental (Rojas Maldonado, 2025a).

Recomendaciones para futuras investigaciones.

A partir de los hallazgos obtenidos, se sugieren las siguientes líneas de trabajo para profundizar en el impacto de la IA en el aprendizaje del concepto de límite:

Ampliación de la muestra y diversidad de contextos. Replicar el estudio con poblaciones más amplias y heterogéneas, incluyendo distintos niveles educativos y programas académicos, para fortalecer la validez externa de los resultados.

Diseños experimentales y análisis inferenciales. Implementar metodologías cuasi-experimentales o experimentales que permitan establecer relaciones causales entre el uso de IA y la mejora en la comprensión conceptual del límite, complementando los análisis descriptivos con pruebas estadísticas inferenciales.

Evaluación longitudinal del impacto conceptual. Realizar seguimientos a mediano y largo plazo para identificar cómo evoluciona la comprensión del límite y otros conceptos del cálculo diferencial cuando se integran herramientas de IA en el proceso formativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Abbad, M. M. M. (2021). Using the UTAUT model to understand students' usage of e-learning systems in developing countries. *Education and Information Technologies*, 26(6), 7205–7224. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10573-5>

2. Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9(3), 281–308.
3. Artigue, M. (2014). Didactic Engineering in Mathematics Education. En *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 159–162). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_44
4. Bognár, L., Ágoston, G., Bacsa-Bán, A., Fauszt, T., Gubán, G., Joós, A., Juhász, L. Z., Kocsó, E., Kovács, E., Maczó, E., Kollár, A. I. M., & Strauber, G. (2024). Re-Evaluating Components of Classical Educational Theories in AI-Enhanced Learning: An Empirical Study on Student Engagement. *Education Sciences* 2024, Vol. 14, 14(9). <https://doi.org/10.3390/EDUCSCI14090974>
5. Carneiro, T., Da Nobrega, R. V. M., Nepomuceno, T., Bian, G. Bin, De Albuquerque, V. H. C., & Filho, P. P. R. (2018). Performance Analysis of Google Colaboratory as a Tool for Accelerating Deep Learning Applications. *IEEE Access*, 6, 61677–61685. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2874767>
6. Cornu, B. (1991). Limits. En D. Tall (Ed.), *Advanced Mathematical Thinking* (pp. 153–166). Kluwer.
7. Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
8. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>
9. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

10. Duval, R. (2006). A Cognitive Analysis of Problems of Comprehension in a Learning of Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 103–131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>
11. Ferreira, R., Canesche, M., Jamieson, P., Neto, O. P. V., & Nacif, J. A. M. (2024). Examples and tutorials on using Google Colab and Gradio to create online interactive student-learning modules. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(4). <https://doi.org/10.1002/CAE.22729>
12. García de Blanes Sebastián, M., Sarmiento Guede, J. R., Azuara Grande, A., & Filipe, A. F. (2025). UTAUT-2 predictors and satisfaction: implications for mobile-learning adoption among university students. *Education and Information Technologies*, 30(3), 3201–3237. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12927-1>
13. García-Peña, V. R., Mora-Marcillo, A. B., & Ávila-Ramirez, J. A. (2020). Artificial intelligence in education. *Dominio de las ciencias*, 6(3). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8231632>
14. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education*. Center for Curriculum Redesign.
15. Kuo, Y.-C., Walker, A. E., Schroder, K. E. E., & Belland, B. R. (2014). Interaction, Internet self-efficacy, and self-regulated learning as predictors of student satisfaction in online education courses. *The Internet and Higher Education*, 20, 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2013.10.001>
16. Liang, S. (2016). Teaching the Concept of Limit by Using Conceptual Conflict Strategy and Desmos Graphing Calculator. *International Journal of Research in Education and Science*, 2(1), 35.
17. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson.
18. Ludwig, L. (2024, julio 9). Lessons learned from a semester exploring AI. *Mathematical Association of America*. <https://maa.org/math-values/lessons-learned-from-a-semester-exploring-ai/>

19. Ma, X., & Kishor, N. (1997). Assessing the Relationship between Attitude toward Mathematics and Achievement in Mathematics: A Meta-Analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(1), 26. <https://doi.org/10.2307/749662>
20. Office of Communications, C. of E. (2024, octubre 24). AI in Schools: Pros and Cons. University of Illinois. <https://education.illinois.edu/about/news-events/news/article/2024/10/24/ai-in-schools--pros-and-cons>
21. Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33–40. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33>
22. Richardson, J. T. E., Slater, J. B., & Wilson, J. (2007). The National Student Survey: development, findings and implications. *Studies in Higher Education*, 32(5), 557–580. <https://doi.org/10.1080/03075070701573757>
23. Rojas Maldonado, E. R. (2015). El método de fermat para la enseñanza de limites. Un widget en mathematica. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 2(3), 1–17. <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/525/563>
24. Rojas Maldonado, E. R. (2016). Resultados de la aplicación de secuencias didácticas para la comprensión del concepto del límite en el bachillerato Nicolaíta. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 6(12), 431. <https://doi.org/10.23913/ride.v6i12.227>
25. Rojas Maldonado, E. R. (2018). Mathematization: A teaching strategy to improve the learning of Calculus / Matematización: una estrategia de enseñanza para mejorar el aprendizaje del cálculo. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 9(17). <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.381>

26. Rojas Maldonado, E. R. (2020). Understanding Fundamental Concepts of Calculus Through Desmos. An Intervention. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(20), 1–15. <https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.672>
27. Rojas Maldonado, E. R. (2025a). Informe estadístico de la intervención en Límites con IA. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27675.32806>
28. Rojas Maldonado, E. R. (2025b). Personalización del Aprendizaje del Concepto de Límite mediante Redes Neuronales y Visualización Interactiva en Google Colab. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, XII(3), 1–18. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v12i3.4600>
29. Rojas Maldonado, E. R., & Toscano Galeana, J. (2025). Instrumento para la evaluación de la satisfacción del aprendizaje: diseño, validación y análisis psicométrico de una escala likert. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.*, 13(1). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v13i1.4743>
30. Rojas-Sandoval, Y., Padilla Escorcía, I., Consuegra Pacheco, S. D., Trujillo Quiroz, A., Ortega Tovar, T., Rivera Marengo, L. Y., & Rocha-Fontalvo, Y. (2021). Obstáculos epistemológicos y cognitivos en el aprendizaje del cálculo diferencial: Una mirada sobre los casos de límites especiales. *Revista Boletín Redipe*, 10(6), 229–244. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i6.1321>
31. Sahara, S., Turmudi, T., Hendriyanto, A., Muhaimin, L. H., & Mustofa, B. (2024). Interactive-visualized Tools as Means to Support Learning Calculus with Infinitesimals: A Study of the Learning Trajectory. *AIP Conference Proceedings*, 3220(1). <https://doi.org/10.1063/5.0234975>
32. Schunk, D. H. (2012). *Learning Theories: An Educational Perspective*. Pearson.
33. Sierpinska, A. (1985). Obstacles epistemologiques relatifs à la notion de limite. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 6(1), 5–67.

34. Sitzmann, T., Ely, K., Brown, K., & Bauer, K. (2010). Self-regulation theory and learning in the workplace: Long-term effects of a computer-based training intervention. *Personnel Psychology*, 63(2), 267–298.
35. Tall, D. (1991). *Advanced Mathematical Thinking*. En D. Tall (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/0-306-47203-1>
36. Tall, D. (1995). Cognitive growth in elementary and advanced mathematical thinking. *PME conference*, 1(July), 1–61.
37. Thompson, P. W. (1994). Images of rate and operational understanding of the fundamental theorem of calculus. *Educational Studies in Mathematics*, 26(2–3), 229–274. <https://doi.org/10.1007/BF01273664>
38. Torres-Peña, R. C., Peña-González, D., Chacuto-López, E., Ariza, E. A., & Vergara, D. (2024). Updating Calculus Teaching with AI: A Classroom Experience. *Education Sciences 2024*, Vol. 14, 14(9). <https://doi.org/10.3390/EDUCSCI14091019>
39. Wu, J., Zhang, Y., & Liu, Y. (2025). Research on the application of AI in the project-based teaching design of calculus. *Advances in Vocational and Technical Education*, 7(2). <https://doi.org/10.23977/avte.2025.070218>

DATOS DEL AUTOR.

1. **Erick Radaí Rojas Maldonado.** Doctor en Educación. Profesor e Investigador de Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. Correo electrónico: radai.rojas@umich.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2521-5107>

RECIBIDO: 7 de enero del 2026.

APROBADO: 3 de febrero del 2026.