EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

Implementación de un asistente de IA generativa en la enseñanza de fenómenos de transporte biológico: estrategias, resultados y perspectivas

Amelia Serrano, Susana Serrano, Jesse Padilla, Rubby Casallas, Luis H. Reyes, Juan C. Cruz

Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia

Resumen

La inteligencia artificial generativa (IAGen) está transformando la enseñanza en ingeniería al facilitar la comprensión de conceptos complejos y fomentar el aprendizaje personalizado. Este trabajo presenta BioFlow, un asistente inteligente diseñado para apoyar a los estudiantes del curso de Fenómenos de Transporte Biológico mediante preguntas de práctica, retroalimentación guiada y repasos temáticos. Desarrollado como parte de la estrategia institucional de IAGen de la Universidad de los Andes, BioFlow integra modelos de lenguaje natural en una arquitectura modular con tres casos de uso. Ha sido probado en plataformas como OpenAI y Copilot Studio, y actualmente se proyecta su migración a n8n. Encuestas aplicadas en cuatro periodos académicos revelan una alta valoración por parte de los estudiantes, quienes destacaron su utilidad, facilidad de uso y pertinencia conceptual. A pesar de algunas limitaciones técnicas, los resultados confirman su potencial como herramienta educativa flexible, replicable y alineada con principios pedagógicos y éticos.

Palabras clave: Inteligencia artificial generativa; educación en ingeniería; aprendizaje autónomo; retroalimentación automática; plataformas conversacionales; evaluación formativa

Abstract

Generative Artificial Intelligence (GenAI) is reshaping engineering education by enhancing the understanding of complex topics and promoting personalized learning. This paper presents BioFlow, an intelligent assistant designed to support students in the Biological Transport Phenomena course through practice questions, guided feedback, and structured topic reviews. Developed under Universidad de los Andes' institutional GenAI strategy, BioFlow features a modular architecture with three pedagogical use cases. It was tested on platforms such as OpenAI and Copilot Studio, with

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4404

plans to migrate to n8n for improved scalability. Student surveys across four academic terms revealed high satisfaction, noting BioFlow's usefulness, ease of use, and alignment with course content. Despite some technical limitations, the results highlight its potential as a flexible, replicable educational tool grounded in pedagogical and ethical principles.

***Keywords**: generative artificial intelligence; engineering education; autonomous learning; automated feedback; conversational platforms; formative assessment*

1. Introducción

La enseñanza de conceptos complejos en ingeniería, como los fenómenos de transporte biológico, exige estrategias que faciliten la comprensión aplicada y fomenten la autonomía estudiantil. Esta asignatura, clave en la formación de ingenieros biomédicos, incluye contenidos como transporte de momentum, reología y manometría, que requieren habilidades analíticas y dominio conceptual. En este contexto, las tecnologías de inteligencia artificial generativa (IAGen) ofrecen nuevas posibilidades para enriquecer el aprendizaje mediante retroalimentación inmediata, personalización y acompañamiento autónomo (Zhang et al., 2024). Este trabajo presenta BioFlow, un asistente conversacional desarrollado como parte de la Estrategia de IAGen de la Universidad de los Andes, cuyo objetivo es apoyar el estudio de esta asignatura. Se describe su diseño, implementación, experiencia de uso y evaluación, así como las proyecciones para su futura evolución.

2. Metodología

2.1. Diseño instruccional y pedagógico

BioFlow fue concebido como una respuesta pedagógica a los desafíos del curso de Fenómenos de Transporte Biológico, en particular aquellos relacionados con la comprensión de conceptos abstractos como transporte de momentum, reología y manometría. Su diseño instruccional se fundamenta en principios del aprendizaje activo y autorregulado, priorizando la retroalimentación inmediata, la práctica guiada y el repaso temático. Cada modo de interacción está alineado con una fase del proceso de aprendizaje: las preguntas de práctica favorecen la activación cognitiva y el razonamiento conceptual; el acompañamiento fomenta la resolución autónoma de problemas complejos; y los repasos temáticos promueven la reflexión metacognitiva. Este enfoque segmentado responde a la necesidad de adaptar el apoyo digital a diferentes estilos y etapas del estudio técnico, y ha sido respaldado por investigaciones sobre IA generativa en educación de ingeniería (Ismail et al., 2023; Cañavate et al., 2025).

2.2. Arquitectura técnica y evolución de plataformas

El desarrollo técnico de BioFlow avanzó en tres fases. En su primera versión, se implementó mediante ChatGPT y OpenAI, utilizando prompts estructurados y carga de documentos, lo cual permitió una rápida validación funcional. No obstante, esta implementación presentaba limitaciones en control temático y visualización matemática.

La segunda fase se realizó en Copilot Studio, donde se construyó una arquitectura modular con flujos diferenciados por caso de uso, integrando una API para acceder a un banco de preguntas aleatorias clasificadas por módulo (ver Figura 1A). Esta solución permitió evitar repeticiones, mejorar la alineación temática y centralizar el control del contenido. En las Figuras 1B, 1C y 1D se presentan ejemplos representativos de los flujos implementados para cada caso de uso: práctica con retroalimentación inmediata, acompañamiento en la resolución de ejercicios y repasos temáticos guiados. Actualmente se proyecta su migración a la plataforma n8n, que permitirá una mayor escalabilidad, integración con otras bases de datos, y procesamiento gráfico mejorado, incluyendo la incorporación de herramientas LaTeX para una visualización adecuada de ecuaciones.

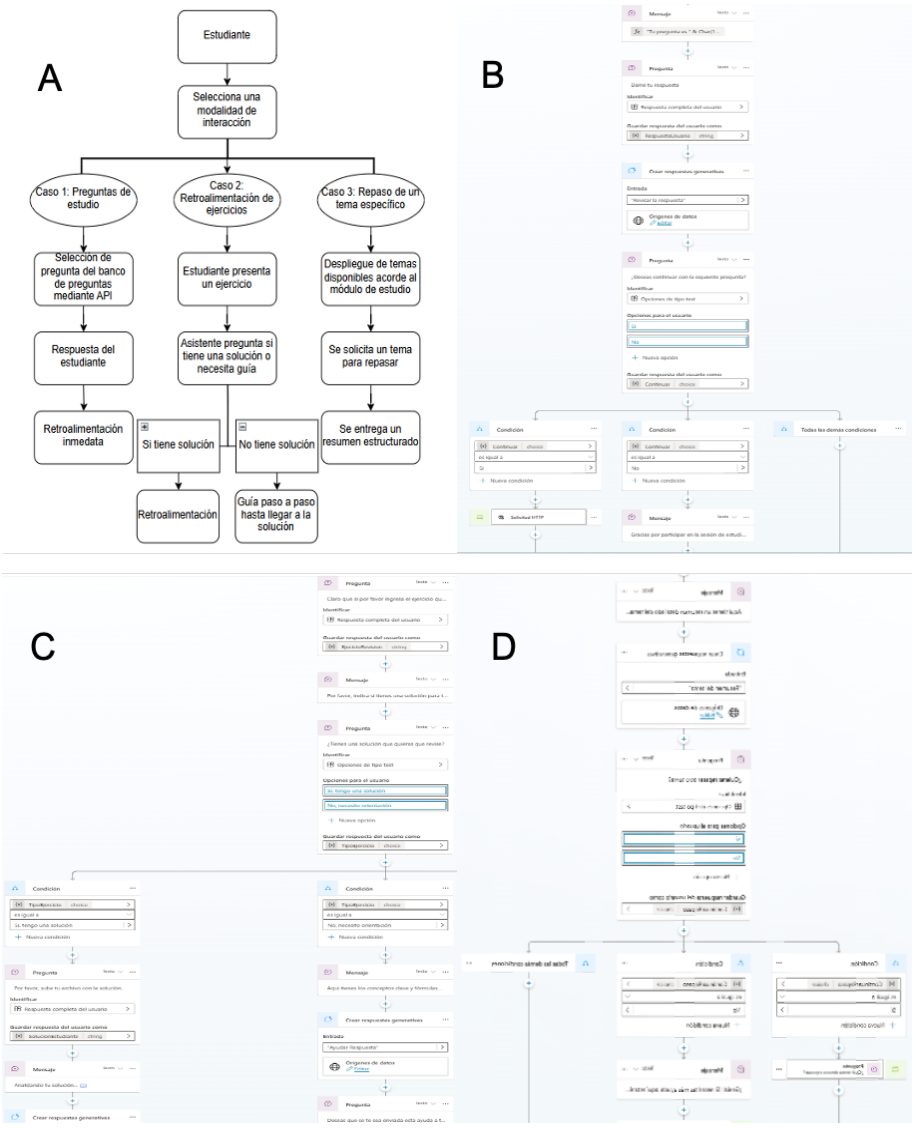

Figura 1: Arquitectura e implementación del asistente Bioflow en Copilot Studio. Panel A: diagrama de flujo con tres casos de uso principales: (1) preguntas de estudio con selección desde API y retroalimentación inmediata, (2) retroalimentación de ejercicios con guía paso a paso, y (3) repaso temático con resúmenes estructurados. Paneles B, C y D: implementación en Copilot Studio de cada flujo respectivo, mostrando las interfaces de interacción diseñadas para cada caso de uso.

2.3. Modos de interacción y estructura conversacional

BioFlow ofrece tres modos funcionales principales. En el modo de práctica, el asistente propone una pregunta temática, recibe la respuesta del estudiante y ofrece retroalimentación inmediata, detallando errores y reforzando conceptos. En el modo de acompañamiento, el usuario presenta un ejercicio y recibe orientación sobre los pasos necesarios, sin entregar la solución final. Por último, el modo de repaso entrega un resumen estructurado del tema solicitado, destacando definiciones clave y relaciones entre conceptos. Los prompts fueron diseñados con base en una lógica clara: definir el rol del asistente, establecer el contexto del curso, delimitar la temática y ajustar el nivel de dificultad. Por ejemplo, en el modo de práctica sobre reología se especificaba: *"Actúa como un asistente especializado. Formula una pregunta conceptual aplicada sobre comportamiento no newtoniano apropiada para tercer semestre. Evalúa la respuesta del estudiante con retroalimentación detallada sin resolverla directamente"*.

2.4. Ciclo de desarrollo iterativo y validación

La construcción de BioFlow siguió un enfoque iterativo. La primera fase fue conceptual, con revisión de necesidades del curso. En segundo lugar, se realizaron pruebas internas con el equipo de desarrollo. Posteriormente, se validó con monitores académicos, quienes verificaron la fidelidad de las respuestas con el contenido oficial y propusieron mejoras. Finalmente, se liberó una versión funcional para que los estudiantes la usaran de manera voluntaria como preparación para sus parciales. En 2025-1 se implementaron dos versiones paralelas del asistente en Copilot Studio, evaluadas por los monitores para seleccionar la más efectiva en términos de claridad, cobertura temática y experiencia de usuario. A partir de cada ciclo de retroalimentación, se ajustaron los prompts, se ampliaron los contenidos cubiertos y se fortaleció la coherencia conversacional. El proceso completo se resume en la Figura 2.

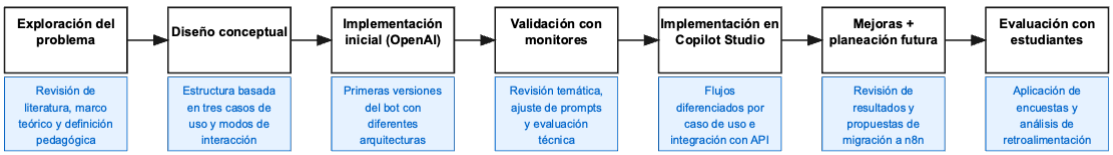

Figura 2. Proceso iterativo de desarrollo e implementación de BioFlow. La figura ilustra el proceso de desarrollo iterativo de BioFlow a través de siete etapas secuenciales. Desde la exploración inicial del problema y el diseño conceptual, pasando por implementaciones en OpenAI y Copilot Studio con validaciones intermedias realizadas por monitores, hasta la planeación de mejoras futuras y evaluación con estudiantes. Este flujo de trabajo facilitó el refinamiento continuo de los prompts, la ampliación de contenidos y el fortalecimiento de la coherencia conversacional, culminando en la implementación de dos versiones paralelas del asistente en 2025-1 que fueron evaluadas para seleccionar la más efectiva en cuanto a claridad, cobertura temática y experiencia de usuario.

3. Resultados

3.1. Resultados de la interacción

Las siguientes figuras ilustran ejemplos reales de la interacción con BioFlow en distintas plataformas y modos de uso. En OpenAI, el asistente formulaba preguntas temáticas y entregaba retroalimentación inmediata a partir de los conceptos cubiertos en clase (ver Figuras 3A y 3B). En Copilot Studio, integrado con Microsoft Teams, BioFlow operó con flujos diferenciados: en el modo

de repaso, ofrecía resúmenes conceptuales por tema (Figura 3C); en el modo de práctica, planteaba preguntas e indicaba errores conceptuales (Figuras 3D y 3E); y en el modo de acompañamiento, guiaba paso a paso la resolución de ejercicios enviados por el estudiante (Figura 3F).

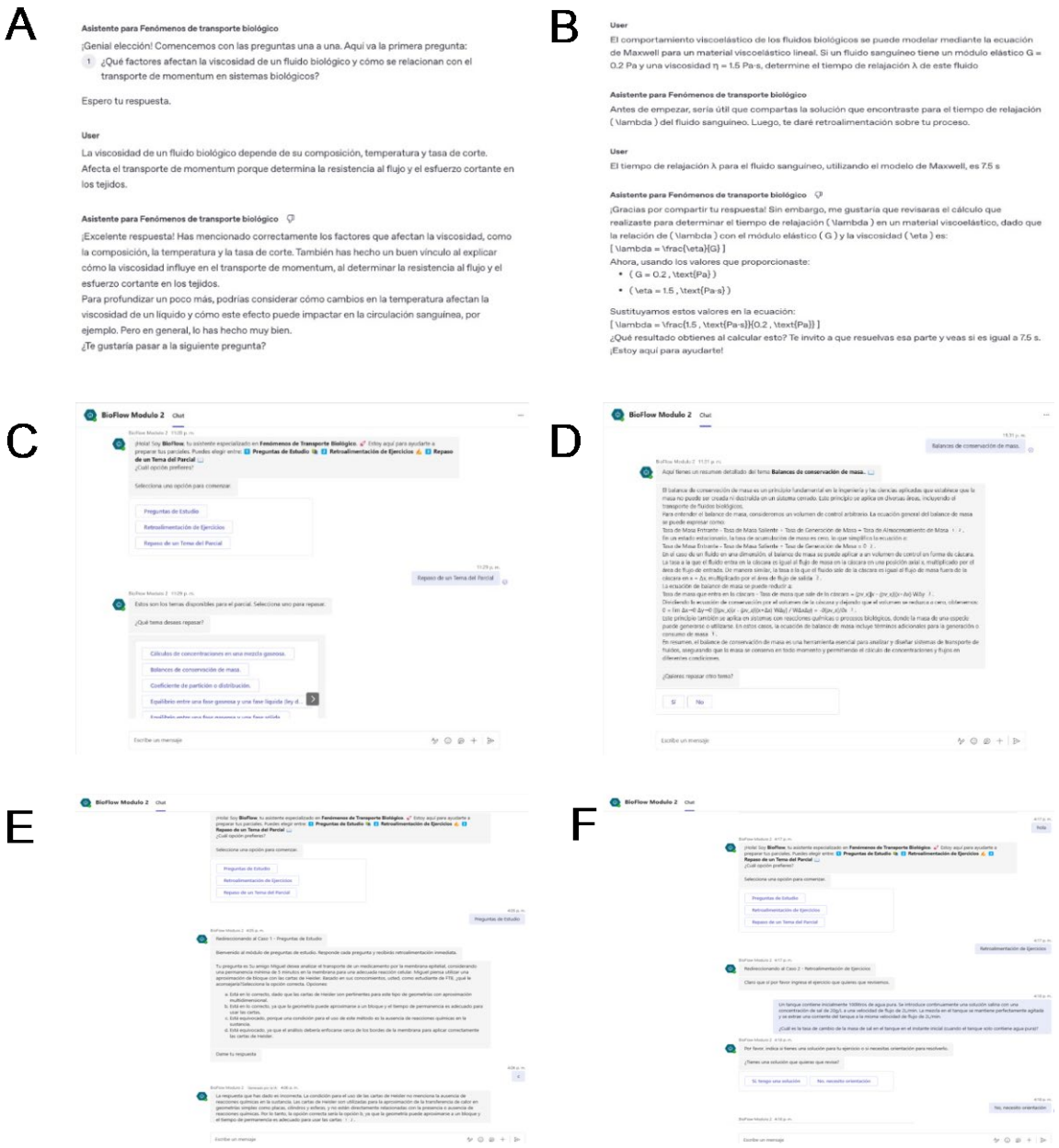

Figura 3. Interfaces de interacción de BioFlow en diferentes plataformas y modos de uso. La figura muestra ejemplos reales de BioFlow en acción a través de distintas modalidades. Los paneles A y B ilustran la implementación en OpenAI, donde el asistente formula preguntas temáticas específicas y proporciona retroalimentación inmediata basada en conceptos del curso. Los paneles C-F muestran la integración con Microsoft Teams mediante Copilot Studio, con tres flujos diferenciados: modo repaso (C) que ofrece resúmenes conceptuales organizados por tema; modo práctica (D-E) que plantea preguntas y señala errores conceptuales en las respuestas del estudiante; y modo acompañamiento (F) que guía paso a paso la resolución de ejercicios enviados por el estudiante.

3.2. Resultados cuantitativos

Para evaluar el impacto de BioFlow en el proceso de aprendizaje, se aplicaron encuestas anónimas al finalizar cuatro momentos clave del curso: el parcial 1 y 2 de 2024-2, el parcial 1 de 2025-1 y el módulo 3 del mismo semestre. En todas las mediciones, una mayoría significativa de los estudiantes evaluó positivamente diversos aspectos del asistente.

La claridad y precisión de las respuestas (Figura 4A) fue valorada favorablemente, con un 31.82% indicando que siempre recibieron respuestas claras y precisas, y un 51.52% señalando que esto ocurrió la mayoría de las veces. Respecto a la facilidad de uso (Figura 4B), el 54.55% de los estudiantes consideró que fue "muy fácil" utilizar el asistente para preparar sus temas, mientras que un 33.33% adicional lo calificó como "fácil". La velocidad de respuesta (Figura 4C) fue evaluada de manera sobresaliente en todas las mediciones, con un 31.82% calificándola como "muy rápida" y un 62.12% como "rápida", indicando que la interacción en tiempo real fue efectiva para apoyar el estudio autónomo. En cuanto a la relevancia y precisión del contenido generado (Figura 4D), un 31.82% indicó que siempre fue adecuado para sus necesidades de estudio, y un 54.55% señaló que lo fue la mayoría de las veces.

La baja proporción de errores reportados (Figura 4E) fue otro aspecto destacado, con sólo un 3.03% de los estudiantes reportando errores en muchas respuestas, mientras que un 62.12% no encontró errores. En cuanto a la recomendación general (Figura 4F), la aceptación fue muy alta: en tres de los cuatro cortes, más del 89% de los estudiantes afirmó que recomendaría BioFlow a sus compañeros, con un 65.15% indicando que "definitivamente sí" lo recomendaría. En particular, respecto a la utilidad general (Figura 4G), durante el segundo y tercer corte de 2024, el 100% de los encuestados afirmó que recomendaría su uso, y el 92% lo calificó como útil o muy útil. Incluso en la etapa piloto con Copilot Studio (2025-1), el 78% de los estudiantes lo consideró útil o muy útil, a pesar de las limitaciones técnicas reconocidas en ese momento.

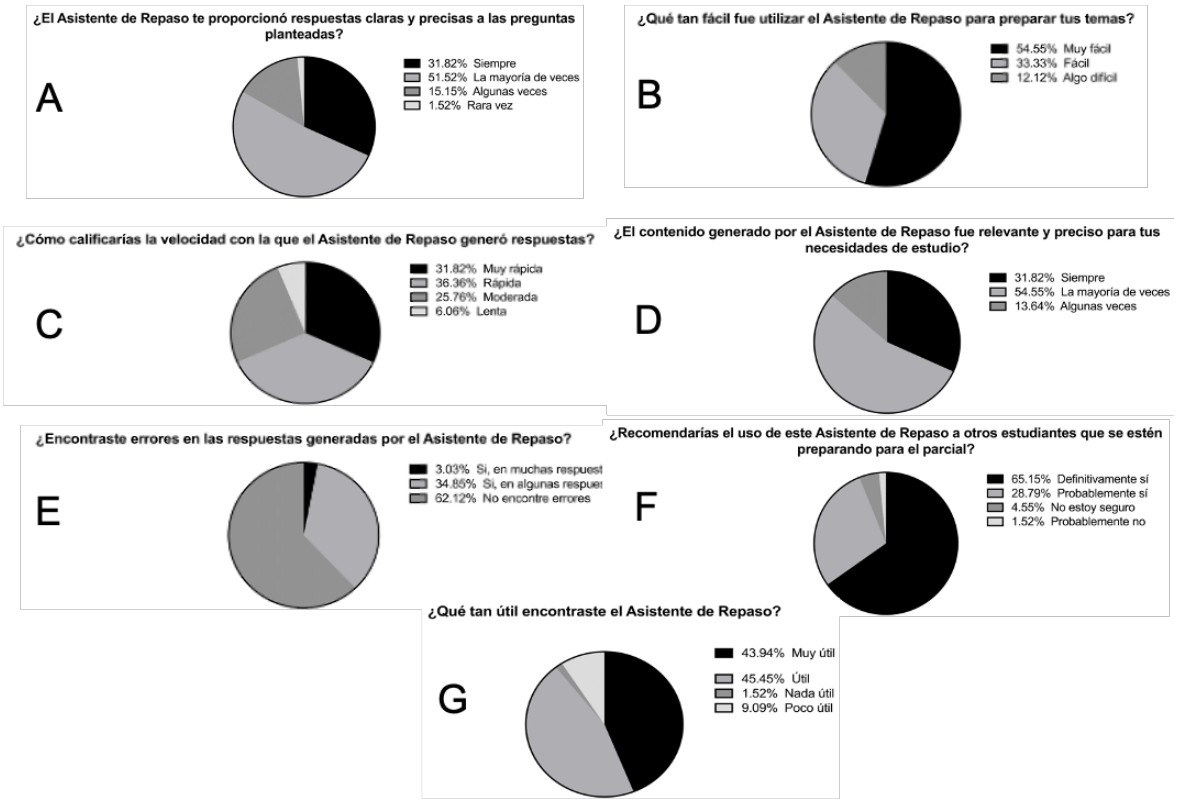

Figura 4: Resultados de encuestas de satisfacción sobre BioFlow como asistente de repaso (2024-2025). La figura muestra los resultados de encuestas anónimas aplicadas a estudiantes tras cuatro momentos clave del curso durante 2024-2 y 2025-1. Los siete gráficos circulares (A-G) presentan diferentes aspectos evaluados: (A) claridad y precisión de respuestas, (B) facilidad de uso, (C) velocidad de respuesta, (D) relevancia del contenido, (E) presencia de errores, (F) disposición a recomendar el asistente, y (G) utilidad general percibida por los estudiantes.

3.3. Resultados cualitativos: percepciones y sugerencias de los estudiantes

Los comentarios abiertos recolectados en las encuestas reflejaron una experiencia de uso positiva y coherente a lo largo de las diferentes versiones de BioFlow. La mayoría de los estudiantes destacaron la facilidad de uso del asistente, describiéndolo como "intuitivo" y "fácil de usar sin necesidad de instrucciones". También resaltaron la relevancia de los contenidos entregados, afirmando que las preguntas estaban bien alineadas con los temas evaluados en los parciales y que los resúmenes conceptuales ofrecidos al inicio de cada sesión ayudaban a organizar el estudio antes de resolver ejercicios.

Una de las características más valoradas fue el enfoque del asistente en el razonamiento, más que en la entrega directa de soluciones. Los estudiantes manifestaron que BioFlow les ayudaba a "pensar cómo llegar a la respuesta" y a reflexionar sobre su proceso de aprendizaje. Esta aproximación fue percibida como útil para fortalecer habilidades de análisis y comprensión, y contribuyó a generar confianza al momento de presentar los exámenes.

Entre las sugerencias de mejora, se identificaron dificultades puntuales con la visualización de fórmulas y unidades, especialmente en plataformas como Copilot Studio, donde la notación

matemática era menos clara. Además, algunos usuarios señalaron oportunidades para ampliar la cobertura temática —mencionando que conceptos como perfil parabólico y región semiinfinita aparecían poco—, mientras que otros temas como reología eran percibidos como más frecuentes de lo necesario. También se propusieron funcionalidades adicionales, como resúmenes al final de cada sesión y el uso de diagramas visuales para reforzar la comprensión conceptual.

3.4. Comparación entre versiones: OpenAI vs Copilot Studio

Para identificar diferencias en la experiencia de uso según la plataforma, se elaboró una tabla comparativa a partir de los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos en los periodos de implementación con OpenAI (2024-2) y Copilot Studio (2025-1). Esta comparación permitió evaluar aspectos como la facilidad de uso, la claridad de las respuestas, la alineación temática y las sugerencias de mejora, proporcionando insumos clave para orientar la futura migración del asistente a nuevas plataformas. Los hallazgos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de la experiencia de uso entre versiones de BioFlow en OpenAI (2024-2) y Copilot Studio (2025-1)

Aspecto evaluado	**OpenAI (2024-2)**	**Copilot Studio (2025-1)**	**Observaciones**
Facilidad de uso	92% (fácil/muy fácil)	86% (fácil/muy fácil)	Ligera disminución atribuible a estructura más rígida en Copilot
Claridad de respuestas	95%	82%	Necesidad de mejorar notación matemática
Relevancia del contenido	89%	91%	Mejor alineación temática con uso de API en Copilot
Velocidad de respuesta	100%	100%	Valorada en ambas versiones
Recomendación general	89%	100%	Aumento tras diseño modular más guiado

4. Discusión

Los resultados obtenidos con BioFlow reflejan una aceptación positiva por parte de los estudiantes, quienes valoraron su utilidad, claridad, facilidad de uso y pertinencia temática. Esta recepción favorable se alinea con lo documentado por Zhang et al. (2024), quienes señalan que las tecnologías basadas en inteligencia artificial, cuando se implementan correctamente, pueden convertirse en instrumentos efectivos para facilitar la comprensión de contenidos conceptualmente complejos. Además, destacan su capacidad para fomentar la autonomía, permitiendo a los estudiantes explorar, practicar y corregir de forma personalizada y continua. Uno de los elementos mejor valorados de BioFlow fue su estructura modular, diseñada para adaptarse a las distintas necesidades y momentos del proceso de aprendizaje. Esta segmentación funcional —con modos específicos para práctica guiada, resolución de ejercicios y repaso temático— fue clave para su efectividad percibida. Como lo plantean Cañavate et al. (2025), uno de los principales beneficios de integrar IA generativa en educación técnica está en la posibilidad de estructurar flujos de

interacción que respondan a las distintas fases del razonamiento ingenieril, lo cual potencia la apropiación gradual del conocimiento.

Asimismo, la incorporación progresiva de retroalimentación en el desarrollo de BioFlow jugó un papel determinante. La estrategia iterativa empleada, basada en la revisión continua por parte de monitores académicos y estudiantes, permitió realizar ajustes significativos tanto en el contenido como en la experiencia conversacional. Esta lógica de mejora continua está en línea con las recomendaciones de Hashimoto (2024), quien enfatiza que las herramientas de IA en ingeniería deben evolucionar desde una perspectiva centrada en el usuario y reforzar competencias como el análisis, la interpretación de resultados y la formulación de hipótesis, más allá de la simple entrega de respuestas. Por otro lado, la experiencia con BioFlow evidenció que las decisiones técnicas también tienen implicaciones pedagógicas importantes. Las limitaciones observadas en plataformas como Copilot Studio —particularmente en la visualización de fórmulas y diagramas— afectaron parcialmente la comprensión en temas como reología o perfiles de velocidad. Estas observaciones coinciden con lo planteado por Al-Zahrani y Alasmari (2024), quienes advierten que la integración de IA en educación superior debe considerar tanto los beneficios como los desafíos éticos y funcionales, especialmente en contextos donde la precisión del contenido es crítica.

Finalmente, los hallazgos obtenidos con BioFlow permiten aportar a la discusión académica sobre el papel real y potencial de la IA generativa en cursos técnicos. Si bien los asistentes como BioFlow no reemplazan el acompañamiento docente, sí pueden complementar de manera efectiva la experiencia de aprendizaje, promover el pensamiento crítico y reducir barreras de acceso a la retroalimentación inmediata. Su implementación también representa una oportunidad para que las instituciones avancen hacia modelos de enseñanza más flexibles, inclusivos y orientados al desarrollo de competencias de orden superior.

4.1. Limitaciones y desafíos

A pesar de sus fortalezas, la implementación de BioFlow también enfrentó limitaciones importantes, muchas de ellas derivadas de las plataformas utilizadas. Una de las más relevantes fue la dificultad para mostrar fórmulas matemáticas complejas o unidades con precisión. Dado que herramientas como OpenAI y Copilot Studio no soportaban formatos como LaTeX o integración visual, algunos estudiantes reportaron ambigüedades al interpretar respuestas relacionadas con temas como flujo parabólico o gradientes de presión. También se identificaron restricciones en la incorporación de elementos gráficos, como esquemas o diagramas que facilitaran la comprensión de conceptos visuales. Aunque esta funcionalidad fue solicitada por varios usuarios, su ausencia respondió a limitaciones tecnológicas más que pedagógicas.

Desde el punto de vista del contenido, algunos estudiantes notaron una cobertura desigual de los temas: tópicos como reología fueron recurrentes, mientras que otros como región semiinfinita o análisis adimensional aparecieron con menor frecuencia. Estas observaciones condujeron a mejorar los filtros de selección en la API y ajustar el banco de preguntas. En respuesta a estos desafíos, se proyecta migrar BioFlow a n8n, una plataforma que permitirá integrar visualización matemática con LaTeX, generar contenido gráfico automático y ampliar la personalización del asistente. Estas mejoras no solo buscan superar limitaciones técnicas, sino también reforzar su valor pedagógico en contextos de alta exigencia conceptual.

4.2. Consideraciones éticas

El diseño de BioFlow estuvo orientado a promover el aprendizaje activo, la equidad y la autonomía del estudiante. Por ello, se evitó que el asistente entregara soluciones completas, favoreciendo en cambio procesos de guía paso a paso, retroalimentación conceptual y refuerzo del razonamiento crítico. Esta decisión pedagógica, junto con la segmentación de modos de uso, permitió adaptar la herramienta a distintos estilos de aprendizaje sin reemplazar el rol del docente. Además, BioFlow no recopila ni almacena datos personales, y todas las interacciones se realizan de manera anónima, respetando la privacidad del usuario.

En términos institucionales, la iniciativa se enmarca en la Estrategia de IAGen de la Universidad de los Andes, que promueve un uso ético, crítico e inclusivo de la inteligencia artificial en educación. Bajo estos lineamientos, se definieron principios de transparencia, co-diseño con usuarios reales y evaluación continua, los cuales fueron aplicados durante todo el proceso de desarrollo. Asimismo, al estar disponible gratuitamente para todos los estudiantes del curso, se garantizó un acceso equitativo a los beneficios de la herramienta.

4.3. Trabajo futuro

El desarrollo futuro de BioFlow contempla su migración a la plataforma n8n, con el fin de mejorar la escalabilidad, automatización y visualización de contenido matemático mediante el uso de LaTeX y generación de gráficos. También se proyecta incorporar funcionalidades como preguntas de opción múltiple, resúmenes automáticos por sesión y representación visual de conceptos complejos. Además, se planea expandir su aplicación a otros cursos de ingeniería biomédica que aborden temas similares, así como desarrollar un módulo de evaluación automática y trazabilidad del progreso. Estas mejoras buscan consolidar a BioFlow como una herramienta integral de acompañamiento académico que evoluciona con las necesidades reales de los estudiantes.

5. Referencias

- Al-Zahrani, A. M., & Alasmari, T. M. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence on higher education: The dynamics of ethical, social, and educational implications. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, Article 912. https://www.nature.com/articles/s41599-024-03432-4. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03432-4
- Cañavate, J., Martínez-Marroquín, E., & Colom, X. (2025). *Engineering a sustainable future through the integration of generative AI in engineering education*. Sustainability, 17(7), 3201. https://www.mdpi.com/2071-1050/17/7/3201. https://doi.org/10.3390/su17073201
- Hashimoto, S. (2024). *Utilization of artificial intelligence by students in interdisciplinary field of biomedical engineering*. Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, 22(7), 1–5. https://www.iiisci.org/journal/PDV/sci/pdfs/ZA168MH24.pdf. https://doi.org/10.54808/JSCI.22.07.1
- Zhang, N., Leong, W. Y., Zhang, T., & Wei, C. (2024). *Artificial Intelligence in Engineering Education: A Review of Pedagogical Innovations*. *INTI Journal*, 2024(46), 1–13. http://eprints.intimal.edu.my/2083/3/ij2024_46.pdf. https://doi.org/10.61453/INTIj.202446

Sobre los autores

- **Susana Serrano Arango**: Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. s.serranoa@uniandes.edu.co
- **Amelia Serrano Arango**: Estudiante de Ingeniería de Sistemas, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. a.serranoa2@uniandes.edu.co
- **Jesse Padilla**, MSc.: Líder de Proyectos, CIFI Informática, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. pa.jesse10@uniandes.edu.co
- **Rubby Casallas**, Ph.D.: Decana. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. rcasalla@uniandes.edu.co
- **Luis H. Reyes**, Ph.D.: Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. lh.reyes@uniandes.edu.co
- **Juan C. Cruz**, Ph.D.: Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Biomédica. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. jc.cruz@uniandes.edu.co

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)