

<https://doi.org/10.23913/ride.v16i32.2901>

Artículos Científicos

Panorama del aprendizaje adaptativo en la educación superior STEM: Análisis tecnopedagógico de experiencias, desafíos y oportunidades de implementación

*Overview of adaptive learning in STEM higher education: A techno-
pedagogical analysis of experiences, challenges, and opportunities for
implementation*

*Visão geral da aprendizagem adaptativa no ensino superior em STEM:
análise tecnopedagógica de experiências, desafios e oportunidades de
implementação*

Froylan Hernández Rendón

Universidad Nacional Autónoma de México, México

fhernandez@enesmorelia.unam.mx

<https://orcid.org/0009-0003-5553-0543>

Moramay Ramírez Hernández

Universidad Tecnológica de Tecámac, México

mramirez@uttecamac.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3813-5149>

Resumen

A raíz de la pandemia, se registró un incremento importante en el uso de plataformas educativas digitales de aprendizaje adaptativo, principalmente en la educación superior. En el ámbito STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), la adopción de sistemas de aprendizaje adaptativo ha mostrado mejoras significativas en la comprensión conceptual y la autonomía del estudiante, aunque su integración enfrenta retos pedagógicos y tecnológicos. El objetivo de la presente investigación es analizar de manera sistemática las experiencias documentadas sobre la implementación del aprendizaje adaptativo en la educación superior en áreas STEM, identificando los principales desafíos técnicos y pedagógicos, así como las



oportunidades de mejora que permitan proponer un Modelo de Madurez Tecnopedagógico para una adecuada integración.

La investigación fue realizada utilizando una metodología de revisión sistemática de literatura basada en la guía PRISMA. Los resultados muestran que el aprendizaje adaptativo contribuye en gran medida al fortalecimiento del desempeño académico y al compromiso de los estudiantes, reduciendo la deserción y fomentando la participación activa, con mayor incidencia en áreas como matemáticas, programación y química. Igualmente, se identificaron diversos desafíos técnicos y pedagógicos relacionados principalmente con el diseño curricular, la autorregulación y la motivación estudiantil. En conclusión, la implementación del aprendizaje adaptativo en STEM evidencia proyección futura favorable, aunque el impacto de estas innovaciones solo se consolida cuando existe una planeación institucional que coordine los aspectos técnicos, formativos y de gestión educativa. Adicionalmente, se identificaron algunas limitaciones como: resistencia al cambio, estrés derivado del uso intensivo de plataformas, y la brecha de infraestructura, lo que condiciona la generalización de los resultados.

Palabras clave: aprendizaje adaptativo, educación superior, innovación educativa, STEM, tecnopedagógico.

Abstract

Following the pandemic, there has been a marked increase in the use of digital adaptive learning platforms, particularly in higher education. Within the STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) disciplines, the adoption of adaptive learning systems has demonstrated notable improvements in conceptual understanding and student autonomy, although their integration encounters both pedagogical and technological challenges. This study aims to systematically analyze documented experiences of implementing adaptive learning in STEM higher education, identifying the primary technical and pedagogical obstacles as well as opportunities for improvement, thereby enabling the proposal of a technopedagogical maturity model.

The research was conducted using a systematic review methodology guided by the PRISMA model. Results indicate that adaptive learning significantly enhances academic performance and student engagement, reduces dropout rates, and promotes active participation, with the most pronounced effects observed in fields such as mathematics, programming, and

chemistry. Furthermore, several technical and pedagogical challenges were identified, primarily related to curriculum design, self-regulation, and student motivation. In conclusion, the implementation of adaptive learning in STEM demonstrates strong potential; however, the impact of these innovations is fully realized only when institutional planning coordinates technical, training, and educational management aspects. Additional limitations were noted, including resistance to change, stress associated with intensive platform use, and infrastructure gaps, which constrain the generalizability of the findings.

Keywords: Adaptive learning, Higher education, Educational innovation, STEM, Technopedagogical.

Resumo

Como resultado da pandemia, houve um aumento significativo no uso de plataformas digitais de ensino para aprendizagem adaptativa, principalmente no ensino superior. Nas áreas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), a adoção de sistemas de aprendizagem adaptativa demonstrou melhorias significativas na compreensão conceitual e na autonomia dos alunos, embora sua integração enfrente desafios pedagógicos e tecnológicos. O objetivo desta pesquisa é analisar sistematicamente as experiências documentadas sobre a implementação da aprendizagem adaptativa no ensino superior em áreas STEM, identificando os principais desafios técnicos e pedagógicos, bem como oportunidades de melhoria que permitam a proposição de um Modelo de Maturidade Tecnopedagógica para sua adequada integração.

A pesquisa foi conduzida utilizando uma metodologia de revisão sistemática da literatura baseada nas diretrizes PRISMA. Os resultados mostram que a aprendizagem adaptativa contribui significativamente para o fortalecimento do desempenho acadêmico e do engajamento dos alunos, reduzindo as taxas de evasão e fomentando a participação ativa, com maior impacto em áreas como matemática, programação e química. Da mesma forma, diversos desafios técnicos e pedagógicos foram identificados, principalmente relacionados ao planejamento curricular, à autorregulação e à motivação dos alunos. Em conclusão, a implementação da aprendizagem adaptativa em STEM demonstra perspectivas futuras promissoras, embora o impacto dessas inovações só se consolide quando houver um planejamento institucional que coordene os aspectos técnicos, de formação e de gestão educacional. Além disso, algumas limitações foram identificadas, como a resistência à

mudança, o estresse resultante do uso intensivo de plataformas e a lacuna de infraestrutura, o que dificulta a generalização dos resultados.

Palavras-chave: aprendizagem adaptativa, ensino superior, inovação educacional, STEM, tecnopedagogia.

Fecha Recepción: Septiembre 2025

Fecha Aceptación: Marzo 2026

Introducción

En años recientes, la educación a nivel universitario, principalmente en Latinoamérica, ha enfrentado retos importantes que la han llevado a transformar las prácticas de enseñanza, especialmente en áreas STEM caracterizadas por su alta exigencia cognitiva y tasas elevadas de deserción.

Las universidades con orientación tecnológica, ante la necesidad de modernizar los procesos formativos, han impulsado la exploración de entornos adaptativos. Estos sistemas ajustan la secuencia y complejidad del contenido con base en el desempeño individual, priorizando la flexibilidad curricular y la retroalimentación.

Las investigaciones recientes han demostrado los beneficios que tiene el aprendizaje adaptativo en contextos escolares y también corporativos. Sin embargo, su implementación en áreas STEM sigue siendo limitada, sobre todo en la educación superior, donde se presenta escasa sistematización sobre sus condiciones de éxito, limitaciones prácticas y niveles de impacto.

Aunado a lo anterior, resulta necesario evaluar cómo estas tecnologías pueden integrarse de manera adecuada a los modelos pedagógicos universitarios, considerando los principios de equidad, inclusión y calidad educativa.

El objetivo de esta investigación es analizar de manera sistemática las experiencias documentadas sobre la implementación del aprendizaje adaptativo en la educación superior en áreas STEM para identificar los principales desafíos técnicos y pedagógicos, así como las oportunidades de mejora que permitan proponer un modelo de madurez tecnopedagógico.

En este contexto, la presente investigación tiene como propósito realizar una revisión sistemática de literatura tomando como base el modelo PRISMA para mejorar la calidad y transparencia de la revisión.

La hipótesis planteada fue que la implementación del aprendizaje adaptativo en educación superior en áreas STEM, cuando está mediada por un diseño tecnopedagógico coherente, contribuye positivamente al rendimiento académico y a la motivación estudiantil.

El aprendizaje adaptativo es una estrategia educativa centrada en el análisis de los datos generados durante el proceso de aprendizaje. Esta información permite al docente ajustar y personalizar los contenidos de enseñanza, atendiendo adecuadamente las características y necesidades de aprendizaje individuales (Parra Rojas, 2023). A pesar de que el aprendizaje adaptativo no es un concepto novedoso, en la actualidad ha tenido relevancia gracias al desarrollo tecnológico y al creciente uso de plataformas educativas digitales (Ramírez y León, 2023).

También, el empleo de algoritmos inteligentes permite examinar de manera continua la información generada por los estudiantes, detectando tendencias en su avance y diversidad de estrategias de estudio, gracias al surgimiento y desarrollo de sistemas de Inteligencia artificial (IA) (Aparicio-Gómez y Aparicio-Gómez, 2024).

Por su parte, el término STEM (siglas en inglés de Science, Technology, Engineering and Mathematics), abarca diversas áreas y también tiene gran relevancia en la actualidad. El acrónimo se refiere a diversas disciplinas científicas y tecnológicas, integrando además conocimientos competencias y prácticas relacionadas con estos ámbitos (Simó et al., 2020). Esta formación, conocida como alfabetización STEM, se construye progresivamente durante la trayectoria escolar (Simó et al., 2020).

Materiales y métodos

La metodología elegida para este trabajo de investigación tiene un enfoque cualitativo, de tipo documental. La investigación se llevó a cabo mediante una revisión sistemática de literatura, la cual consiste en un resumen estructurado y objetivo integrado a través de una serie de procesos, mediante los cuales se identifican, seleccionan, evalúan y sintetizan los hallazgos de investigaciones de calidad relacionadas con el tema de investigación planteado (Chan Arceo y Canto Herrera, 2022; Sánchez-Serrano et al., 2022).

Aunque hay diversos modelos para elaborar revisiones de estudios, con el fin de asegurar rigor científico en este trabajo se decidió utilizar la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Sánchez-Serrano et al., 2022), además de integrar una triangulación teórica y trazabilidad del proceso.

Fuentes de información

La recopilación de datos se realizó a partir de un protocolo estructurado de revisión sistemática, que incluyó la identificación, selección, evaluación y síntesis de los estudios. Este protocolo fue el instrumento principal de recolección de datos documentales, ya que permitió organizar y analizar de manera rigurosa la evidencia empírica publicada sobre aprendizaje adaptativo en la educación superior en áreas STEM.

Por otra parte, para obtener una muestra confiable, actualizada y de alta calidad, el estudio siguió un enfoque de revisión sistemática de literatura con énfasis descriptivo-comparativo, considerando artículos publicados en Scopus y Web of Science, que son consideradas entre las principales bases de datos bibliográficas internacionales.

Se dio prioridad a investigaciones empíricas sobre aprendizaje adaptativo aplicadas a programas universitarios de ingeniería y ciencias, bajo los lineamientos PRISMA. Se utilizó una concatenación empleando el operador booleano OR y las palabras clave: adaptive learning, STEM y higher education, considerando que estas podían encontrarse en el texto de los documentos, esto con el fin de recopilar el mayor número de trabajos que pudieran enriquecer la revisión.

Con el propósito de considerar únicamente trabajos publicados en revistas de relevancia académica, al realizar la búsqueda de información en las bases de datos se eligieron los criterios de inclusión y de exclusión que son mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión empleados para la obtención de la muestra

Inclusión	Exclusión
Artículos de revistas.	Artículos de congresos y conferencias.
Publicaciones de acceso abierto.	Libros y capítulos de libros.
Investigaciones relacionadas con aprendizaje adaptativo en STEM.	Acceso restringido.
Estudios empíricos.	Artículos duplicados.
Investigaciones realizadas en nivel superior.	Estudios teóricos o revisiones.
Trabajos de los últimos 5 años.	

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se continuó con la búsqueda de artículos empleado la cadena de búsqueda “adaptive learning OR STEM OR higher education”. Se encontraron un total de 44 documentos en Scopus y 127 en WoS que incluían las palabras clave especificadas y además fueron publicados entre los años 2020 y 2025. Una vez aplicados los criterios mencionados

quedaron filtrados únicamente 14 artículos de la base de datos de Scopus y 62 de la base de datos WoS mismos que fueron revisados con mayor nivel de detalle.

Recopilación de datos

Una vez que se identificaron en una primera fase los trabajos potencialmente relacionados con el tema de investigación, se procedió a realizar la descarga de la información relevante de cada uno de ellos. Es importante señalar que tanto la base de datos de Scopus como la de WoS tienen funciones que permiten exportar de manera masiva información de los trabajos resultantes del proceso de búsqueda.

Una vez recopilada la información de los trabajos, se inició con el proceso de cribado el cual fue realizado por dos revisores, en dicho proceso se seleccionaron de manera rigurosa y transparente los trabajos que tenían información relevante para la investigación y se descartaron aquellos que no aportaban información adecuada o que no estaban relacionados con el tema de investigación.

En una primera etapa se procedió a revisar de manera estricta el resumen o abstract de los estudios, donde se encontró que, aunque muchos de ellos incluían las palabras clave, no eran trabajos enfocados en estudiar el uso de aprendizaje adaptativo en STEM, por lo que fueron descartados.

Posteriormente, se procedió a revisar el texto completo de los estudios restantes, lo que permitió identificar los trabajos relacionados con el tema de investigación. El número de trabajos incluidos para esta revisión sistemática de literatura después del proceso de cribado es de 13 documentos, 3 resultantes de la búsqueda en Scopus y 10 de WoS. La figura 1 muestra el proceso de selección de documentos.

Figura 1. Proceso de selección de documentos



Fuente: Elaboración propia

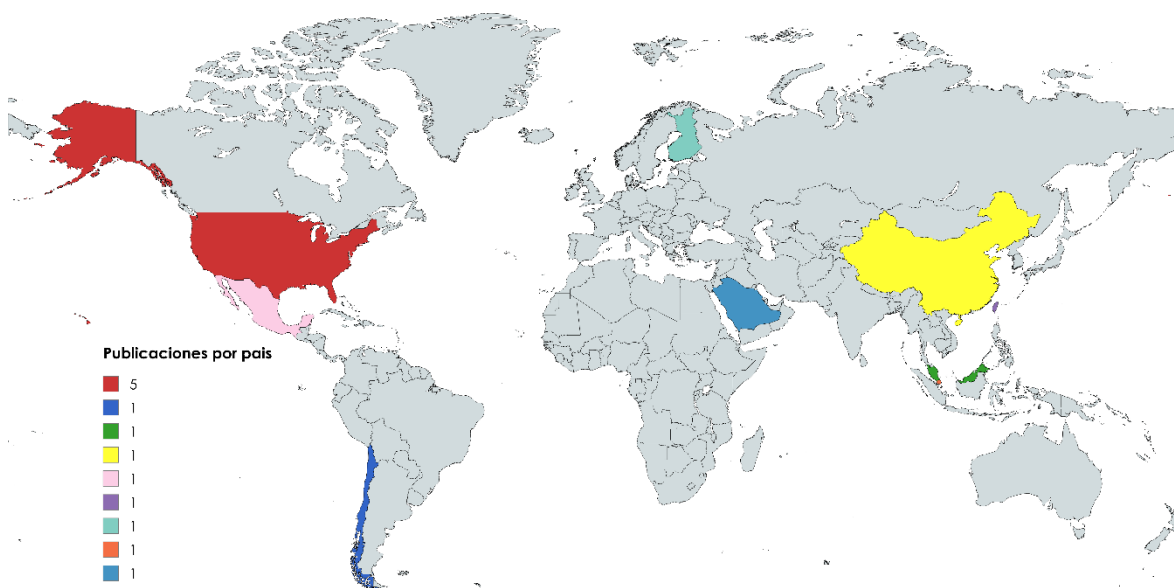
Resultados

El análisis de la información de los trabajos incluidos permitió identificar, además de los principales resultados mencionados por los autores, aspectos importantes, tales como la concentración de trabajos por ubicación geográfica y por área del conocimiento. Aunado a ello, se destacan los principales desafíos técnicos y pedagógicos identificados en la implementación del aprendizaje adaptativo en la educación superior en áreas STEM. Finalmente se realizó la propuesta de un modelo de madurez tecnopedagógico.

Resultados por país

La figura 2 muestra la distribución de publicaciones por país que cumplieron con los criterios de inclusión (n=13), donde n corresponde al número de trabajos incluidos.

Figura 2. Distribución de estudios incluidos por país



Fuente: Elaboración propia

Los datos muestran que en América del Norte se concentran 6/13 trabajos, impulsados principalmente por Estados Unidos con 5/13, lo que indica un ecosistema de investigación y financiación consolidado en aprendizaje adaptativo aplicado a STEM, lo que podría estar asociado con mayor disponibilidad de plataformas comerciales y de analítica de aprendizaje. La presencia de México con 1/13 indica que la región mantiene líneas activas de adopción, aunque todavía con menor densidad de estudios, lo que podría reflejar diferencias de infraestructura, capacitación docente y recursos institucionales.

En Asia se tienen 5/13, con países como China, Taiwán, Singapur, Malasia y Arabia Saudita, cada uno con 1/13. Se observa una distribución amplia y policéntrica: estos casos apuntan a agendas nacionales que impulsan la digitalización universitaria y la medición del aprendizaje, con fuerte orientación a ingeniería. Europa aparece representada por Finlandia con 1/13, consistente con su tradición de innovación pedagógica y evaluación formativa, aunque la muestra indica una producción específica y no masiva.

En conjunto, el mapa geográfico indica tres patrones; (1) de sistemas universitarios con capacidad instalada y madurez tecnológica como el caso de Estados Unidos y Singapur que tienden a publicar más; (2) de países con políticas de modernización educativa (varios asiáticos y Arabia Saudita) que emergen con estudios específicos que indican adopciones en expansión; (3) de América Latina (Chile y México) el cual avanza, pero enfrenta brechas de interoperabilidad, formación docente y sostenibilidad institucional, lo que podría explicar su

menor volumen relativo. Estas diferencias son importantes porque condicionan el grado de adaptación real, la retroalimentación inmediata y el alineamiento tecnopedagógico, factores que se asocian con mejoras en rendimiento y retención.

Sin embargo, se debe considerar que la interpretación del tamaño muestral (13 estudios) y la búsqueda acotada a Scopus/WoS y a acceso abierto pueden subrepresentar países con publicaciones en otros repositorios y los idiomas en los que se buscó (inglés/español) podrían sesgar a favor de ciertos contextos. Aun así, los datos muestran que la ventana de oportunidad para reducir brechas en STEM mediante aprendizaje adaptativo es global, pero su impacto depende de capacidades locales: infraestructura digital, desarrollo profesional docente, gobernanza de datos (estándares de metadatos que faciliten la organización de los datos) y políticas de evaluación que integren analítica de aprendizaje.

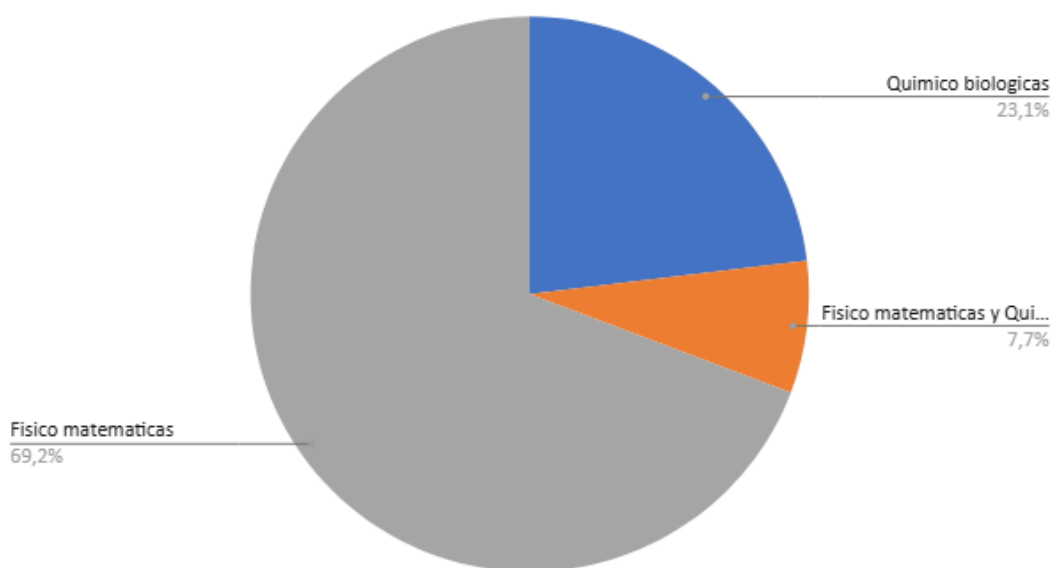
Resultados por área del conocimiento

El análisis de los resultados con base en el área del conocimiento donde fueron aplicados los estudios, mostró que el campo de Físico-Matemáticas es el ámbito con mayor concentración de estudios sobre el uso de aprendizaje adaptativo en áreas STEM, encontrando que 69.2% (9/13) de los trabajos están enfocados en esta área. Se encontró que algunos de los trabajos se aplicaron en ingenierías y otros en carreras tecnológicas. En México, los sistemas educativos clasifican dentro del área de Físico-Matemáticas estas carreras.

Otra de las áreas STEM donde se llevó a cabo un porcentaje significativo de estudios son las Ciencias Químico Biológicas. Se identificó que 23.1% de los trabajos fueron realizados en esta área, específicamente en cursos de química. Además, se encontró un estudio, que representa el 7.7% del total de trabajos incluidos en esta revisión, se aplicó en cursos que pertenecen a las dos áreas del conocimiento, Físico-Matemáticas y Químico Biológicas. En la figura 3, se pueden observar los porcentajes de trabajos asociados a cada área del conocimiento.

Figura 3. Distribución de estudios incluidos por área del conocimiento

Resultados por área



Fuente: Elaboración propia

Este análisis mostró que el uso y estudio del aprendizaje adaptativo en la educación superior STEM está concentrado en muy pocas áreas de conocimiento, específicamente en disciplinas como Matemáticas y Química y en algunas carreras relacionadas con áreas Tecnológicas e Ingenierías.

Desafíos técnicos

Dentro de la información relevante que fue identificada mediante la revisión y análisis de los trabajos seleccionados, sobresalen los desafíos técnicos en la implementación del aprendizaje adaptativo en los diferentes contextos STEM, los cuales van más allá de los aspectos meramente instrumentales o de infraestructura.

Aparte de las limitaciones asociadas con aspectos tecnológicos, estos desafíos muestran tensiones tecnopedagógicas relacionadas con la integración de las plataformas educativas adaptativas en los ecosistemas institucionales, la interoperabilidad entre sistemas, la gobernanza de datos y la traducción o interpretación de datos resultantes de la analítica del aprendizaje en decisiones pedagógicas significativas. Con base en lo anterior, fue posible clasificar los desafíos técnicos identificados en cuatro ejes interrelacionados: infraestructura

digital, analítica del aprendizaje y evaluación, gestión institucional e integración pedagógica de la tecnología.

En lo referente al eje de infraestructura digital, uno de los desafíos identificados es el gran potencial que tienen las plataformas y evaluaciones adaptativas para mejorar la predicción del rendimiento de los estudiantes, sin embargo, se observa que es necesario realizar de manera constante ajustes y mantenimiento, así como integrar diversas métricas que ayuden a garantizar su eficacia (Díaz y Aizman, 2024; Vyas et al., 2021).

Para la práctica STEM, esto implica que el uso de plataformas y evaluaciones adaptativas no debe limitarse a su implementación técnica, ya que requiere una gestión continua de actualización para mostrar con precisión el progreso de los estudiantes. Adicionalmente, la integración de otras métricas como la participación en laboratorios, la resolución de problemas y el pensamiento crítico es esencial para obtener una visión más completa del aprendizaje.

Otro de los desafíos dentro del mismo eje está relacionado con las limitaciones tecnológicas y problemas de integración con los LMS institucionales que presentan las plataformas de aprendizaje adaptativo, lo que dificulta su implementación y un adecuado aprovechamiento (Díaz y Aizman, 2024; Sockalingam et al., 2025). En consecuencia, se requiere fortalecer la interoperabilidad entre plataformas adaptativas y los LMS institucionales, fomentando el uso de entornos integrados que faciliten la adaptación de los contenidos STEM de acuerdo a las competencias específicas de cada disciplina.

Aún con el avance y desarrollo tecnológico actual, la identificación de herramientas adecuadas para el aprendizaje adaptativo sigue siendo un desafío, especialmente ante la falta de herramientas que permitan evaluar de manera precisa el compromiso y la participación de los estudiantes (Sockalingam et al., 2025; Wu et al., 2023).

Esta situación demanda el desarrollo y selección de herramientas que puedan adaptarse a los diferentes contextos disciplinares y generar métricas fiables sobre el nivel de compromiso del estudiante, fomentando la toma de decisiones pedagógicas basadas en datos y una personalización más efectiva del aprendizaje.

En el eje de analítica y evaluación, uno de los principales desafíos identificados es la falta de marcos sólidos de evaluación que permitan medir de manera adecuada la transferencia de habilidades y que se puedan escalar para dar seguimiento al aprendizaje y su aplicación más allá de la finalización del curso (Fischer et al., 2022; Tang y Odeleye, 2023).

Lo cual implica para contextos STEM la necesidad de avanzar hacia modelos de evaluación que valoren el desempeño inmediato del estudiante y la aplicación y sostenibilidad de las habilidades adquiridas en escenarios reales y a largo plazo, promoviendo una visión más integral del impacto del aprendizaje adaptativo en la formación científica y tecnológica.

Por otra parte, el análisis de la información generada durante el proceso de aprendizaje continúa siendo complejo, especialmente al intentar establecer predicciones factibles y fiables entre los conceptos STEM y los comportamientos de aprendizaje en entornos masivos (MOOCs), “por lo que, el desarrollo de modelos híbridos de usuario exige un procesamiento de datos en tiempo real que incremente la precisión y relevancia de la adaptación” (Xia y Qi, 2024; Zairon et al., 2025).

Se recomienda fortalecer las capacidades analíticas y de procesamiento de datos en tiempo real para que las plataformas adaptativas puedan dar retroalimentación más precisa y contextualizada. También se sugiere integrar enfoques interdisciplinarios de análisis educativo y ciencia de datos que ayuden a comprender mejor las trayectorias de aprendizaje y a optimizar la personalización en entornos educativos a gran escala.

En el eje de gestión institucional, se identificó que el desarrollo e implementación de evaluaciones adaptativas y de recursos educativos digitales sigue representando grandes retos para los docentes, debido principalmente al tiempo y a los recursos necesarios (Díaz y Aizman, 2024; Sockalingam et al., 2025; Tang y Odeleye, 2023).

A partir de este desafío identificado se sugiere promover estrategias institucionales que optimicen la distribución de los recursos disponibles, fomenten el trabajo colaborativo entre los docentes y desarrolladores, e integren herramientas innovadoras que ayuden a reducir el tiempo y costos de producción de contenidos adaptativos e inmersivos, sin comprometer su calidad pedagógica.

Se identificó que la gestión y el aprovechamiento de los datos en las plataformas educativas adaptativas representan retos considerables, sobre todo por las dificultades que implica la combinación de indicadores de diversa índole y por las preocupaciones respecto a la privacidad, la gobernanza y la disponibilidad de información (Pilotti et al., 2022; Sockalingam et al., 2025; Vyas et al., 2021).

Por otra parte, se propone establecer políticas claras de gestión y protección de datos asociados a las diversas actividades STEM, además del desarrollo de la infraestructura para integrar diversas fuentes de información de forma segura y ética.

Cabe mencionar que las plataformas adaptativas enfrentan dificultades para ajustarse a las diversas estructuras de curso y presentan problemas de usabilidad relacionados con la navegación y el diseño visual, lo que limita su aprovechamiento pedagógico y la experiencia de aprendizaje tanto de estudiantes como de docentes (Fischer et al., 2022; Zairon et al., 2025).

Por otro lado, se recomienda trabajar en el desarrollo de plataformas adaptativas flexibles, que integren interfaces intuitivas y diseños visuales accesibles, y que se puedan adaptar a la complejidad y diversidad de los cursos que se imparten en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. Por lo tanto, se requiere un enfoque de diseño centrado en el usuario y la colaboración continua interdisciplinaria.

Con respecto a los desafíos identificados en el eje de integración pedagógica de la tecnología, se encontró que la integración de herramientas de IA en entornos educativos enfrenta problemas de escalabilidad y dificultades para incorporar de manera efectiva las aportaciones del estudiante en los procesos de toma de decisiones de la IA, lo que limita su capacidad de adaptación personalizada y contextual (Sung et al., 2025; Yan et al., 2024).

Debido a lo anterior, se sugiere trabajar en el desarrollo de herramientas de IA más transparentes y escalables, que sean capaces de integrar las respuestas y experiencias del estudiante como un elemento esencial que influya dentro del proceso de adaptación. De esta manera se lograría una personalización más dinámica y equitativa, sobre todo en contextos STEM donde la interacción con la tecnología y la resolución de problemas son fundamentales para el aprendizaje.

Por otro lado, los sistemas de tutoría inteligentes y las plataformas educativas adaptativas enfrentan el riesgo de que la retroalimentación automática generada por IA que brindan a los estudiantes, se perciba como poco auténtica o insuficiente, debido sobre todo a la falta de guía personalizada y a la dependencia del control automatizado que reduce en gran medida la interacción entre los estudiantes y el sistema (Clark et al., 2022; Contrino et al., 2024; Sung et al., 2025; Yan et al., 2024).

Por lo anterior, se propone trabajar en el desarrollo de mecanismos de retroalimentación más humanizados y bien contextualizados, que brinden retroalimentación con fundamentos pedagógicos y que logren un equilibrio entre la automatización y la

intervención del profesor. De esta manera se fomentan experiencias de aprendizaje donde la IA solo complementa, sin sustituir el acompañamiento docente, buscando aumentar la motivación, la confianza y la satisfacción al utilizar plataformas adaptativas.

Las plataformas adaptativas basadas en IA están sujetas a las limitaciones de los modelos de lenguaje que emplean y presentan dificultades para capturar en tiempo real los estados afectivos de los estudiantes, lo que implica la necesidad de realizar procesos de reentrenamiento del modelo de forma continua (Sung et al., 2025; Wu et al., 2023; Yan et al., 2024).

Esto muestra la necesidad de avanzar hacia modelos de IA más sensibles a aspectos emocionales y cognitivos del estudiante, que tengan la capacidad de integrar información multimodal y actualizada que facilite un adecuado seguimiento de su aprendizaje. Adicionalmente, se requiere fortalecer los procesos de entrenamiento continuo de los modelos para mejorar la detección y análisis de interacciones con objetos y situaciones propias de las disciplinas científicas y tecnológicas, procurando de esta manera una adaptación más precisa y significativa.

Este análisis permitió identificar que, dentro de los desafíos técnicos relacionados con los cuatro ejes indicados, el más citado por los autores es el que se refiere a los diversos problemas relacionados con la retroalimentación automática generada por IA que se presenta a los estudiantes dentro de las plataformas adaptativas.

Desafíos pedagógicos

El análisis de los trabajos seleccionados también permitió identificar desafíos dentro del ámbito pedagógico de los estudios. Estos desafíos muestran principalmente la necesidad de equilibrar la automatización de los procesos de aprendizaje con la intervención humana, de integrar competencias transversales y de mejorar la atención a la diversidad cognitiva y motivacional de los estudiantes (OCDE, 2019). A partir de la revisión sistemática, se lograron distinguir cinco ejes principales: diversidad del aprendizaje, autorregulación del aprendizaje, práctica docente y apoyo institucional, diseño curricular y competencias, y motivación y retroalimentación.

Dentro del eje de diversidad del aprendizaje, se identificó que brindar apoyo a estudiantes en situación de riesgo con necesidades diversas sigue representando un desafío en los entornos STEM, debido a la necesidad de implementar enfoques multidimensionales

que consideren factores cognitivos, afectivos y demográficos, y que respondan de manera adaptativa a las diferencias individuales que influyen en el rendimiento y la participación de los alumnos (Pilotti et al., 2022; Vyas et al., 2021).

Este desafío muestra la importancia de trabajar en el diseño de estrategias de inclusión y personalización que consideren la diversidad de características y necesidades de los estudiantes. Por otra parte, se requiere integrar modelos de aprendizaje adaptativo que consideren las diferencias individuales y contextuales, y que fomenten la equidad educativa y reducción de brechas en el desempeño especialmente en asignaturas asociadas con altas tasas de deserción o reprobación.

La identificación de los factores que influyen en el rendimiento académico resulta compleja debido a la diversidad presente en estudiantes que aprenden en un idioma diferente a su lengua materna, lo que exige diseñar e implementar parámetros e indicadores que ayuden a guiar el comportamiento de aprendizaje en los distintos cursos STEM y muestren con precisión sus diferencias individuales y contextuales (Pilotti et al., 2022; Xia y Qi, 2024).

Es necesario desarrollar plataformas adaptativas que sean sensibles a aspectos culturales y lingüísticos, con la capacidad de ajustar de manera dinámica los parámetros de aprendizaje según el perfil de los estudiantes. Esto permitiría a los docentes diseñar experiencias más inclusivas y eficaces para estudiantes que aprenden en un segundo idioma, mejorando tanto su comprensión conceptual como su participación en diversas áreas científicas y tecnológicas.

La validez y eficacia de las funciones de predicción en plataformas adaptativas dependen en gran medida de la capacidad que se tenga para realizar actualizaciones periódicas y adaptaciones basadas en los cambios en las características del comportamiento y en las formas de interacción, así como de superar la complejidad que representa el diseño e implementación de rutas de aprendizaje individuales que muestren con precisión el aprendizaje en contextos STEM (Pilotti et al., 2022; Xia y Qi, 2024).

Este desafío resalta la necesidad de fortalecer los mecanismos de análisis y validación continua de los modelos de predicción, procurando que reflejen la evolución de los comportamientos de aprendizaje y las interacciones entre conceptos. Para esto se requiere del uso de rutas de aprendizaje individuales que integren grafos o nodos de conocimiento dinámicos y herramientas analíticas que tengan la capacidad de capturar la complejidad y los cambios constantes del aprendizaje en las disciplinas científicas y tecnológicas.

En el eje de autorregulación del aprendizaje se identificaron limitaciones considerables, ocasionadas principalmente por factores como son la falta de apoyo por parte de los docentes, el uso de enfoques de evaluación únicos que no consideran las diferencias individuales, y la necesidad de elaborar de manera previa recursos educativos digitales personalizados que fomenten la autonomía y la autoevaluación de los estudiantes (Clark et al., 2022; Yan et al., 2024).

Este desafío indica que se debe de incluir en los programas institucionales de formación docente, estrategias de acompañamiento para el aprendizaje autorregulado, además de implementar y fomentar el uso de sistemas de evaluación flexibles que se adapten al ritmo y al estilo de cada estudiante. También se requiere una adecuada planeación docente del tiempo y de los recursos necesarios para el diseño y desarrollo de recursos educativos digitales personalizados que ayuden en la planificación, monitoreo y reflexión de manera autónoma sobre el progreso en el aprendizaje, contribuyendo de esta manera al desarrollo de competencias científicas y tecnológicas.

La deficiencia en el desarrollo de habilidades de aprendizaje autorregulado es causada principalmente por la imprecisión en el automonitoreo del aprendizaje y por la dificultad que enfrentan los estudiantes para distinguir el conocimiento real de las suposiciones en evaluaciones binarias, lo que dificulta brindar retroalimentación precisa para la mejora continua del desempeño (Yan et al., 2024).

También se observa la necesidad de incorporar estrategias metacognitivas y herramientas adaptativas que favorezcan el desarrollo del aprendizaje autorregulado y faciliten un seguimiento más preciso del progreso individual. Esta integración permitiría avanzar hacia el diseño e implementación de instrumentos de evaluación más integrales, que superen las limitaciones del formato tradicional. Con esto se podría mejorar la comprensión de los conceptos científicos y tecnológicos propios de las áreas STEM, promoviendo adicionalmente el aprendizaje basado en la evidencia, la reflexión crítica y la mejora continua.

En relación con el eje de práctica docente y apoyo institucional, la participación activa tanto de docentes como de estudiantes, continúa representando uno de los principales desafíos, particularmente cuando la interacción ocurre a través de entornos virtuales. Así mismo, la capacidad de los docentes para brindar atención de manera oportuna y personalizada a estos estudiantes suele verse afectada por barreras tecnológicas y de

comunicación, y esto es causa de problemas de equidad en la interacción y acompañamiento pedagógico (Sockalingam et al., 2025).

Este desafío muestra que se requieren diseñar estrategias híbridas que promuevan la participación equitativa de todos los estudiantes, independientemente de su ubicación. También, se necesitan implementar acciones encaminadas al fortalecimiento de las competencias docentes en la mediación digital y el acompañamiento remoto, buscando de esta manera la integración de experiencias de aprendizaje colaborativo y una comunicación efectiva en contextos distribuidos.

La identificación de enfoques pedagógicos y andragógicos innovadores y efectivos representa un desafío continuo para docentes y diseñadores instruccionales, propiciado principalmente por la rápida y constante evolución de las tecnologías de aprendizaje adaptativo y de los procesos de investigación. Estos procesos fomentan el surgimiento de herramientas innovadoras que facilitan la implementación de modelos como el aprendizaje ciberfísico, lo cual agrega a este desafío la necesidad de desarrollar habilidades de comprensión técnica y pedagógica integrada (Contrino et al., 2024; Sockalingam et al., 2025).

Estos desafíos implican la necesidad de adoptar metodologías pedagógicas flexibles para integrar principios de aprendizaje activo y adaptativo, y estrategias andragógicas para trabajar en el desarrollo del aprendizaje autónomo y experiencial. También se requiere la implementación de procesos de actualización continua para el desarrollo de las competencias digitales de los docentes, lo cual les permitirá implementar modelos pedagógicos innovadores y manejar las herramientas tecnológicas necesarias.

Otro desafío identificado en este eje es propiciado por factores como la falta de compromiso de los estudiantes cuando las actividades no forman parte de la evaluación o no son percibidas como obligatorias, la alta valoración que dan los estudiantes y docentes a la interacción presencial y la resistencia al cambio dentro del sistema educativo dificulta adaptar el aprendizaje práctico y colaborativo a entornos en línea. Las limitaciones en la adopción de metodologías innovadoras y en el aprovechamiento pleno de las tecnologías adaptativas hacen difícil el avance hacia modelos híbridos o totalmente digitales (Contrino et al., 2024; Sockalingam et al., 2025).

Se recomienda diseñar experiencias de aprendizaje práctico y colaborativo mediante simuladores, laboratorios virtuales y ambientes de aprendizaje inmersivos que fomenten la participación activa y la colaboración en la construcción del conocimiento. Aparte, se

requiere promover una cultura institucional de apertura al cambio, acompañada de estrategias de gestión del cambio y desarrollo profesional docente, para integrar de manera efectiva el aprendizaje adaptativo en contextos híbridos y digitales.

Situaciones como la suposición de un mismo nivel de conocimientos previos entre los estudiantes, las restricciones de tiempo y enfoque en los estudios, el contexto institucional y perfil particular de los estudiantes; generan limitaciones significativas al diseñar cursos adaptativos, dificultan la transferencia de hallazgos y de las tecnologías adaptativas y afectan la observación de progresos a largo plazo y la generalización de los resultados (Contrino et al., 2024; Sockalingam et al., 2025).

Estos desafíos muestran la importancia de diseñar plataformas adaptativas que consideren la diversidad de niveles de conocimiento previo, las condiciones institucionales y las características específicas de los estudiantes. También se sugiere fomentar trabajos de investigación que permitan avanzar en la mejora y optimización de los modelos de personalización y las soluciones de aprendizaje adaptativo.

En el eje de diseño curricular y competencias, se encontró que factores como la falta de alineación entre los objetivos del curso, las habilidades transferibles al trabajo, la dificultad para integrar competencias transversales como la comunicación, el trabajo en equipo y el pensamiento sistémico, hacen necesario vincular la formación STEM con situaciones profesionales reales mediante estrategias curriculares y evaluativas más integrales (Fischer et al., 2022; Tang y Odeleye, 2023).

Estos desafíos implican la evaluación y rediseño de los programas de estudio y las actividades de aprendizaje para fomentar el desarrollo de competencias transferibles junto con los conocimientos técnicos. Se requiere también, trabajar en el fortalecimiento de las estrategias de evaluación, de manera que permitan valorar aparte del conocimiento teórico el desarrollo de habilidades fundamentales en STEM, como son la capacidad de colaboración, comunicación y resolución de problemas complejos.

La falta de formación docente para implementar estrategias de aprendizaje basado en competencias, aunada a la resistencia por parte de los estudiantes para trabajar en el desarrollo de competencias no técnicas, dificultan la implementación de estrategias educativas que respondan a la complejidad, abstracción y multidimensionalidad que caracterizan a las actividades STEM, limitando además la conexión entre los conocimientos teóricos y conceptuales con el desarrollo de habilidades transferibles necesarias para la práctica profesional (Fischer et al., 2022; Tang y Odeleye, 2023; Wu et al., 2023).

Esto muestra la necesidad de la implementación de programas de actualización docente respecto al diseño instruccional por competencias, y fomentar entre los estudiantes una cultura de aprendizaje que valore tanto las destrezas técnicas como las transversales, implementando para ello experiencias de aprendizaje integradoras de los problemas STEM.

También se identificaron obstáculos para vincular las actividades de aprendizaje con entornos profesionales reales, debido principalmente a la dificultad inherente de las actividades STEM y a la naturaleza dinámica y compleja del proceso de aprendizaje, lo que hace necesario implementar instrumentos de evaluación integrales que consideren tanto los elementos teóricos como los procedimientos y actitudes en el desempeño de los estudiantes (Tang y Odeleye, 2023; Wu et al., 2023).

Lo anterior, implica la necesidad de desarrollar estrategias didácticas innovadoras y evaluaciones holísticas que integren problemas reales del entorno profesional, para fomentar un aprendizaje más aplicado, reflexivo y coherente con la complejidad del quehacer científico y tecnológico.

En lo referente al eje de motivación y retroalimentación, uno de los principales desafíos que se identificó está relacionado con la dificultad para mantener la motivación y la autoeficacia de los estudiantes en entornos técnicos desafiantes, la cual es causada sobre todo por el estrés provocado por la sobrecarga de trabajo y por el tiempo necesario para atender adecuadamente las actividades en las plataformas adaptativas, así como por el riesgo de distracción y desmotivación al atender tareas repetitivas o poco significativas. Estas condiciones pueden afectar la persistencia y el compromiso de los estudiantes para trabajar en contextos STEM altamente exigentes (Clark et al., 2022; Díaz y Aizman, 2024; Sung et al., 2025).

Por lo anterior se recomienda diseñar e implementar cursos de aprendizaje adaptativo que equilibren el nivel de exigencia cognitiva con el bienestar emocional, incorporando mecanismos que brinden retroalimentación pertinente, y contemplando tiempos de práctica razonables y actividades que mantengan la relevancia y el interés de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Se sugiere lograr equilibrio entre la empatía y el tono de la retroalimentación que se brinda a los estudiantes para mejorar su motivación, sobre todo cuando se combina con la falta de apoyo por parte del docente, lo que puede afectar la autonomía y la confianza de los alumnos para trabajar en su propio proceso de aprendizaje. Brindar retroalimentación de

manera inadecuada o insuficiente afecta tanto la motivación como el desarrollo de estrategias metacognitivas en la educación STEM (Sung et al., 2025; Yan et al., 2024).

Por otra parte, se hace necesario implementar acciones que fomenten el desarrollo de las competencias docentes respecto a la integración de procesos de retroalimentación afectiva y en el acompañamiento del aprendizaje autorregulado, buscando de esta manera mayor empatía y personalización en las interacciones y fomentando el desarrollo de la autonomía del estudiante.

La falta de habilidades específicas de retroalimentación afectiva propia de docentes principiantes, aunada con la demanda de interacción presencial con el docente por parte de los estudiantes, hace necesaria la implementación de acciones encaminadas al fortalecimiento de las competencias de comunicación y socioemocionales de los docentes, mediante las cuales podrán diseñar estrategias que les permitan mantener la cercanía y el apoyo con los estudiantes, mejorando la motivación y el aprendizaje significativo en contextos STEM (Contrino et al., 2024; Sung et al., 2025).

Lo anterior, implicará desarrollar programas de formación docente centrados en habilidades de retroalimentación afectiva y en el diseño de experiencias híbridas que incorporen las ventajas del acompañamiento humano al trabajar en entornos digitales.

La diversidad de percepciones sobre el uso de aprendizaje adaptativo demuestra que, aunque este favorece la retención, puede generar frustración en los estudiantes que tienen menor nivel de conocimientos previos. Esta situación se incrementa por factores como son el bajo compromiso de los alumnos cuando deben realizar actividades que no son obligatorias, la mala implementación de estrategias educativas innovadoras y la complejidad que implica adaptar actividades y recursos a los distintos estilos de aprendizaje. Además, la falta de técnicas de autorregulación y de automonitoreo afectan la participación y la autonomía de los estudiantes en los entornos adaptativos STEM (Contrino et al., 2024; Díaz y Aizman, 2024; Yan et al., 2024; Zairon et al., 2025).

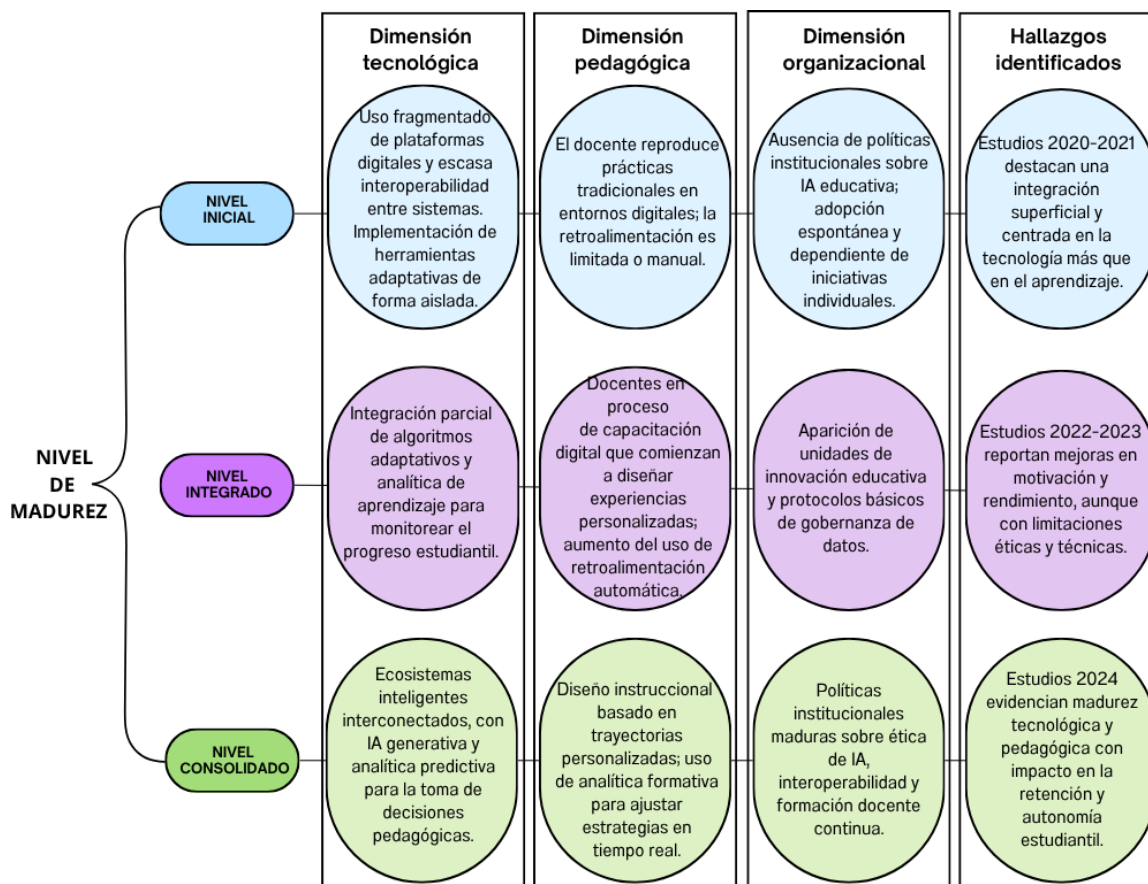
Este desafío indica que se requiere diseñar cursos adaptativos que integren estrategias didácticas significativas, de seguimiento formativo y recursos de apoyo que ayuden a lograr un adecuado desarrollo de habilidades de autorregulación, buscando mejorar la motivación y la participación activa de los estudiantes independientemente de sus distintos niveles de competencia.

Modelo de madurez tecnopedagógico

Para la adopción del aprendizaje adaptativo en educación superior se propuso un Modelo de Madurez Tecnopedagógico (MMT) que consta de tres niveles evolutivos, derivados inductivamente de la revisión, que describen cómo las instituciones de educación superior avanzan en la integración de sistemas de aprendizaje adaptativo basados en IA.

En el modelo propuesto, las dimensiones tecnológicas, pedagógicas y organizacionales se integran gradualmente, pasando de un uso limitado de herramientas digitales a una cultura educativa que adapta el aprendizaje a las necesidades de cada estudiante, por lo que se concibe como un modelo progresivo. En la figura 4 se muestra el MMT propuesto.

Figura 4. Modelo de Madurez Tecnopedagógico (MMT)



Fuente: Elaboración propia

En el nivel inicial, la tecnología se usa de forma básica y desconectada. Los docentes comúnmente replican métodos tradicionales en línea y no hay una estrategia institucional que guíe el proceso. El enfoque se centra más en la herramienta que en mejorar el aprendizaje.

En el nivel integrado las instituciones comienzan a vincular la tecnología con la enseñanza. Se utilizan plataformas con analítica básica y se promueven experiencias más personalizadas. En este nivel suelen formarse equipos o áreas que apoyen la innovación educativa.

Finalmente, la tecnología, la pedagogía y la organización trabajan de forma coordinada. Se emplean sistemas inteligentes y analítica avanzada para adaptar el aprendizaje a cada estudiante, donde la institución impulsa una cultura digital sostenible y centrada en el estudiante.

Discusión

El análisis de los estudios de esta revisión sistemática de literatura permitió comprender cómo se ha llevado a cabo la implementación del aprendizaje adaptativo en la educación superior dentro del ámbito STEM a nivel internacional. Además de describir experiencias, el análisis comparativo de los casos muestra coincidencias importantes y vacíos de evidencia que reflejan tanto el potencial como las limitaciones del enfoque.

En áreas STEM, el aprendizaje se construye a través de la experimentación, la resolución de problemas y la manipulación de variables en contextos reales o simulados. Sin embargo, es importante considerar que este tipo de aprendizaje requiere actividades prácticas, de laboratorio y de trabajo colaborativo que no siempre pueden reproducirse adecuadamente mediante las plataformas adaptativas disponibles en las instituciones.

Por otra parte, los docentes e investigadores actualmente se enfrentan al desafío de adaptar los modelos de aprendizaje adaptativo a situaciones que van más allá del seguimiento automático del progreso o de la personalización de contenidos. Por lo tanto, se propone tener una visión más integral para incorporar dinámicas de colaboración, resolución de problemas y pensamiento crítico.

Como señalan Wu et al. (2023), las plataformas tradicionales presentan limitaciones para captar y evaluar procesos de aprendizaje complejos y cambiantes, especialmente aquellos que dependen de la interacción entre pares y de la construcción colectiva del conocimiento. Por lo tanto, el reto no solo consiste en incorporar tecnología, sino también diseñar ecosistemas de aprendizaje capaces de incorporar todas las características de las áreas STEM.

El análisis evidencia que las revisiones sistemáticas más recientes sobre aprendizaje adaptativo en la educación superior han contribuido mucho al tema. Sin embargo, en varios casos se omiten elementos distintivos del contexto STEM, donde la enseñanza se basa en la experimentación, la resolución de problemas y la aplicación práctica del conocimiento. Tal es el caso del trabajo de Rodríguez Aroca (2024), donde no se abordan las especificaciones pedagógicas y tecnológicas propias de las disciplinas científicas y de ingeniería. Lo anterior limita la comprensión del alcance del aprendizaje adaptativo.

En cuanto al uso de plataformas adaptativas, el panorama que se identificó es variado. No se observa una preferencia clara por una plataforma específica, lo que muestra la diversidad de contextos institucionales y necesidades pedagógicas.

Aunque Prada Segura y Beltrán Gómez (2024) mencionan que Moodle continúa siendo una de las plataformas más utilizadas en la educación superior, la revisión muestra un contraste en el ámbito STEM. De las investigaciones analizadas, solo Díaz y Aizman (2024) emplearon Moodle con un enfoque adaptativo, mientras que otros investigadores optaron por otras soluciones comerciales o desarrollos propios.

LMS, se identificó una mayor aplicación de experiencias adaptativas en áreas como matemáticas y química, mismas que históricamente presentan altos índices de reprobación y deserción (Tang y Odeleye, 2023). Puede inferirse que el aprendizaje adaptativo ha sido implementado como una estrategia para atender los desafíos de comprensión conceptual y motivación estudiantil propias de estas disciplinas.

Los resultados también mostraron que los estudiantes perciben positivamente el uso de aprendizaje adaptativo, principalmente por las explicaciones más claras, la retroalimentación continua y las oportunidades de práctica que ofrecen frente a los entornos tradicionales (Tang y Odeleye, 2023). Por lo que se refuerza que el potencial del aprendizaje adaptativo en STEM no radica únicamente en la tecnología utilizada, sino en su capacidad para responder a los retos propios de estas disciplinas.

Adicionalmente, los artículos revisados muestran que el aprendizaje adaptativo tiene efectos positivos en la educación superior en áreas STEM, mejorando el rendimiento, la motivación y el aprendizaje, especialmente en cursos híbridos que combinan estudiantes presenciales y en línea. Sin embargo, se observa que algunas áreas, como las ciencias (excepto Química), existe evidencia limitada de investigaciones que analicen su aplicación, lo que brinda una oportunidad importante para ampliar su estudio desde una visión tecnopedagógica.

Los resultados también coinciden con investigaciones previas que resaltan los beneficios del aprendizaje adaptativo para mejorar el desempeño en disciplinas como matemáticas, programación e ingeniería (Holmes et al., 2022). Sin embargo, el análisis realizado sugiere que el éxito del aprendizaje adaptativo no depende tanto del nivel de tecnología empleada, sino de cómo se integra pedagógicamente y del acompañamiento que brinda el docente. En este sentido, se coincide con Simó et al. (2020), quienes señalan que la tecnología, sin un diseño curricular sólido y un marco institucional que la respalde, no garantiza aprendizajes significativos. En este sentido, se puede observar la importancia de desarrollar modelos donde la innovación tecnológica y pedagógica se integren.

Cabe señalar que también se detectaron limitaciones importantes, por ejemplo; la resistencia al cambio por parte del profesorado y del alumnado, estrés asociado al uso intensivo de plataformas y brechas de infraestructura, especialmente en países con menor innovación educativa. Estos resultados contrastan con publicaciones que presentan al aprendizaje adaptativo como una solución "universal", sin reconocer la diversidad de contextos (Johnson et al., 2012).

En cuanto a la comparación internacional, se observa que los países con sistemas educativos con mayor infraestructura digital e innovación, como Estados Unidos, Singapur y Finlandia, muestran mayor concentración de estudios en la implementación del aprendizaje adaptativo en comparación con América Latina y algunas regiones de Asia. Esta situación coincide con lo planteado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], que advierte sobre las brechas existentes en la digitalización de la educación superior (UNESCO, 2023).

Adicionalmente, en la propuesta que se realizó sobre el MMT se mostró que el éxito del aprendizaje adaptativo no depende solo de contar con infraestructura y herramientas tecnológicas adecuadas, sino de que ésta se combine de forma coherente con la enseñanza y la organización institucional. Cuando una universidad avanza en estos tres aspectos, deja de usar la tecnología solo como un complemento o apoyo y comienza a transformarse en una institución que toma decisiones educativas basadas en datos de desempeño y resultados pedagógicos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos con esta investigación permiten confirmar parcialmente la hipótesis inicial en la que se indica que la implementación del aprendizaje adaptativo en educación superior en áreas STEM, cuando está mediada por un diseño tecnopedagógico, contribuye positivamente al rendimiento académico y a la motivación estudiantil, debido a que su efectividad depende en gran medida de factores tecnopedagógicos, institucionales y contextuales.

En primer lugar, los análisis realizados mostraron que el aprendizaje adaptativo genera beneficios consistentes en disciplinas como matemáticas, programación y química, áreas donde se identifican mejoras en el desempeño, la evaluación continua y la percepción positiva de los estudiantes. Estos resultados coinciden con la información encontrada en los artículos revisados donde se menciona el potencial del aprendizaje adaptativo para reducir la deserción temprana en programas STEM, especialmente en los dos primeros años de estudio como lo indica la literatura revisada.

En segundo lugar, los resultados mostraron que los principales desafíos técnicos se concentran en las plataformas educativas adaptativas y en el uso de IA. La necesidad de integración con Learning Management System (LMS) institucionales, problemas de usabilidad y limitaciones de los modelos de IA representan obstáculos de manera recurrente.

Los resultados indican que el aprendizaje adaptativo representa una oportunidad importante para la educación superior STEM, siempre y cuando sea implementado de manera sostenible, alineando al diseño curricular, el acompañamiento docente, las consideraciones éticas y modalidad pedagógica.

También es importante resaltar que con esta investigación se identificaron como limitaciones recurrentes la resistencia al cambio, el estrés derivado del uso intensivo de plataformas, y la brecha de infraestructura en algunos contextos educativos, lo que condiciona la generalización de los resultados y por otra parte esta la limitación de búsqueda de artículos publicados únicamente en Scopus y Web of Science.

Futuras líneas de investigación

Se destaca la importancia de realizar futuras investigaciones con base en los resultados de este estudio, que sobre todo analicen cómo opera el aprendizaje adaptativo en situaciones prácticas, como laboratorios o actividades experimentales en áreas STEM que se identificaron como poco exploradas, como el caso de física o biología. Por lo tanto, sería útil comparar diferentes tipos de plataformas, tanto comerciales como desarrolladas por las propias universidades, para conocer su verdadero impacto en el aprendizaje.

También, se sugiere seguir estudiando cómo la IA y la analítica del aprendizaje pueden apoyar a los docentes en la toma de decisiones pedagógicas. Finalmente, se sugiere desarrollar modelos que incluyan no solo aspectos cognitivos, sino también factores emocionales y sociales, con el fin de hacer el aprendizaje centrado en el estudiante y personalizado. Lo anterior se propone buscando mejorar las percepciones de los estudiantes sobre los procesos de retroalimentación automática que reciben en las plataformas adaptativas.

Referencias

- Aparicio-Gómez, O.-Y., y Aparicio-Gómez, W.-O. (2024). Innovación educativa con sistemas de aprendizaje adaptativo impulsados por Inteligencia Artificial. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 4(2), 343–363. <https://doi.org/10.51660/RIPIE42222>
- Chan Arceo, C., y Canto Herrera, P. J. (2022). Concepto y términos relacionados con el desarrollo profesional docente: una revisión sistemática. *Revista de Educación*, 0(25.1), 231-250. https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/5843
- Clark, R. M., Kaw, A. K., y Braga Gomes, R. (2022). Adaptive learning: Helpful to the flipped classroom in the online environment of COVID? *Computer Applications in Engineering Education*, 30(2), 517–531. <https://doi.org/10.1002/CAE.22470>
- Contrino, M. F., Reyes-Millán, M., Vázquez-Villegas, P., y Membrillo-Hernández, J. (2024). Using an adaptive learning tool to improve student performance and satisfaction in online and face-to-face education for a more personalized approach. *Smart Learning Environments*, 11(1), 1–24. <https://doi.org/10.1186/S40561-024-00292-Y>

- Díaz, B., y Aizman, A. (2024). Design and impact of a stoichiometry voluntary online course for entering first-year STEM college students. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(1), 11–24. <https://doi.org/10.1039/D3RP00179B>
- Fischer, H. A., Preston, K., Staus, N., y Storksdieck, M. (2022). Course assessment for skill transfer: A framework for evaluating skill transfer in online courses. *Frontiers in Education*, 7, 960430. <https://doi.org/10.3389/FEDUC.2022.960430>
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., y Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 504–526. <https://doi.org/10.1007/S40593-021-00239-1>
- Johnson, L., Adams, S., Cummins, M., y Estrada, V. (2012). *Technology Outlook for STEM+ Education 2012-2017: An NMC Horizon Report Sector Analysis*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- OCDE. (2019). *Estrategia de Competencias de la OCDE 2019: Competencias para construir un futuro mejor*, OECD Publishing, Paris/Fundación Santillana, Madrid. <https://doi.org/10.1787/e3527cfb-es>.
- Parra Rojas, B. A. (2023). Metodología de aprendizaje adaptativo en el área de las matemáticas. *Revista Docencia Universitaria*, 24(2), 31–57. <https://doi.org/10.18273/REVDU.V24N2-2023003>
- Pilotti, M. A. E., Abdelsalam, H., Anjum, F., Muhi, I., Nasir, S., Daqqa, I., Gunderson, G. D., y Latif, R. M. (2022). Adaptive Individual Differences in Math Courses. *Sustainability* 2022, 14(13), 8197. <https://doi.org/10.3390/SU14138197>
- Prada Segura, J. A., y Beltrán Gómez, A. (2024). Aprendizaje Adaptativo para Moodle desde la IA. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 14173–14194. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V8I5.15241
- Ramírez, M. H., y León, F. P. (2023). M-learning como herramienta para el aprendizaje adaptativo: Una propuesta para la educación superior. *HUMAN REVIEW. International Humanities Review / Revista Internacional De Humanidades*, 17(5), 1–14. <https://doi.org/10.37819/REVVHUMAN.V17I5.1591>
- Rodríguez Aroca, W. G. (2024). Aprendizaje Adaptativo en Educación Superior: Análisis de Plataformas Digitales y su Impacto en el Aprendizaje Personalizado. *Ciencia Latina:*

Revista Multidisciplinar, ISSN-e 2707-2215, ISSN 2707-2207, 8(5), 6599–6607.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14079

Sánchez-Serrano, S., Pedraza-Navarro, I., y Donoso-González, M. (2022). How to conduct a systematic review under PRISMA protocol? Uses and fundamental strategies for its application in the educational field through a practical case study. *Bordon. Revista de Pedagogía*, 74(3), 51–66. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.95090>

Simó, V. L., Lagarón, D. C., y Rodríguez, C. S. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62), 31–34. <https://doi.org/10.6018/RED.410011>

Sockalingam, N., Lo, K., Teo, J., Wei, C. C., Jiet, D. C. J., Herremans, D., Jun, M. L. M., Kurniawan, O., Wang, Y., y Leong, P. K. (2025). Towards the future of education: cyber-physical learning. *Discover Education*, 4(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S44217-025-00474-X/FIGURES/7>

Sung, G., Guillain, · Léonore, Schneider, · Bertrand, Guillain, L., y Schneider, B. (2025). Using AI to Care: Lessons Learned from Leveraging Generative AI for Personalized Affective-Motivational Feedback. *International Journal of Artificial Intelligence in Education 2025*, 1–40. <https://doi.org/10.1007/S40593-024-00455-5>

Tang, D., y Odeleye, O. (2023). Students' Perceptions on the Impact of Online Homework Systems on Their Performance in a General Chemistry Course. *Journal of Science Education and Technology*, 32(5), 710–721. <https://doi.org/10.1007/S10956-023-10061-0/TABLES/6>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco]. (2023). *Qué necesita saber acerca del aprendizaje digital y la transformación*. <https://www.unesco.org/es/digital-education/need-know>

Vyas, V. S., Kemp, B., y Reid, S. A. (2021). Zeroing in on the best early-course metrics to identify at-risk students in general chemistry: an adaptive learning pre-assessment vs. traditional diagnostic exam. *International Journal of Science Education*, 43(4), 552–569. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1874071;SUBPAGE:STRING:FULL>

Wu, T. T., Lee, H. Y., Wang, W. S., Lin, C. J., y Huang, Y. M. (2023). Leveraging computer vision for adaptive learning in STEM education: effect of engagement and self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/S41239-023-00422-5/METRICS>



- Xia, X., y Qi, W. (2024). The construction of knowledge graphs based on associated STEM concepts in MOOCs and its guidance for sustainable learning behaviors. *Education and Information Technologies*, 29(15), 20757–20794. <https://doi.org/10.1007/S10639-024-12653-8/FIGURES/6>
- Yan, H., Lin, F., y Kinshuk. (2024). Adaptive Practicing Design to Facilitate Self-Regulated Learning. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 50(3), 1–22. <https://doi.org/10.21432/CJLT28768>
- Zairon, I. Y., Wook, T. S. M. T., Salleh, S. M., y Dahlan, H. A. (2025). User Model for Virtual Learning based on Adaptive Gamification. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3537599>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1–27. <https://doi.org/10.1186/S41239-019-0171-0/TABLES/7>

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Froylan Hernández Rendón
Metodología	Froylan Hernández Rendón - principal Moramay Ramírez Hernández - apoyo
Software	No aplica
Validación	Froylan Hernández Rendón - principal Moramay Ramírez Hernández - apoyo
Análisis Formal	Froylan Hernández Rendón - igual Moramay Ramírez Hernández - igual
Investigación	Froylan Hernández Rendón
Recursos	Froylan Hernández Rendón
Curación de datos	Froylan Hernández Rendón
Escritura - Preparación del borrador original	Froylan Hernández Rendón - igual Moramay Ramírez Hernández - igual
Escritura - Revisión y edición	Froylan Hernández Rendón - igual Moramay Ramírez Hernández - igual
Visualización	Froylan Hernández Rendón - igual Moramay Ramírez Hernández - igual
Supervisión	Froylan Hernández Rendón
Administración de Proyectos	Froylan Hernández Rendón
Adquisición de fondos	No aplica