



ARTÍCULO ESPECIAL

Inteligencia Artificial Generativa y su impacto en la Educación Matemática del siglo XXI

Generative Artificial Intelligence and Its Impact on 21st Century Mathematics Education

Marcel David POCHULU ^{a✉}

^a Universidad Nacional de Villa María
 Villa María, Provincia de Córdoba, República Argentina

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del Artículo:

Recibido: 01 01 2025
 Aceptado: 01 04 2025

Palabras claves:

Aprendizaje interdisciplinario.
 Aplicaciones matemáticas.
 Diseño de problemas.
 Educación Matemática.
 Inteligencia Artificial Generativa.
 Reformulación de problemas.

Key words:

Interdisciplinary Learning.
 Mathematical applications.
 Problem Design.
 Mathematics Education.
 Generative Artificial Intelligence.
 Problem Reformulation.

RESUMEN

Este artículo examina el impacto que podría tener la Inteligencia Artificial Generativa en la Educación Matemática del siglo XXI, con un énfasis particular en la innovación del diseño y la reformulación de consignas para promover el aprendizaje interdisciplinario. Se analiza cómo esta tecnología ofrece nuevas posibilidades para la creación y adaptación de problemas matemáticos, brindando mayor flexibilidad y creatividad para atender las necesidades específicas de los estudiantes.

Además, se explora cómo la Inteligencia Artificial Generativa facilita la integración de proyectos interdisciplinarios, fomentando la colaboración entre diferentes áreas del conocimiento y proporcionando una comprensión más profunda de las aplicaciones matemáticas en campos como la física, la economía, la biología, la ingeniería, entre otras. Esta integración enriquece la experiencia educativa y prepara a los estudiantes para enfrentar problemas reales de manera más efectiva y creativa. Desde una perspectiva pedagógica, se destaca cómo esta tecnología puede asistir a los educadores en la identificación y enseñanza de aplicaciones actuales y relevantes de las matemáticas dentro de contextos interdisciplinarios, ofreciendo ejemplos y casos de estudio que aumentan la relevancia y el interés de los estudiantes. A lo largo del artículo, se muestra, además, cómo la Inteligencia Artificial Generativa se convierte en una herramienta valiosa para empoderar a los estudiantes y facilitar un aprendizaje significativo y duradero en un entorno cada vez más tecnológico y globalizado.

ABSTRACT

This article examines the potential impact of Generative Artificial Intelligence on 21st-century Mathematics Education, with a particular emphasis on the innovation in the design and reformulation of problem prompts to promote interdisciplinary learning. The analysis explores how this technology offers new possibilities for creating and adapting mathematical problems, providing greater flexibility and creativity to meet the specific needs of students.

Furthermore, it explores how Generative Artificial Intelligence facilitates the integration of interdisciplinary projects, fostering collaboration between different areas of knowledge and providing a deeper understanding of mathematical applications in fields such as physics, economics, biology, engineering, among others. This integration enriches the educational experience and prepares students to tackle real-world problems more effectively and creatively.

From a pedagogical perspective, the article highlights how this technology can assist educators in identifying and teaching current and relevant applications of mathematics within interdisciplinary contexts, offering examples and case studies that enhance student engagement and interest. Throughout the article, it also demonstrates how Generative Artificial Intelligence becomes a valuable tool for empowering students and facilitating meaningful and lasting learning in an increasingly technological and globalized environment.

✉ Autor para correspondencia

Correo electrónico: mpochulu@unvm.edu.ar

<https://doi.org/10.63706/jsibemir.v1i1.10>

e-ISSN: 3087-2367/© 2025 JS

Este es un artículo Open Access bajo licencia BY-NC-ND
 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LA IAG PARA LA CLASE DE MATEMÁTICAS

La implementación de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en el diseño y reformulación de consignas de problemas se alinea con las tendencias contemporáneas en la Educación Matemática. Dentro de estas tendencias, se abordan aspectos señalados por los diseños curriculares y los diferentes enfoques teóricos que promueven la integración de las matemáticas con contextos cotidianos y relacionados con otras ciencias. Para tal fin, se presentan y fundamentan 4 diseños y reformulación de consignas haciendo uso de la IAG en un doble rol. Por un lado, para que el profesor consolide sus conocimientos de Educación Matemática y, por el otro, que pueda enseñar a sus alumnos a utilizar la IAG como una herramienta tutorial. En este sentido, no se trata simplemente de que el estudiante pida a la IAG que resuelva el problema, sino de enseñarles a utilizar la misma para que se convierta en un tutor que le ayude a aprender significativamente matemáticas.

No obstante, podemos analizar y anticipar el rol de los profesores de matemáticas en los próximos años, considerando la diversidad generacional entre ellos y su pertenencia a distintas generaciones. Tenemos los de la *Generación X*, quienes crecieron en una época marcada por la aparición de la computadora, los videojuegos, el fax, el teléfono, los *cassettes*, los discos de vinilo y los biblioratos. Por otro lado, los *Millennials* que se desarrollaron con la aparición de YouTube, los teléfonos celulares y las redes sociales. La *Generación Z*, más cercana a nuestros estudiantes actuales, crecieron manejando dispositivos modernos y plataformas Instagram y WhatsApp, el uso de emoticones, entre otros. No obstante, todos estos profesores deben formar a estudiantes de la *Generación Alfa* (figura 1) nacidos a partir de 2010, quienes son nativos digitales inmersos en un entorno altamente tecnológico desde una edad temprana, lo que les confiere una alta competencia en el uso de dispositivos como tabletas y smartphones. Su capacidad para realizar múltiples tareas simultáneamente y su preferencia por métodos de aprendizaje interactivos, como aplicaciones educativas y realidad aumentada, reflejan su adaptación al mundo digital. Sin embargo, esta exposición constante a tecnología también se traduce en periodos de atención más cortos, lo que requiere estrategias educativas dinámicas y variadas. Además, tienen una fuerte conciencia global, acceso a información internacional y una preferencia por contenido visual y audiovisual, con plataformas como YouTube y TikTok siendo especialmente efectivas. Valoran las experiencias colaborativas, tanto en entornos físicos como virtuales, y tienen altas expectativas de inmediatez debido a la gratificación instantánea proporcionada por la tecnología. Estas características subrayan la necesidad de adaptar los enfoques educativos para alinearse con las expectativas y habilidades de la *Generación Alpha*, utilizando la tecnología de manera eficaz y responsable.



Figura 1: Características generales de la *Generación Alpha*

Por consiguiente, en las clases de matemáticas actuales debemos enfocar no solo el desarrollo de habilidades matemáticas, sino también el desarrollo de habilidades blandas. La evolución tecnológica y las características de las nuevas generaciones hacen imprescindible continuar utilizando las mismas consignas de trabajo que se empleaban en años anteriores. La IAG cambia el rol del profesor, demandando creatividad en el diseño de actividades que vayan más allá de la mera aplicación de técnicas y rutinas. Este cambio es especialmente desafiante para los profesores, puesto que confronta sus sistemas de creencias y sus métodos de formación tradicionales.

En el pasado, aprender técnicas específicas de matemáticas era crucial, pero en la actualidad, con el acceso a nuevas tecnologías, debemos enfrentar los desafíos del siglo XXI y preparar a los alumnos para nuevas exigencias. Al centrarnos en la IAG, es vital considerar la resolución de problemas en este nuevo entorno. Aquí, la distinción entre problemas y ejercicios es crucial: si un algoritmo conocido resuelve una consigna, no estamos hablando de un problema, sino de un simple ejercicio. Los problemas deben ser de tal naturaleza que la IAG no pueda resolverlos directamente, lo cual impulsa la creatividad e innovación en los docentes y fomenta el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes. Por consiguiente, es esencial que los estudiantes de la generación Alfa desarrollen capacidades como aprender a aprender, trabajar en colaboración, educación en valores, empatía y, especialmente, competencias digitales. Para ello, debemos revisar cómo interactuamos con la IAG en el contexto de la Educación Matemática. Muchos profesores aún son inmigrantes digitales y pueden ofrecer resistencias hacia la tecnología, viéndola como una limitación al pensamiento creativo y libre de los estudiantes. Sin embargo, es fundamental reconocer que la IAG no es una moda pasajera, sino una herramienta que, como la computadora o la calculadora en su momento, se integrará profundamente en nuestras prácticas educativas. Rechazar su uso sería como haber rechazado en su momento el uso de computadoras y calculadoras, lo cual hoy en día sería impensable. Si contamos con conocimientos básicos o una predisposición abierta, nuestra interacción con la IAG puede ser sencilla, similar a buscar información en línea en Internet. Sin embargo, debemos ser críticos y verificar la información proporcionada por la IAG, reconociendo que puede cometer errores, al igual que nuestros colegas humanos cuando les pedimos una opinión sobre cómo desarrollar un determinado contenido de matemáticas.

Por otro lado, si tenemos experiencia en Educación Matemática y adoptamos un enfoque reflexivo y adaptativo, podremos interactuar de manera más efectiva con la IAG. La experiencia no debe ser entendida simplemente como años acumulados en la docencia, sino como un continuo aprendizaje y adaptación a nuevos recursos y metodologías. En este sentido, una integración efectiva de la IAG en la Educación Matemática requiere no solo conocimientos técnicos, sino también una disposición para innovar y evolucionar continuamente en nuestra práctica docente. Una de las claves para mejorar las consignas en la clase de matemáticas es diseñarlas de manera que sean potentes y significativas. Como destacan Philip & Popenici (2023), es necesario ser competentes en la interfaz y comunicación con la IA, desarrollar habilidades de comunicación y colaboración con sistemas de IA, así como la autorreflexión sobre el uso de estas tecnologías, lo cual es esencial para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el entorno digital actual [1]. Para lograr estas competencias, no solo se requiere experiencia, sino también conocimientos sólidos en Educación Matemática, lo cual se enfatizará a lo largo del artículo.

EL DISEÑO EFECTIVO DE PROMPTS EN IAG PARA LA REFORMULACIÓN DE CONSIGNAS DE MATEMÁTICAS

Un aspecto básico e importante es el uso de *prompts* en IAG, es decir, el conjunto de instrucciones que se le da a la IAG para llevar a cabo una tarea. Estos *prompts*, bien elaborados, permiten que la IAG cree conexiones entre los datos de su base de conocimientos y mejore las respuestas e interacciones con el tiempo. Casualmente la ingeniería de *prompts* es la práctica de diseñar y ajustar estos *prompts* para obtener respuestas más precisas y útiles de la IAG. Este campo del saber está evolucionando continua y rápidamente, y aunque la IAG sigue mejorando, actualmente es esencial una interfaz efectiva para que los diseños de las consignas sean relevantes en el ámbito de la Educación Matemática. Para ilustrar este punto, se presenta un ejemplo práctico sobre la estructura y uso de *prompts*, tanto para estudiantes como para profesores. Un *prompt* bien diseñado debería incluir:

- **Identificación y descripción del rol:** Es crucial definir claramente quién es el usuario y cuál es su objetivo. Esto implica detallar el perfil del usuario, su nivel de experiencia y el propósito específico de su interacción con la IAG. Por ejemplo, si el usuario es un profesor de matemáticas, el *prompt* debe especificar qué tipo de asistencia o información se requiere, como el diseño de actividades educativas o la revisión de material didáctico.
- **Contexto de la tarea:** Debe proporcionar detalles específicos sobre la tarea a realizar, incluyendo el entorno en el que se sitúa el problema, los recursos disponibles y cualquier restricción o criterio relevante. Una descripción precisa del contexto ayuda a la IAG a generar respuestas que sean pertinentes y adaptadas a la situación particular del usuario.
- **Adopción de un rol por la IAG:** Indique claramente el rol que debe asumir la IAG durante la interacción. Esto puede incluir actuar como un experto en un área específica, como un tutor en Educación Matemática, o un consultor en otro campo relevante. La especificación del rol guía a la IAG en la formulación de respuestas adecuadas y ajustadas a la función esperada.
- **Especificación clara de necesidades:** Detalle de manera explícita lo que se requiere de la IAG y el propósito de la solicitud. Esto incluye los requisitos específicos de contenido, el formato de la respuesta y los objetivos que se deben alcanzar. Una especificación clara asegura que la IAG pueda proporcionar una respuesta que cumpla con las expectativas y necesidades del usuario.

Consideremos, como ejemplo concreto, la reformulación de una consigna clásica sobre razones y proporciones. En este caso, utilizaremos un problema típico que suele aparecer en los libros de texto de matemáticas, en este caso de Maumary y Ruíz (2016, p. 55) [2].

Problema: Se sabe que 1 [L] de pintura cubre, de manera uniforme, 3 m^2 de cierta superficie.

a) Completa la siguiente tabla que relaciona la superficie a pintar y la cantidad de pintura empleada.

	1		2	4
		0.5		

b) Obtiene los cocientes entre $\frac{\text{Superficie pintada}}{\text{Pintura empleada}}$

Los problemas tradicionales en matemáticas, a menudo caracterizados como determinísticos, han demostrado ser menos adecuados en el contexto actual del siglo XXI. En lugar de limitarse a la aplicación de reglas y procedimientos estándar, es fundamental que los problemas se presenten dentro de contextos reales y auténticos. Esto implica que no deben ofrecer toda la información necesaria para su resolución, sino que incentiven procesos de comunicación y argumentación entre los estudiantes. Para este caso particular, tales procesos deben per-

mitir la conexión con contenidos matemáticos relevantes, como magnitudes y unidades de medida, razones (definición, notación, interpretación), escala, fracciones, porcentajes y proporciones (definición y propiedades). Enfocarse exclusivamente en las técnicas, como la regla de tres simple que está implícita en la consigna, puede llevar a perder de vista la alfabetización matemática que se busca con la actividad.

Para reformular la consigna mediante la interacción con la IAG, es esencial ofrecer un *prompt* de entrada bien estructurado que comunique claramente el contexto y los objetivos específicos de la tarea. Un *prompt* eficaz debe ser detallado y preciso, proporcionando toda la información necesaria para obtener respuestas útiles y relevantes. A continuación, se presenta un ejemplo de cómo formular un *prompt* de este tipo y para esta consigna del problema:

Hola, soy Marcel, profesor de matemáticas en una escuela secundaria, enseñando a estudiantes de segundo año sobre el tema de razones y proporciones. Son estudiantes que están acostumbrados a trabajar con problemas abiertos, tomar decisiones y fundamentar sus ideas. Asimismo, razones y proporciones ya fue abordada en el nivel anterior (primaria) y pretendo profundizar los constructos matemáticos que están detrás de este tema. Tienen acceso a Internet y saben usar software matemático como GeoGebra. Necesito que actúes como un especialista en Educación Matemática para ayudarme a reformular un problema de un libro de texto. El problema original se presenta en un formato tradicional, centrado en reglas y procedimientos. Quiero transformarlo en un problema realista y contextualizado, con preguntas que reflejen situaciones del mundo real, no simplemente enfocadas en realizar cálculos matemáticos. El nuevo problema no debe estar pautado para un único fin ni preguntar directamente por conceptos matemáticos específicos. En su lugar, debe basarse en un contexto que requiera justificar las acciones tomadas, buscar información, y analizar críticamente los datos y supuestos involucrados. Estas modificaciones permitirán a los estudiantes enfrentar problemas más cercanos a la realidad cotidiana, fomentando su interés por las matemáticas y desarrollando su capacidad de pensamiento crítico. Si estás de acuerdo, podemos comenzar.

Tras el primer *prompt*, el diseño del problema generado por la IAG suele ser inadecuado, puesto que no siempre refleja las tendencias actuales en Educación Matemática. Por ejemplo, al afirmar que un litro de pintura cubre uniformemente 3 metros cuadrados, se asume una condición que puede no ajustarse a la realidad, limitando la posibilidad de que el estudiante investigue su rendimiento. Además, factores como la coincidencia entre la superficie y las especificaciones del envase o el método de aplicación no se consideran ni se tienen en cuenta en la resolución propuesta inicialmente. No proporcionar todas las ayudas posibles también es crucial para evitar que el estudiante dependa de instrucciones rígidas, lo que limitaría el desarrollo de su pensamiento crítico. Las consignas excesivamente guiadas pueden reducir la tarea a una mera ejecución de órdenes, en lugar de fomentar la exploración y la reflexión. Hay que tener en cuenta que una reformulación del problema mediante la IAG puede incluir instrucciones como "asegúrate de verificar que la proporción entre la superficie pintada y la cantidad de pintura sea consistente" o "completa una tabla que relacione la superficie a pintar con la cantidad de pintura necesaria", proporcionando hasta la tabla para completar. Al respecto, es preferible que el problema sea más abierto, permitiendo el desarrollo de ideas y los fundamentos matemáticos que los estudiantes pueden proporcionar.

La interacción con la IAG nos revela la importancia de tener conocimientos de Educación Matemática y criterios claros para la formulación de consignas. Si tenemos dudas, podemos consultar sobre las críticas reportadas sobre la enseñanza de razones y proporciones en la escuela secundaria, lo cual puede ayudarnos a

identificar y corregir los problemas en nuestras consignas y modificar nuestro sistema de creencias. Después de varias interacciones, se puede lograr una consigna mejor estructurada, como la que se transcribe a continuación (figura 2).



Figura 2: Reformulación final de la consigna.

Podemos apreciar que el problema es mucho más abierto, tanto que, si se le pide a una inteligencia artificial que lo resuelva, no podrá hacerlo porque no tiene datos concretos. Esto es precisamente lo que nos incomoda a los profesores, que estamos acostumbrados a problemas determinísticos con respuestas únicas, donde todos los datos son proporcionados. Al eliminar los supuestos, dejamos espacio para que los estudiantes piensen críticamente. En el contexto actual, donde buscamos resolver problemas, resulta decisivo fomentar la creatividad e innovación, desarrollar el pensamiento crítico, enseñar a aprender a aprender, trabajar en equipo, educar en valores y empatía, y desarrollar competencias digitales.

CRITERIOS PARA DISEÑAR O REFORMULAR PROBLEMAS DE MATEMÁTICAS CON IAG

Si solicitamos a la IAG un informe sobre las críticas señaladas en investigaciones sobre un contenido matemático específico, nos lo proporcionará de manera competente e incluso podrá identificar los artículos relevantes si se lo pedimos. Sin embargo, cuando se trata de diseñar o reformular una consigna de un problema matemático, tiende a recurrir a fuentes en la red que, en su mayoría, presentan problemas centrados en reglas y procedimientos alejados de la realidad. Estos problemas suelen tener como único fin realizar cálculos, sin conectar con contextos auténticos ni promover un aprendizaje significativo. En estos casos, es indispensable recurrir a los constructos de la Educación Matemática para interactuar.

En particular, consideraremos algunos criterios para enunciar consignas formulados por Barreiro, Leonian, Marino, Pochulu y Rodríguez (2017), adaptándolos para su uso con la IAG [4]. Estos criterios pueden ser incorporados en el *prompt* de entrada al interactuar con la inteligencia artificial para el diseño y la reformulación de consignas de un problema, o bien en interacciones posteriores, si advertimos que la propuesta inicial no es adecuada. El objetivo es integrar conocimientos de Educación Matemática en las interacciones con la tecnología asegurar que las consignas reformuladas o diseñadas sean adecuadas y didácticamente idóneas. En este sentido, proponemos cuatro criterios básicos y para cada uno de ellos, proporcionamos ejemplos de consignas que no cumplen con el mismo, las que fueron extraídas de un libro de texto clásico o sugeridas por la IAG.

Criterio 1. Si el enunciado describe una situación de la vida cotidiana, plantea preguntas relacionadas con ella, evitando cuestionamientos sobre objetos matemáticos que resultan irre-

levantes para el contexto. Particularmente, evita pedir que se hallen fórmulas, se resuelvan ecuaciones, se tracen gráficos, etc. En su lugar, plantea preguntas que requieran usar estos objetos matemáticos en la resolución del problema.

Para este criterio, es fundamental enfocarse en situaciones auténticas de la vida cotidiana, evitando lo que Alsina (2007) denomina "realidades falseadas y manipuladas", que son problemas diseñados únicamente para aplicar una técnica o algoritmo matemático [3]. Alsina critica estos ejercicios porque no preparan adecuadamente a los estudiantes para enfrentar situaciones reales y complejas. En lugar de desarrollar una comprensión profunda y la capacidad de aplicar conceptos matemáticos a problemas genuinos, los estudiantes aprenden a resolver situaciones artificiales que no reflejan la complejidad del mundo real. Incluso, esto puede limitar su capacidad para pensar críticamente y utilizar las matemáticas de manera efectiva fuera del entorno académico [3].

Ejemplos clásicos de problemas artificiales en la enseñanza de las matemáticas incluyen situaciones como calcular la cantidad restante de un líquido después de consumir fracciones específicas en diferentes días, o determinar cuándo coinciden los saltos de dos animales, como una langosta y un conejo, con longitudes de salto distintas. Aunque estos problemas son matemáticamente válidos, rara vez se presentan en la vida real y, por tanto, pueden parecer irrelevantes para los estudiantes. Consideremos, por ejemplo, el siguiente enunciado para una actividad, obtenido de Swokowski y Cole (2009, p. 92) [5].

Velocidad de un gas. Cuando un gas caliente sale de una chimenea cilíndrica, su velocidad varía en toda una sección circular de la chimenea, con el gas cerca del centro de la sección transversal teniendo una mayor velocidad que el gas cerca del perímetro. Este fenómeno puede ser descrito por la fórmula:

$$V = V_{\text{máx}} \left[1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right],$$

donde $V_{\text{máx}}$ es la velocidad máxima del gas, r_0 es el radio de la chimenea y V es la velocidad del gas a una distancia r del centro de la sección transversal circular. De esta fórmula, despeje r .

Si bien la consigna describe una situación real sobre la velocidad de un gas en una chimenea cilíndrica, pedir que se despeje una incógnita de una fórmula puede resultar irrelevante para los estudiantes sin un contexto adecuado. En su lugar, es necesario analizar si tiene sentido utilizar esta fórmula para determinar la distancia del centro de la sección transversal de la chimenea, considerando que la misma cumple ciertas condiciones de velocidad del gas.

Si se le pide a la IAG que diseñe un problema para abordar la temática de funciones de la teoría económica, para la carrera de Contador Público, nos propone la siguiente consigna:

Una pequeña empresa dedicada a la fabricación de camisetas personalizadas quiere analizar sus costos y beneficios para proyectar sus ganancias futuras. Saben que el costo fijo mensual (alquiler del local, salarios, etc.) es de \$500 y el costo variable por cada camiseta producida es de \$10. Venden cada camiseta a \$20.

1. Función de Costo Total: Escribe la función lineal que represente el costo total $C(x)$ de producir x camisetas en un mes.

2. Función de Ingreso Total: Escribe la función lineal que represente el ingreso total $I(x)$ por la venta de x camisetas en un mes.

3. Punto de Equilibrio: Determina el número de camisetas que la empresa debe vender para alcanzar el punto de equilibrio (es decir, donde el ingreso total iguala al costo total).

4. Función de Beneficio Total: Escribe la función lineal que represente el beneficio total $B(x)$ de la empresa en función del número de camisetas vendidas.

5. Proyección de Beneficios: Si la empresa proyecta vender 150 camisetas en un mes, calcula el beneficio total.

6. Gráfica: Grafica las funciones de costo total, ingreso total y beneficio total en el mismo plano cartesiano e identifica el punto de equilibrio en la gráfica.

El enunciado del problema presentado, a pesar de situar a los estudiantes en un contexto realista de una pequeña empresa de fabricación de camisetas, no cumple con el criterio propuesto de evitar cuestionamientos sobre objetos matemáticos que resultan irrelevantes para el contexto. La actividad se enfoca excesivamente en la obtención de fórmulas, la resolución de ecuaciones y la elaboración de gráficos, lo que convierte la tarea en un ejercicio matemático tradicional más que en una exploración contextualizada de conceptos. Preguntas como escribir las funciones de costo, ingreso y beneficio se centran en procedimientos algorítmicos y no promueven la aplicación de estos conceptos en contextos significativos. Además, la solicitud de graficar las mismas y de identificar el punto de equilibrio mediante gráficos sigue siendo una actividad puramente matemática y rutinaria. En lugar de promover el pensamiento crítico y la aplicación de conceptos matemáticos a problemas auténticos, el problema guía a los estudiantes a través de una serie de pasos técnicos, lo que puede limitar su capacidad para enfrentar situaciones reales y complejas. Un enfoque más adecuado sería plantear preguntas que requieran el uso de estos conceptos matemáticos en contextos más significativos y auténticos, como calcular costos y beneficios para diferentes niveles de producción o explorar estrategias para aumentar los beneficios, lo que fomentaría una comprensión más profunda y relevante de las matemáticas aplicadas.

Criterio 2. No proporciones ayudas, aclaraciones o más información de la necesaria para resolver la actividad, para que no se limiten las estrategias que se ponen en juego en la resolución del problema.

Muchas consignas de matemáticas no cumplen con este criterio. Un ejemplo ilustrativo es el siguiente enunciado extraído de Haeussler y Paul (2003, p. 68) [6]:

Inversión. ¿En cuánto tiempo se duplicará una inversión a interés simple con una tasa del 5% anual? [Sugerencia: véase el ejemplo 6(a) de la sec. 1.1 y exprese el 5% como 0.05.]

Este enunciado contraviene el criterio al ofrecer instrucciones y sugerencias que condicionan la resolución. En lugar de fomentar la exploración autónoma y la posibilidad de cometer errores constructivos, el problema dirige excesivamente el proceso de solución, impidiendo que los estudiantes apliquen su propio razonamiento y creatividad en la búsqueda de una respuesta.

Criterio 3. No pautes o secuencias en extremo una actividad para una misma finalidad.

Consideremos el siguiente enunciado de una situación problemática extraída de Budnick (2007, p. 852) [7].

Un club de esquí de una universidad está organizando un viaje a un sitio de esquiar. El precio del viaje es \$100 si 50 o menos personas se inscriben para la excursión. Por cada excursionista después de 50, el precio que se cobra a todos disminuye en \$1. Por ejemplo, si se inscriben 51 personas, cada una pagará \$99. Sea x el número de excursionistas que exceda de 50.

- Determine la función que establezca el precio por persona p en función de x .
- En el inciso a), ¿existe una restricción en el dominio?
- Formule la función $R=h(x)$, que exprese el ingreso total R en función de x .
- ¿Qué valor de x produce el valor máximo de R ?
- ¿Cuántas personas se inscribirán en el viaje?
- ¿Cuál es el valor máximo de R ?
- ¿Qué precio por boleto produce el ingreso máximo?
- ¿Podría el club generar más ingresos aceptando 50 o un número menor de personas?

El enunciado no cumple con el tercer criterio, puesto que en lugar de ofrecer una pregunta abierta que permita a los estudiantes explorar diversas estrategias, presenta múltiples incisos secuenciales que guían paso a paso el proceso de resolución. Esta estructura limita la autonomía del estudiante al imponer un camino específico y restringido, en lugar de fomentar un análisis integral. Un enfoque más abierto, que invite a los estudiantes a analizar, por ejemplo, los ingresos por ventas con fundamentos matemáticos y económicos, promovería una mayor comprensión y desarrollo del pensamiento crítico.

Criterio 4. Solicita siempre la fundamentación o justificación de las respuestas, incluso para aquellas que son rechazadas en la resolución de un problema o actividad.

Argumentar y fundamentar las respuestas en matemáticas es esencial, puesto que trasciende la mera obtención de un resultado numérico. Este proceso implica integrar conceptos, propiedades, técnicas y procedimientos, facilitando una comprensión más profunda y cohesiva de las ideas matemáticas. Al argumentar, se emplean diversas representaciones, como el lenguaje verbal, simbólico y gráfico, para mostrar la interconexión de los conceptos y su aplicación en contextos variados. Este enfoque no solo revela un dominio más completo de los temas, sino que también facilita la identificación y corrección de errores, promueve el pensamiento crítico y mejora la comunicación de ideas de manera clara y precisa. Así, fundamentar las respuestas demuestra una comprensión integral del problema y de las matemáticas en su totalidad, en lugar de limitarse a presentar una solución numérica.

EXPERIENCIAS EN EL DISEÑO Y REFORMULACIÓN DE CONSIGNAS CON IAG

En esta sección, presentamos cuatro experiencias de aula que ilustran el potencial de la IAG en el ámbito educativo. La primera experiencia consiste en una actividad creada íntegramente por la IAG, mientras que las siguientes tres son reformulaciones de tareas preexistentes. Dos de estas reformulaciones se basan en problemas que eran válidos antes de la disponibilidad de la IAG, mientras que la última, es una adaptación de un ejercicio propuesto en un libro de texto clásico. Durante las interacciones con la IAG, se aplicaron los cuatro criterios de interacción descritos anteriormente. Sin embargo, es crucial destacar que el uso efectivo de la IAG no se limita a estos criterios. Es crucial poseer un conocimiento profundo de las líneas y enfoques teóricos, así como de las tendencias actuales en Educación Matemática. Este conocimiento se obtiene mediante la revisión

de investigaciones publicadas en revistas científicas, la participación en congresos, seminarios y otros eventos especializados en Educación Matemática, así como a través de la consulta de documentos curriculares elaborados por organismos educativos, o de tesis de maestría y doctorado, entre otros recursos. Solo con una base sólida en estos aspectos se puede garantizar que las actividades diseñadas o reformuladas con el apoyo de la IAG sean no solo técnicamente correctas, sino también pedagógicamente valiosas.

Vamos con la primera de las experiencias, una propuesta de diseño pedida a IAG que trabajamos con estudiantes sobre el índice de masa corporal (IMC). Este tema es relevante en estadística y probabilidad, donde los problemas presentados suelen ser determinísticos, pues proporcionan todos los datos y se limitan a pedir cálculos específicos como la media, la moda o la mediana sin un contexto claro. En lugar de simplemente pedir estas medidas de tendencia central, podríamos preguntar cuál de todas sería más apropiada para un informe y por qué. Esta sugerencia también es válida cuando no consideramos uno de los criterios de interacción con la IAG que formulamos, al brindar ayudas específicas sobre el tamaño de los intervalos para un histograma o el cálculo de determinadas probabilidades, sin permitir que los estudiantes tomen estas decisiones basadas en el contexto.

Aquí, además de pedir información sobre el IMC, la consulta a la IAG para el proyecto escolar, y la respuesta fue:

- 1. Recopilación de datos:** Organiza una sesión para que los estudiantes tomen medidas de su peso y estatura. Puedes organizar esto de manera voluntaria y garantizar la confidencialidad de la información.
- 2. Análisis estadístico inicial:** Una vez que se recopilen los datos, realiza un análisis estadístico inicial para calcular el IMC de cada estudiante. Esto puede hacerse manualmente o utilizando software estadístico como R, Python o incluso Excel.
- 3. Visualización de datos:** Crea gráficos que muestren la distribución de los IMC de los estudiantes. Puedes utilizar histogramas, diagramas de caja y bigotes, o gráficos de densidad para visualizar la distribución de los datos.
- 4. Selección de distribución de probabilidad:** Discute con los estudiantes sobre qué distribución de probabilidad podría ajustarse mejor a los datos del IMC. Pueden considerar distribuciones conocidas como la distribución normal, la distribución log-normal o la distribución de Weibull, entre otras.
- 5. Estimación de parámetros:** Si deciden utilizar una distribución de probabilidad específica, guía a los estudiantes en la estimación de los parámetros de la distribución a partir de los datos observados del IMC.
- 6. Validación del modelo:** Una vez que se hayan estimado los parámetros, realiza pruebas para validar el modelo. Puedes comparar la distribución teórica ajustada con la distribución empírica de los datos utilizando pruebas estadísticas.
- 7. Aplicaciones prácticas:** Finalmente, discute las aplicaciones prácticas de este modelo de distribución de probabilidad del IMC. Por ejemplo, podrían explorar cómo se puede utilizar el modelo para predecir la probabilidad de que un estudiante tenga un IMC en cierto rango en el futuro, o cómo podría influir en intervenciones de salud y políticas alimentarias en el campus universitario.

A través de la IAG sabemos que el IMC es una medida utilizada para evaluar si una persona tiene un peso saludable en relación con su estatura, calculando el cociente entre su peso dado en kilogramos y el cuadrado de su estatura, medida en metros. Este índice es ampliamente empleado en la medicina y la salud pública para identificar posibles problemas de peso en poblaciones grandes debido a su simplicidad y efectividad. Si pensamos en una investigación escolar para calcular el IMC de

toda la población estudiantil, es fundamental decidir cómo se obtendrán los datos de peso y estatura pues las mediciones precisas son esenciales para obtener resultados confiables y válidos. El enfoque ideal sería medir directamente el peso y la estatura de cada estudiante usando balanzas y estadiómetros calibrados, pues este método asegura una mayor precisión y minimiza el margen de error, reflejando verdaderamente la situación de cada estudiante. Sin embargo, este enfoque puede ser logísticamente desafiante y consumir mucho tiempo. Por lo tanto, podemos apelar al auto-reporte de datos, donde los estudiantes proporcionan las medidas de su propio peso y estatura. El método es particularmente más rápido y menos invasivo, pero puede estar sujeto a errores significativos.

Este proyecto ofrece la oportunidad de introducir estudios probabilísticos para evaluar la distribución del IMC en la población estudiantil y calcular la probabilidad de que un estudiante pertenezca a una determinada categoría de peso. Al realizar y analizar los datos, se fomenta una mayor conciencia sobre la importancia de mantener un peso saludable y se promueven hábitos de vida beneficiosos, demostrando cómo las matemáticas se aplican en contextos reales con un impacto positivo en la salud y el bienestar de los estudiantes. Es posible solicitar a la IAG que sugiera cálculos de probabilidades pertinentes sobre el IMC. Sin embargo, las actividades no deben pautarse como expresamos en uno de los criterios, pues deben ser los estudiantes quienes tomen decisiones sobre qué cálculos son más convenientes. Además, en la selección de la distribución de probabilidad, no se debería simplemente indicar "use una distribución normal", sino permitir que los estudiantes exploren y determinen la más adecuada. Aunque la IAG puede proporcionar sugerencias útiles, podemos consultar y reflexionar sobre estas recomendaciones en lugar de seguir una serie de pasos predefinidos. Un ejemplo de la interacción con la IAG se encuentra en la imagen adjunta, donde se muestra el cálculo realizado por los estudiantes.

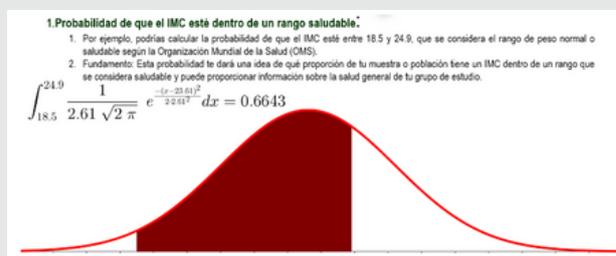


Figura 3: Cálculo de probabilidades para el IMC

Para esta experiencia, trabajamos con una muestra de aproximadamente 1500 personas. La IAG sugirió considerar las directrices de la Organización Mundial de la Salud sobre la relevancia clínica y epidemiológica de ciertos rangos de IMC. Recomendó calcular la probabilidad de que el IMC esté entre 18.5 y 24.9, el rango de peso normal, o que sea superior a 25, indicando grados de obesidad. Dependiendo de los conocimientos de los estudiantes, este cálculo puede hacerse mediante integrales o utilizando tablas estadísticas. Habitualmente, el cálculo de una probabilidad suele ser una imposición de la consigna, pues se enfoca en la técnica en lugar de fomentar el pensamiento crítico. Si calculamos esta probabilidad y obtenemos, por ejemplo, un 66.43%, la interpretación de este resultado en el contexto del problema es fundamental y a menudo se pasa por alto. Del mismo modo, al calcular la probabilidad de tener un IMC mayor a 25, es crucial interpretar que el 30% de la muestra está en un grado de obesidad 1.

Una segunda experiencia proviene de reformular con IAG la actividad que proponen Cukierman y Kalocai (2019, p. 4) para trabajar la transformada de Laplace, desde un enfoque por com-

petencias en la enseñanza de las matemáticas en carreras de ingeniería en Argentina [8]. Los autores sugieren que, en lugar de comenzar con teoría abstracta, es más efectivo modelar y resolver problemas prácticos, como el funcionamiento de la suspensión de un vehículo (figura 4). Desde una perspectiva de educación matemática, este enunciado puede reformularse con inteligencia artificial para hacerlo más relevante y fundamentado didácticamente.



Figura 4: Consigna de trabajo para modelizar la suspensión de un automóvil

Después de varias interacciones, empleando los criterios de interacción abordados previamente, la IAG sugirió la siguiente reformulación de la consigna expuesta en la figura 4.

El sistema de suspensión de un vehículo es crucial para garantizar una conducción cómoda y segura. Este sistema debe absorber las irregularidades del terreno y proporcionar estabilidad, afectando tanto el confort de los pasajeros como la seguridad del vehículo. La optimización de este sistema es un desafío importante en la ingeniería automotriz. Realiza un estudio, con su correspondiente informe y fundamentos matemáticos, donde analices diversos factores que influyen en el rendimiento de la suspensión. Estos factores pueden incluir, pero no se limitan a, el tipo de amortiguador, la rigidez de los resortes, la barra estabilizadora, la geometría de la suspensión, la presión de los amortiguadores, el peso del vehículo, el tipo y la presión de los neumáticos y el uso del vehículo. Se espera que utilices herramientas matemáticas y técnicas de modelización para analizar estos factores y proponer mejoras.

Para abordar esta tarea, el estudiante puede utilizar la IAG pidiendo que actúe como tutor, guiando en lugar de resolver directamente la actividad. La IAG puede sugerir pasos sobre cómo abordar el problema, aspectos a tener en cuenta, investigar sobre el sistema de suspensión, definir un caso particular, seleccionar un enfoque matemático adecuado, entre otros. Además, puede proporcionar una estructura para el informe, indicando que debería incluir una introducción, metodología, resultados y discusión. Este enfoque enseña a los estudiantes a usar la inteligencia artificial de manera efectiva, promoviendo la revisión y presentación de conocimientos matemáticos necesarios para abordar el problema de manera integral. Incluso, puede solicitar que la IAG no marque sus errores, sino más bien, formule interrogantes que lo lleven a la reflexión de sus acciones y poder aprender de los mismos. Es importante resaltar que estas propuestas, trabajadas con la IAG, están ancladas en las tendencias actuales de la Educación Matemática y subrayan la importancia de no limitar las estrategias de resolución de problemas mediante ayudas excesivas o imposiciones en la consigna. Al fomentar el pensamiento crítico y la exploración autónoma, formamos estudiantes capaces de aplicar conocimientos matemáticos en contextos reales y variados.

Vamos con la tercera experiencia, la cual está en un contexto intramatemático y fue diseñada para estudiantes de una escuela secundaria. En este caso, le pedimos a la IAG que mejore una consigna inicial siguiendo los criterios mencionados. La consigna inicial fue la siguiente: "Analizar los parámetros de las funciones polinómicas y observar qué ocurre cuando modificamos algunos

de ellos, especialmente los intermedios, como el coeficiente del término lineal en una función de grado dos, o el coeficiente del término cuadrático en una función de grado tres". Tras varias interacciones, la consigna reformulada es la que se expone a continuación:

En el estudio de funciones polinómicas, resulta interesante observar cómo varían las curvas generadas por estas funciones cuando se alteran ciertos parámetros, mientras que otros se mantienen constantes. Mantén fijo el coeficiente principal y el término independiente de una función polinómica, y varía los coeficientes intermedios para analizar el comportamiento y las propiedades gráficas de la familia de curvas resultantes. Desarrolla un estudio detallado y fundamentado matemáticamente sobre este fenómeno, explorando las características y patrones que emergen en las curvas al cambiar estos parámetros. Se espera un informe que presente tus hallazgos y análisis, proporcionando una comprensión profunda del comportamiento de estas familias de funciones polinómicas.

Para esta consigna, no se trata solo de dar una respuesta, sino de realizar un informe que presente hallazgos y análisis, buscando patrones en las curvas que proporcionen una comprensión profunda del comportamiento de estas funciones polinómicas. No es algo trivial, y la inteligencia artificial no puede resolverlo directamente. Los estudiantes podrían pedirle a la IAG que actúe como tutor, sugiriendo qué hacer sin resolver la actividad por completo. Ante este pedido, la IAG podría dar una respuesta como la siguiente:

Claro, estaré encantado de ayudarte a reflexionar sobre el problema. Comienza por considerar una función polinómica específica, por ejemplo, una función cuadrática, y piensa en cuáles parámetros pueden variar y cuáles mantener constantes. Observa cómo cambia la gráfica de la función cuando modificas estos parámetros. ¿Qué patrones o comportamientos emergen? ¿Puedes identificar alguna relación entre estos cambios y la forma general de las curvas? Recuerda que parte del proceso de modelización es formular tus propias hipótesis y probarlas. Trata de visualizar las curvas y utiliza tus conocimientos en cálculo y álgebra para analizar cualquier regularidad que notes. Anota tus observaciones y piensa en cómo podrías fundamentarlas matemáticamente. Estoy aquí para discutir tus ideas y ayudarte a profundizar en tu análisis, pero quiero que intentes explorar diferentes caminos y enfoques por ti mismo.

Veamos un ejemplo y parte de una respuesta para esta tarea, expuesto en la figura 5. Al observar las funciones polinómicas de grado dos y variar el parámetro b (el coeficiente del término lineal), un estudiante podría formular la hipótesis de que los extremos (máximos o mínimos de la función) se encuentran sobre otra parábola. Aunque la IAG puede proporcionar explicaciones generales, como que las parábolas se desplazan horizontalmente a medida que cambia el parámetro b , que se mantiene su anchura y la dirección de la apertura de las ramas o que se modifican las raíces de la función, no brinda, por el momento, la hipótesis expuesta. Es fundamental, como profesores, constatar estos aspectos cuando damos un problema y autorizamos el uso de IAG a los estudiantes.

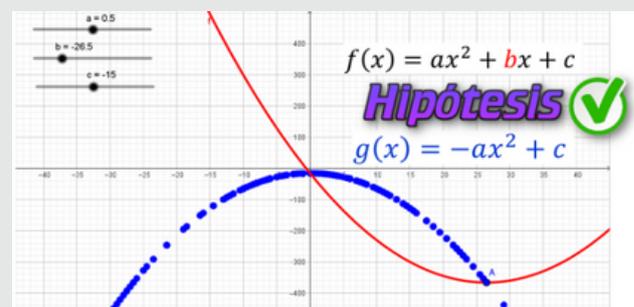


Figura 5. Hipótesis sobre el comportamiento de un parámetro en una función cuadrática

Del mismo modo, al trabajar con funciones polinómicas de grado tres y variar el coeficiente del término cuadrático o del término lineal, podríamos formular la hipótesis de que los extremos relativos de la función se encuentran sobre una cúbica. Nuevamente, la IAG puede proporcionar información útil sobre desplazamientos y deformaciones, pero es crucial que los estudiantes lleguen a sus propias conclusiones y las validen matemáticamente. Estas actividades no solo buscan que los estudiantes apliquen técnicas matemáticas, sino que también desarrollen su pensamiento crítico y capacidad para formular y validar hipótesis. Por lo tanto, la IAG puede ser una herramienta valiosa en este proceso, actuando como un tutor que guía y orienta, sin resolver directamente las actividades ni sustituir el proceso de pensamiento crítico y exploración autónoma de los estudiantes.

La cuarta y última propuesta se centra en la reformulación de un problema clásico de demanda en el contexto de las ciencias económicas obtenido de un libro de texto. Esta reformulación, solicitada a la IAG y basada en los criterios de interacción previamente enunciados, ofrece un contexto empresarial más realista, utilizando la misma tabla de datos que el problema original propuesto en el libro. Sin embargo, es importante destacar que la reformulación inicial presentada por la IAG tiene ciertas limitaciones. Omite algunos de los criterios que mencionamos anteriormente y ofrece ayudas y sugerencias para la resolución, como la utilización de un modelo lineal de ajuste para la demanda, requiere cálculos específicos, no solicita la fundamentación matemática y económica necesaria para una comunicación eficiente de los resultados, entre otros aspectos. Aunque esta aproximación puede ser válida en contextos anteriores a la IAG, no se ajusta a las exigencias actuales de la Educación Matemática. Además, la IAG sugiere realizar un análisis e interpretación económica, que incluye examinar el comportamiento de la demanda a partir de la función obtenida y discutir las implicancias económicas para la empresa. Si bien este aspecto puede resultar útil desde una perspectiva económica, la propuesta se desvía del enfoque principal, virando hacia aspectos que no están directamente relacionados con las matemáticas, lo cual puede ser problemático en un contexto educativo centrado en esta disciplina.

En contraste, la reformulación final se adapta mejor al contexto de los estudiantes, puesto que se enfoca en el análisis matemático de una variable y en el ajuste de funciones a gráficos de dispersión utilizando software de hoja de cálculo como GeoGebra o Excel. Los objetivos de esta tarea incluyen construir y validar modelos funcionales que describan la relación entre el precio del producto, la demanda y los ingresos por ventas. Esto permite anticipar el comportamiento del modelo y analizar su sensibilidad tanto desde una perspectiva matemática como económica.

Una empresa agroindustrial, AgroEco, está interesada en comprender mejor el comportamiento de la demanda de su producto estrella, un insumo clave en la producción agrícola. Con el fin de optimizar sus estrategias de producción y precios, la empresa ha recopilado datos económicos que muestran la relación entre las cantidades demandadas y el precio que los consumidores están dispuestos a pagar:

Cantidades (toneladas)	Precio (U\$S/tonelada)
5	25
10	18
17	12
25	7

Elabora un informe detallado sobre el comportamiento de la demanda del producto, incluyendo fundamentos matemáticos y económicos. Considera también el análisis de la función de ingresos por ventas.

Dado que esta actividad forma parte de la primera unidad de análisis matemático para estudiantes de primer año universitario, es fundamental adecuar el enfoque a su nivel previo y a los conocimientos adquiridos en la educación anterior. Además, se debe considerar que la metodología de ajuste de mínimos cuadrados podría no serles familiar en esta etapa, puesto que los conceptos estadísticos se abordan más adelante en su formación académica. Sin embargo, es necesario repensar la enseñanza actual de las matemáticas, adaptándolas al siglo XXI.

Un análisis comparativo entre métodos tradicionales y modernos de enseñanza revela algunas reflexiones críticas sobre el uso de herramientas tecnológicas en la educación matemática aplicada a las ciencias económicas. Aunque el ajuste de mínimos cuadrados es conceptualmente y profesionalmente útil, su aplicación efectiva requiere habilidades y conocimientos adicionales para seleccionar el modelo más adecuado en cada contexto particular. En la práctica profesional, el ajuste manual de modelos funcionales, como lo hacíamos tradicionalmente en matemáticas, es menos común debido a la disponibilidad de software especializado. Por lo tanto, es crucial que los estudiantes comprendan el concepto subyacente del ajuste sin necesidad de realizar cálculos manuales extensos. Por ejemplo, el coeficiente de determinación R^2 , el cual mide el grado de ajuste de un modelo a los datos suministrados, proporciona información valiosa sobre la calidad del ajuste.

Casualmente, la elección del modelo debe basarse en una comprensión crítica de su aplicación y no solo del valor numérico arrojado. En este sentido, la consigna propuesta permite explorar diferentes tipos de funciones (lineales, logarítmicas, exponenciales, potenciales y polinómicas) y evaluar cuál se ajusta mejor a los datos y a las expectativas económicas. Esta práctica subraya la importancia de una educación matemática que no solo se enfoque en procedimientos algebraicos, sino que también prepare a los estudiantes para utilizar herramientas tecnológicas de manera efectiva y para interpretar resultados en contextos económicos reales.

Cuando se presenta una consigna abierta sin un conjunto de pedidos predeterminado, los estudiantes deben tomar decisiones estratégicas para abordar el problema. Por ejemplo, podrían optar por analizar la elasticidad-precio de la demanda y su variación en función de diferentes precios y porcentajes de incremento. Este enfoque está directamente relacionado con conceptos fundamentales de la teoría económica. La habilidad para examinar cómo los cambios en el precio afectan la cantidad demandada y cómo esta relación varía entre diferentes niveles de precio facilita una comprensión más profunda de los modelos económicos y matemáticos involucrados.

Los estudiantes, por ejemplo, pueden descubrir que la elasticidad de la demanda varía según el rango de precios considerado, mostrando comportamientos tanto elásticos e inelásticos, tal como se ilustra en la figura 6.

Desarrollar habilidades de análisis comparativo es crucial en la educación matemática. Por lo tanto, al utilizar herramientas tecnológicas adecuadas en el aula permite a los estudiantes explorar y entender estas dinámicas con mayor precisión, promoviendo una comprensión integral y aplicada de los conceptos matemáticos y económicos.

Para evaluar la validez de los enfoques actuales en la enseñanza de las matemáticas, es útil consultar la IAG, la cual puede proporcionar información sobre los errores didácticos comunes identificados en la investigación educativa. En particular, la IAG señalará que las investigaciones han revelado problemas recurrentes en la enseñanza, tales como: la falta de contextualiza-

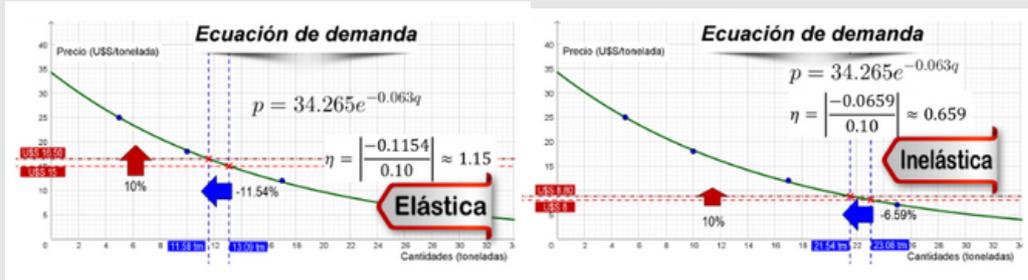


Figura 6. Análisis de elasticidad-precio de la demanda

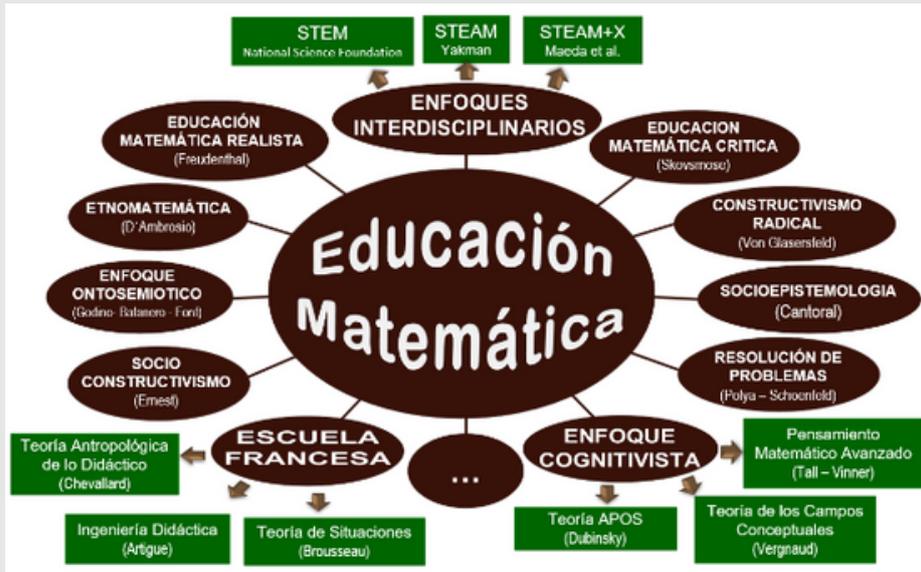


Figura 7. Líneas y enfoques teóricos de Educación Matemática

ción económica en los problemas, un énfasis excesivo en la manipulación algebraica sin una comprensión conceptual sólida, un uso insuficiente de herramientas tecnológicas y una desconexión entre la teoría matemática y su aplicación práctica en contextos reales.

CONSIDERACIONES FINALES

En el marco de la educación matemática del siglo XXI, la incorporación de la Inteligencia Artificial Generativa representa un desafío y una oportunidad única para los educadores. En este sentido, es importante que los profesores adopten una mentalidad abierta y creativa al integrar esta tecnología en la enseñanza de las matemáticas. Además de familiarizarse con las tendencias actuales de la Educación Matemática, resulta crucial comprender los criterios y recomendaciones derivados de diferentes líneas y marcos teóricos. La figura 7, adaptada de la que proponen Pochulu y Rodríguez (2012), ilustra la diversidad de enfoques que disponemos en la actualidad, destacándose los más representativos, pero sin pretender ser exhaustiva [9].

Para interactuar eficazmente con la IAG en el diseño o reformulación de consignas de problemas, es necesario manejar criterios para la incorporación significativa de las TIC, que aporten valor agregado a la resolución del problema, más allá de simplemente agilizar los cálculos. Asimismo, los educadores deben desarrollar criterios para interactuar con los estudiantes en el aula, evitando la postura tradicional en la que el profesor posee todas las respuestas. Diversas líneas y enfoques teóricos de la Educación Matemática promueven que el profesor adopte un rol de mediador, guiando a los estudiantes con preguntas que los lleven a reflexionar y a un entendimiento profundo de las ideas matemáticas. La IAG, cuando se utiliza como tutor, puede desempeñar este rol al hacer preguntas que fomenten la refle-

xión sin proporcionar directamente las respuestas o señalar los errores cometidos por los estudiantes

Para que la interacción con la IAG sea fructífera, es esencial que los profesores también dispongan de criterios claros para el diseño y reformulación de consignas que sean cognitivamente desafiantes y promuevan el desarrollo de competencias. Algunos de estos criterios fueron enunciados y ejemplificados en el desarrollo de este artículo. En el siglo XXI, no podemos seguir proponiendo a los estudiantes problemas que aparecen en libros clásicos o que fueron parte de nuestra formación de grado, donde la tecnología no tenía el protagonismo que tiene hoy. Es crucial que se adapten las consignas y ejercicios a los tiempos modernos, teniendo en cuenta el impacto significativo de la tecnología en la educación y las características únicas de los estudiantes de la *Generación Alpha*. Estos estudiantes han crecido en un entorno digital y requieren actividades que no solo sean relevantes y desafiantes, sino que también reflejen la evolución tecnológica y las necesidades actuales. La simple reutilización de problemas antiguos o de recursos obtenidos en línea no basta; es necesario innovar y actualizar los enfoques pedagógicos para que se alineen con las expectativas y capacidades del siglo XXI.

Por último, y no menos relevante, el éxito en la integración de la IAG en la educación matemática depende de la experiencia acumulada y ganada por los usuarios y del contexto específico en el que se aplica. Los educadores deben ser capaces de conectar el contexto con las herramientas tecnológicas con las clases de matemáticas, estableciendo objetivos claros y desafiantes que enriquezcan el aprendizaje autónomo y profundo de los estudiantes. Así, la colaboración entre profesores y la IAG puede revolucionar la enseñanza de las matemáticas, adaptándose a las necesidades y potencialidades de la era digital, transformando tareas rutinarias en auténticos problemas abiertos y desafiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Philip K, Popenici S. Enhancing teaching and learning with AI: Competence and reflection. *Edu Technol Rev.* 2023;45(2):78-92.
2. Maumary M, Ruíz A. *Problemas y ejercicios en matemáticas: Razones y proporciones.* Rev Educ Mat. 2016;28(3):55-60.
3. Alsina C. *La enseñanza de las matemáticas en la escuela secundaria: una perspectiva crítica.* Madrid: Ediciones Akal; 2007.
4. Barreiro L, Leonian S, Marino G, Pochulu L, Rodríguez A. *Criterios para la formulación de problemas matemáticos. En: Enfoques actuales en la educación matemática.* Buenos Aires: Editorial Universitaria; 2017. p. 123-145.
5. Swokowski E, Cole J. *Cálculo y sus aplicaciones.* 11th ed. México: McGraw-Hill; 2009.
6. Haeussler A, Paul R. Cálculo y problemas de interés simple. En: *Problemas y soluciones de matemáticas.* Ciudad de México: Editorial Panorama; 2003. p. 45-60.
7. Budnick P. *Problemas de optimización en matemáticas aplicadas.* Buenos Aires: Editorial Nacional; 2007.
8. Cukierman J, Kalocai T. La transformada de Laplace en el contexto de competencias. En: *Métodos matemáticos en ingeniería.* Buenos Aires: Editorial Académica; 2019. p. 98-112.
9. Pochulu MD, Rodríguez MA, editors. *Educación matemática: Aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos.* Córdoba: EDUVIM y Ediciones UNGS; 2012.