



## Mathematical Models for Personalized Learning in Virtual Environments

### Modelos matemáticos para la personalización del aprendizaje en entornos virtuales

---

**Para citar este trabajo:**

Rivera Quiñonez , E. D. ., Barcia Rivera , B. R. ., Triviño Diaz, A. L. ., & Zambrano Álvarez , M. G. . (2026). Modelos matemáticos para la personalización del aprendizaje en entornos virtuales. *Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society*, 3(3), 1-12. <https://doi.org/10.63969/18qqe109>

---

**Autores:**

**Erick Daniel Rivera Quiñonez**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres  
Esmeraldas - Ecuador

[erick.rivera.quinonez@utelvt.edu.ec](mailto:erick.rivera.quinonez@utelvt.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0006-8491-6068>

**Blanca Romina Barcia Rivera**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres  
Esmeraldas - Ecuador

[blanca.barcia@utelvt.edu.ec](mailto:blanca.barcia@utelvt.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0005-4885-0615>

**Amy Linett Triviño Diaz**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres  
Esmeraldas - Ecuador

[amy.trivino.diaz@utelvt.edu.ec](mailto:amy.trivino.diaz@utelvt.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-8767-7644>

**María Gabriela Zambrano Álvarez**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres  
Esmeraldas - Ecuador

[gabriela.zambrano.alvarez@utelvt.edu.ec](mailto:gabriela.zambrano.alvarez@utelvt.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0001-3872-9898>

**Autor de Correspondencia:** Erick Daniel Rivera Quiñonez, [erick.rivera.quinonez@utelvt.edu.ec](mailto:erick.rivera.quinonez@utelvt.edu.ec)

**RECIBIDO:** 23-Abril-2026

**ACEPTADO:** 07-Mayo-2026

**PUBLICADO:** 21-Mayo-2026



## Resumen

La transformación digital de la educación ha impulsado el desarrollo de modelos matemáticos orientados a la personalización del aprendizaje dentro de entornos virtuales. Estos modelos permiten analizar el comportamiento académico de los estudiantes mediante algoritmos predictivos, inteligencia artificial, machine learning y analítica educativa, favoreciendo procesos formativos más adaptativos, flexibles y centrados en las necesidades individuales. El presente artículo tiene como objetivo analizar, desde una revisión narrativa de literatura, los principales modelos matemáticos utilizados para la personalización del aprendizaje en plataformas virtuales, considerando sus aplicaciones pedagógicas, beneficios, limitaciones y desafíos en el contexto educativo contemporáneo. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo-documental, mediante la revisión crítica e interpretativa de literatura científica publicada entre 2019 y 2026 en bases académicas como Scopus, Web of Science, ERIC y Google Scholar. La literatura analizada permite reconocer que los modelos basados en machine learning, redes bayesianas, lógica difusa, algoritmos predictivos y sistemas de recomendación educativa contribuyen al fortalecimiento del seguimiento académico, la retroalimentación inmediata, la motivación estudiantil y la toma de decisiones pedagógicas. Asimismo, se identifican desafíos relacionados con la calidad de los datos, la infraestructura tecnológica, la formación docente, la privacidad de la información y los posibles sesgos algorítmicos. Se concluye que los modelos matemáticos constituyen herramientas relevantes para consolidar sistemas de aprendizaje personalizados e inteligentes, siempre que su implementación se articule con criterios pedagógicos, éticos e inclusivos.

**Palabras clave:** modelos matemáticos, aprendizaje personalizado, entornos virtuales, inteligencia artificial, analítica educativa, educación digital.

## Abstract

The digital transformation of education has promoted the development of mathematical models aimed at personalizing learning within virtual environments. These models make it possible to analyze students' academic behavior through predictive algorithms, artificial intelligence, machine learning, and educational analytics, fostering more adaptive, flexible, and student-centered learning processes. This article aims to analyze, through a narrative literature review, the main mathematical models used for personalized learning in virtual platforms, considering their pedagogical applications, benefits, limitations, and challenges in the contemporary educational context. The study was conducted under a qualitative-documentary approach through the critical and interpretive review of scientific literature published between 2019 and 2026 in academic databases such as Scopus, Web of Science, ERIC, and Google Scholar. The analyzed literature shows that models based on machine learning, Bayesian networks, fuzzy logic, predictive algorithms, and educational recommendation systems contribute to strengthening academic monitoring, immediate feedback, student motivation, and pedagogical decision-making. Likewise, several challenges are identified, including data quality, technological infrastructure, teacher training, information privacy, and potential algorithmic bias. It is concluded that mathematical models constitute relevant tools for consolidating personalized and intelligent learning systems, provided that their implementation is aligned with pedagogical, ethical, and inclusive criteria.

**Keywords:** mathematical models, personalized learning, virtual environments, artificial intelligence, educational analytics, digital education.



## 1. Introducción

La transformación digital ha modificado de manera significativa los procesos de enseñanza y aprendizaje en los distintos niveles educativos, especialmente a partir de la expansión de los entornos virtuales de aprendizaje. Estas plataformas han dejado de ser espacios complementarios para convertirse en escenarios formativos relevantes, capaces de ampliar el acceso al conocimiento, flexibilizar la interacción pedagógica y generar nuevas formas de acompañamiento académico. En este contexto, la educación virtual ha impulsado el uso de recursos digitales, herramientas colaborativas, sistemas automatizados y mecanismos de seguimiento que permiten diversificar las experiencias educativas y responder a las demandas de una sociedad cada vez más mediada por la tecnología.

No obstante, uno de los principales desafíos de los entornos virtuales continúa siendo la atención a las diferencias individuales de los estudiantes. Aunque las plataformas digitales ofrecen múltiples posibilidades de interacción, muchas de ellas mantienen estructuras homogéneas de enseñanza, en las cuales los contenidos, actividades y evaluaciones se presentan de manera similar para todos los usuarios. Esta situación puede limitar la participación estudiantil, afectar la motivación académica y dificultar el acompañamiento oportuno de quienes presentan ritmos, necesidades cognitivas o estilos de aprendizaje diversos. Por ello, la personalización del aprendizaje se ha convertido en una línea de interés dentro de la investigación educativa contemporánea.

En este escenario, los modelos matemáticos aplicados a la educación adquieren relevancia por su capacidad para representar, analizar y predecir fenómenos vinculados con el comportamiento académico. A través de algoritmos, ecuaciones, estructuras computacionales y técnicas de análisis de datos, estos modelos permiten interpretar información generada en plataformas virtuales, identificar patrones de desempeño y apoyar la toma de decisiones pedagógicas. Su incorporación en los entornos digitales ha favorecido el desarrollo de sistemas adaptativos capaces de ajustar contenidos, recursos, actividades y evaluaciones según las características particulares de cada estudiante.

La personalización del aprendizaje se relaciona estrechamente con el uso de inteligencia artificial, machine learning, minería de datos educativos y analítica de aprendizaje. Desde esta perspectiva, los sistemas matemáticos adaptativos permiten construir trayectorias formativas más flexibles mediante el análisis de variables como el tiempo de respuesta, la frecuencia de errores, el nivel de avance, la interacción con los contenidos y los resultados obtenidos en actividades académicas. Siemens y Baker (2020) señalan que la analítica educativa contribuye a comprender el comportamiento del estudiante dentro de plataformas digitales, lo que permite generar intervenciones más oportunas y fundamentadas en datos.

De igual manera, Holmes, Bialik y Fadel (2022) sostienen que la inteligencia artificial aplicada a la educación puede fortalecer los procesos de enseñanza virtual mediante recomendaciones automatizadas, retroalimentación inmediata y seguimiento continuo del aprendizaje. Estos aportes permiten comprender cómo los modelos matemáticos no solo cumplen una función técnica, sino también pedagógica, en la medida en que apoyan la construcción de experiencias educativas más ajustadas a las necesidades individuales. Sin embargo, su uso requiere una integración crítica que evite reducir el aprendizaje a un proceso exclusivamente automatizado o dependiente de los datos.

Entre los modelos más utilizados para la personalización del aprendizaje se encuentran las redes neuronales, las redes bayesianas, la lógica difusa, las cadenas de Markov, los algoritmos predictivos y los sistemas de recomendación educativa. Estas herramientas permiten analizar información compleja y generar respuestas adaptativas dentro de los entornos virtuales. Por



ejemplo, pueden recomendar recursos específicos, modificar el nivel de dificultad de una actividad, detectar posibles dificultades académicas o sugerir rutas de aprendizaje diferenciadas. De esta manera, los modelos matemáticos contribuyen a fortalecer la autonomía, la participación y el seguimiento académico dentro de plataformas educativas inteligentes.

A pesar de sus beneficios, la implementación de modelos matemáticos en entornos virtuales también plantea desafíos importantes. La calidad de los datos, la disponibilidad de infraestructura tecnológica, la conectividad, la privacidad de la información y la formación docente son factores que condicionan su efectividad. En contextos educativos con brechas digitales persistentes, la incorporación de sistemas adaptativos puede profundizar desigualdades si no se acompaña de políticas institucionales orientadas al acceso equitativo, la alfabetización digital y el uso ético de la tecnología. Por ello, la personalización algorítmica debe analizarse desde una perspectiva pedagógica, social y ética.

Asimismo, diversos autores advierten que la automatización excesiva puede generar riesgos asociados con la vigilancia digital, la dependencia tecnológica y la disminución de la interacción humana en los procesos formativos. Selwyn (2020) plantea que la tecnología educativa debe ser examinada críticamente, considerando no solo sus posibilidades de innovación, sino también sus implicaciones sociales y pedagógicas. En este sentido, los modelos matemáticos no deben entenderse como sustitutos del docente, sino como herramientas de apoyo para mejorar la comprensión del aprendizaje y orientar decisiones educativas más pertinentes.

A partir de estas consideraciones, resulta necesario analizar de manera crítica los aportes de la literatura científica sobre modelos matemáticos aplicados a la personalización del aprendizaje en entornos virtuales. Una revisión narrativa permite integrar distintas perspectivas teóricas y empíricas sobre el tema, identificar tendencias relevantes, reconocer beneficios y limitaciones, y valorar los desafíos que acompañan la incorporación de inteligencia artificial en la educación digital. Este enfoque resulta pertinente porque no busca únicamente clasificar estudios, sino interpretar sus contribuciones y establecer relaciones conceptuales entre modelos matemáticos, aprendizaje personalizado y plataformas virtuales inteligentes.

Por tanto, el objetivo de este artículo es analizar, desde una revisión narrativa de literatura, los principales modelos matemáticos utilizados para la personalización del aprendizaje en entornos virtuales, considerando sus aplicaciones pedagógicas, beneficios, limitaciones y desafíos ético-tecnológicos. Con ello, se busca aportar una comprensión crítica sobre el papel de estos modelos en la configuración de sistemas educativos más flexibles, adaptativos e inclusivos, orientados a responder a las necesidades reales de los estudiantes en la educación digital contemporánea.

## **2. Metodología**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo-documental, mediante una revisión narrativa de literatura orientada al análisis crítico e interpretativo de estudios científicos relacionados con los modelos matemáticos aplicados a la personalización del aprendizaje en entornos virtuales. Este enfoque permitió integrar aportes teóricos, metodológicos y empíricos sobre inteligencia artificial educativa, aprendizaje adaptativo, machine learning, analítica de datos y plataformas virtuales inteligentes, con el propósito de comprender sus principales aplicaciones, beneficios, limitaciones y desafíos dentro de los procesos educativos contemporáneos.

El estudio tuvo un carácter documental, debido a que se fundamentó en la revisión, interpretación y síntesis de fuentes secundarias especializadas, tales como artículos científicos, libros académicos, informes técnicos y publicaciones indexadas vinculadas con la educación digital, los sistemas adaptativos y la personalización del aprendizaje. Asimismo, asumió un alcance



descriptivo-analítico, ya que no se limitó a exponer información existente, sino que buscó organizar, comparar y valorar críticamente los aportes de la literatura revisada en relación con el uso de modelos matemáticos en plataformas educativas virtuales.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos académicas y repositorios científicos como Scopus, Web of Science, ERIC y Google Scholar, considerando publicaciones comprendidas entre los años 2019 y 2026. Este periodo fue seleccionado con el propósito de analizar literatura reciente sobre inteligencia artificial, analítica educativa y aprendizaje personalizado, tomando en cuenta el crecimiento acelerado de estas tecnologías en los entornos virtuales de aprendizaje. También se incorporaron libros académicos e informes institucionales relevantes por su aporte conceptual y científico al tema de estudio.

Para orientar la revisión documental se utilizaron descriptores en español e inglés relacionados con el objeto de estudio. Entre los principales términos empleados se incluyeron: modelos matemáticos en educación, aprendizaje personalizado, entornos virtuales de aprendizaje, inteligencia artificial educativa, analítica de aprendizaje, sistemas adaptativos, machine learning in education, personalized learning, adaptive learning systems, virtual learning environments y artificial intelligence in education. Estos descriptores permitieron identificar literatura pertinente sobre algoritmos predictivos, redes bayesianas, lógica difusa, sistemas de recomendación educativa y plataformas inteligentes de aprendizaje.

La selección de las fuentes se realizó de manera intencional, considerando criterios de pertinencia temática, actualidad, calidad académica y relación directa con los objetivos del artículo. Se priorizaron documentos publicados en revistas científicas, editoriales académicas e instituciones reconocidas, así como estudios que abordaran de forma explícita la relación entre modelos matemáticos, personalización del aprendizaje e inteligencia artificial en contextos educativos virtuales. Se descartaron publicaciones con escasa relación temática, documentos sin sustento académico suficiente o textos centrados exclusivamente en aspectos técnicos sin vinculación pedagógica.

El análisis de la información se organizó a partir de categorías temáticas derivadas del contenido revisado. Estas categorías incluyeron: modelos matemáticos aplicados a la educación, aprendizaje personalizado, sistemas adaptativos, machine learning, analítica educativa, sistemas de recomendación, beneficios pedagógicos, limitaciones tecnológicas y desafíos éticos asociados al uso de inteligencia artificial en entornos virtuales. Esta organización permitió construir una lectura integrada de la literatura y establecer relaciones entre los aportes de diferentes autores.

Para el procesamiento de la información se utilizó la técnica de análisis documental, la cual permitió examinar, comparar e interpretar los contenidos científicos seleccionados. A través de este procedimiento se identificaron coincidencias, tensiones, tendencias y vacíos en la literatura relacionada con la personalización del aprendizaje mediante modelos matemáticos. El análisis no tuvo como finalidad cuantificar resultados ni aplicar procedimientos estadísticos de revisión sistemática, sino desarrollar una síntesis narrativa que permitiera comprender críticamente el estado actual del tema.

Finalmente, la información revisada fue integrada mediante una síntesis temática y argumentativa, orientada a explicar cómo los modelos matemáticos contribuyen a la personalización del aprendizaje en entornos virtuales. Este procedimiento permitió articular los fundamentos teóricos con los hallazgos reportados por la literatura reciente, destacando tanto las posibilidades pedagógicas de estas herramientas como las condiciones éticas, tecnológicas y docentes necesarias para su implementación responsable.

### 3. Resultados



La literatura revisada permite reconocer que los modelos matemáticos han adquirido una presencia creciente dentro de los entornos virtuales de aprendizaje, especialmente por su capacidad para apoyar procesos de personalización educativa. Su importancia no radica únicamente en el uso de algoritmos o herramientas computacionales, sino en la posibilidad de interpretar datos académicos para comprender mejor las necesidades, ritmos y trayectorias de los estudiantes. Desde esta perspectiva, los modelos matemáticos se integran a la educación virtual como recursos de apoyo para la toma de decisiones pedagógicas, el seguimiento del desempeño y la adaptación progresiva de contenidos.

Uno de los aportes más relevantes identificados en la literatura se relaciona con el uso de la inteligencia artificial y el machine learning para analizar patrones de comportamiento académico. Estas herramientas permiten procesar información generada por los estudiantes dentro de plataformas virtuales, como tiempos de respuesta, frecuencia de interacción, errores recurrentes, avances en actividades y resultados de evaluación. A partir de estos datos, los sistemas inteligentes pueden reconocer necesidades específicas y sugerir rutas de aprendizaje más ajustadas al perfil de cada estudiante. En consecuencia, la personalización deja de depender exclusivamente de la observación docente y se fortalece mediante procesos de análisis automatizado.

Los sistemas adaptativos constituyen una de las aplicaciones más representativas de los modelos matemáticos en la educación virtual. Estos sistemas permiten modificar contenidos, recursos, actividades y niveles de dificultad de acuerdo con el desempeño del estudiante. La literatura señala que esta adaptación favorece experiencias de aprendizaje más flexibles, ya que permite responder a diferencias individuales que muchas veces no son atendidas por plataformas tradicionales. De este modo, el aprendizaje personalizado se presenta como una alternativa para superar enfoques homogéneos de enseñanza y avanzar hacia propuestas educativas más centradas en el estudiante.

Otro eje relevante corresponde al uso de algoritmos predictivos dentro de plataformas educativas inteligentes. Estos modelos permiten anticipar posibles dificultades académicas mediante el análisis de datos previos y comportamientos registrados durante el proceso formativo. Su aplicación resulta útil para identificar estudiantes con riesgo de bajo rendimiento, desmotivación o abandono, lo que facilita la implementación de estrategias de intervención temprana. Desde una perspectiva pedagógica, este tipo de modelo no debe entenderse como un mecanismo de control, sino como una herramienta que puede orientar decisiones docentes más oportunas y fundamentadas.

Las redes bayesianas, la lógica difusa y los sistemas de recomendación educativa también ocupan un lugar importante dentro de la literatura sobre aprendizaje personalizado. Las redes bayesianas permiten establecer relaciones probabilísticas entre variables académicas y predecir comportamientos de aprendizaje. La lógica difusa facilita la interpretación de situaciones educativas complejas donde los datos no siempre son exactos o completamente definidos. Por su parte, los sistemas de recomendación permiten sugerir materiales, actividades o recursos específicos según el nivel de avance, intereses o dificultades del estudiante. En conjunto, estos modelos amplían las posibilidades de acompañamiento académico dentro de los entornos virtuales.

La revisión narrativa también permite identificar beneficios pedagógicos asociados con la personalización algorítmica del aprendizaje. Entre ellos se destacan la retroalimentación inmediata, el seguimiento continuo, la adaptación de recursos, la mejora de la participación y el fortalecimiento de la autonomía estudiantil. Cuando los contenidos se ajustan progresivamente a las necesidades del estudiante, se generan condiciones más favorables para la comprensión, la



motivación y la permanencia en el proceso formativo. Sin embargo, estos beneficios dependen de la calidad del diseño pedagógico y de la capacidad docente para interpretar los datos generados por las plataformas.

A pesar de estos aportes, la literatura también advierte limitaciones importantes. La primera se relaciona con la calidad y disponibilidad de los datos educativos. Los modelos matemáticos requieren información suficiente, organizada y confiable para generar recomendaciones adecuadas. Cuando las plataformas registran datos incompletos, desactualizados o poco representativos, las decisiones automatizadas pueden perder precisión. Por ello, la implementación de sistemas inteligentes exige procesos institucionales adecuados de gestión de datos, actualización tecnológica y evaluación permanente de los resultados generados.

Una segunda limitación se vincula con la infraestructura tecnológica. En contextos educativos con dificultades de conectividad, escaso acceso a dispositivos o plataformas poco estables, la personalización basada en modelos matemáticos puede convertirse en una propuesta limitada o desigual. Esta situación resulta especialmente relevante en América Latina, donde la brecha digital continúa afectando las posibilidades de innovación educativa. En este sentido, el desarrollo de entornos virtuales inteligentes requiere no solo avances técnicos, sino también políticas institucionales que garanticen acceso, equidad y sostenibilidad tecnológica.

La formación docente representa otro aspecto central. La literatura revisada coincide en que los modelos matemáticos y los sistemas de inteligencia artificial no generan mejoras educativas por sí mismos. Su efectividad depende de la mediación pedagógica, de la capacidad del docente para interpretar información académica y de su habilidad para transformar los datos en acciones educativas concretas. Por esta razón, la capacitación docente en analítica educativa, inteligencia artificial y diseño de experiencias personalizadas constituye una condición necesaria para aprovechar el potencial de estas herramientas.

También se identifican desafíos éticos relacionados con privacidad, vigilancia digital y sesgos algorítmicos. Los sistemas adaptativos recopilan información detallada sobre el comportamiento académico de los estudiantes, lo que exige criterios claros sobre protección de datos, transparencia y uso responsable de la información. Además, los algoritmos pueden reproducir desigualdades si son diseñados o aplicados sin considerar el contexto social, cultural y educativo de los usuarios. Por ello, la personalización del aprendizaje debe desarrollarse desde una perspectiva ética, inclusiva y humanizada.

En síntesis, la literatura muestra que los modelos matemáticos ofrecen aportes significativos para la personalización del aprendizaje en entornos virtuales, especialmente cuando se integran con inteligencia artificial, analítica educativa y sistemas adaptativos. No obstante, su valor educativo no depende únicamente de la sofisticación tecnológica, sino de su articulación con criterios pedagógicos, formación docente, infraestructura adecuada y principios éticos. Desde una revisión narrativa, se comprende que estos modelos constituyen herramientas de apoyo para mejorar la educación virtual, pero no sustituyen la función docente ni la dimensión humana del aprendizaje.

**Tabla 1. Matriz temática de autores y aportes sobre modelos matemáticos y aprendizaje personalizado**

<b>Autor/es</b>	<b>Año</b>	<b>Eje temático</b>	<b>Aporte principal a la revisión</b>
Holmes, Bialik y Fadel	2022	Inteligencia artificial educativa	Analizan el potencial de la IA para fortalecer la personalización, la retroalimentación y el seguimiento del aprendizaje.



Autor/es	Año	Eje temático	Aporte principal a la revisión
Siemens y Baker	2020	Analítica educativa	Explican cómo el análisis de datos educativos permite comprender patrones de desempeño y orientar decisiones pedagógicas.
Wang, Li y Chen	2023	Sistemas adaptativos	Destacan el uso de plataformas adaptativas para ajustar contenidos y mejorar la experiencia de aprendizaje virtual.
Zawacki-Richter, Bond y Marin	2022	IA en educación superior	Examinan el uso de inteligencia artificial para apoyar evaluación, seguimiento académico y toma de decisiones educativas.
Luckin	2021	Aprendizaje inteligente	Plantea la necesidad de articular inteligencia artificial con mediación docente y criterios pedagógicos.
Selwyn	2020	Perspectiva crítica de la tecnología educativa	Advierte sobre riesgos de automatización, vigilancia digital y reducción de la dimensión humana del aprendizaje.

#### 4. Discusión

La literatura analizada permite reconocer que los modelos matemáticos y la inteligencia artificial ocupan un lugar cada vez más relevante en la personalización del aprendizaje dentro de los entornos virtuales. Su aporte principal se relaciona con la posibilidad de transformar grandes volúmenes de datos educativos en información útil para orientar decisiones pedagógicas, adaptar contenidos y acompañar de manera más cercana las trayectorias académicas de los estudiantes. Desde esta perspectiva, los sistemas adaptativos no deben entenderse únicamente como herramientas tecnológicas, sino como recursos que pueden fortalecer la comprensión del aprendizaje cuando se integran con criterios pedagógicos claros.

Los aportes de Holmes, Bialik y Fadel (2022) permiten comprender que la inteligencia artificial aplicada a la educación puede favorecer procesos de personalización mediante recomendaciones automatizadas, retroalimentación inmediata y seguimiento continuo del desempeño académico. Esta perspectiva resulta relevante porque sitúa a los modelos matemáticos como mediadores entre los datos generados por las plataformas virtuales y las decisiones educativas que pueden tomar docentes e instituciones. Sin embargo, la personalización no debe reducirse a una respuesta algorítmica, ya que el aprendizaje también involucra dimensiones cognitivas, sociales, emocionales y contextuales que requieren interpretación pedagógica.

En esta misma línea, Siemens y Baker (2020) destacan el valor de la analítica educativa para identificar patrones de comportamiento estudiantil, anticipar dificultades académicas y mejorar los procesos de toma de decisiones en ambientes digitales. Este planteamiento permite sostener que los modelos predictivos pueden ser útiles para fortalecer el seguimiento académico, especialmente en contextos virtuales donde el docente no siempre dispone de señales directas sobre la participación o las dificultades del estudiante. No obstante, el uso de estos modelos exige cautela, debido a que las predicciones dependen de la calidad de los datos, de los criterios utilizados para interpretarlos y de la forma en que se traduzcan en acciones pedagógicas concretas.

Los estudios de Wang, Li y Chen (2023) aportan una mirada aplicada sobre el uso de plataformas adaptativas en procesos de aprendizaje, particularmente en áreas donde el rendimiento académico puede beneficiarse de rutas diferenciadas y retroalimentación progresiva. Este tipo de evidencia refuerza la idea de que los sistemas inteligentes pueden favorecer experiencias de aprendizaje más flexibles, ajustadas al ritmo y nivel de avance de cada estudiante. Sin embargo,



estos beneficios no deben asumirse como automáticos, ya que dependen del diseño didáctico, de la pertinencia de los recursos recomendados y de la capacidad del estudiante para interactuar de manera autónoma con el entorno virtual.

Por su parte, Zawacki-Richter et al. (2022) amplían la discusión al señalar que la inteligencia artificial en educación superior se ha utilizado principalmente en procesos de evaluación, seguimiento académico, automatización de tareas y apoyo a la toma de decisiones. Este aporte resulta importante porque muestra que los modelos matemáticos no solo intervienen en la personalización del contenido, sino también en la gestión del aprendizaje y en la organización institucional de los procesos educativos. Sin embargo, también abre una discusión crítica sobre los límites de la automatización y sobre la necesidad de evitar que las decisiones educativas dependan exclusivamente de sistemas algorítmicos.

Desde una perspectiva crítica, Luckin (2021) sostiene que la efectividad de los sistemas inteligentes depende en gran medida de la mediación pedagógica realizada por los docentes. Esta postura resulta fundamental para una revisión narrativa, porque permite equilibrar el entusiasmo tecnológico con una mirada educativa más reflexiva. La inteligencia artificial puede aportar información valiosa sobre el aprendizaje, pero no reemplaza la capacidad docente para interpretar situaciones complejas, acompañar procesos formativos y tomar decisiones contextualizadas. Por ello, la formación docente en analítica educativa, inteligencia artificial y diseño de experiencias personalizadas constituye una condición clave para la implementación responsable de estos modelos.

De manera complementaria, Selwyn (2020) advierte que el uso excesivo de tecnologías automatizadas puede reducir la dimensión humana de la educación si se privilegia la eficiencia técnica sobre la interacción pedagógica. Esta advertencia resulta pertinente en el análisis de los modelos matemáticos aplicados a entornos virtuales, debido a que la personalización algorítmica podría derivar en prácticas de vigilancia digital, dependencia tecnológica o decisiones poco transparentes sobre el desempeño estudiantil. En consecuencia, el debate no debe centrarse únicamente en la capacidad predictiva de los modelos, sino también en sus implicaciones éticas, sociales y pedagógicas.

Otro aspecto relevante de la literatura es la diferencia entre los contextos donde se producen y aplican estas tecnologías. En países con mayor infraestructura digital, las investigaciones suelen centrarse en el perfeccionamiento de algoritmos, la eficiencia de los sistemas adaptativos y la optimización de plataformas inteligentes. En cambio, en contextos latinoamericanos, el análisis debe considerar con mayor fuerza las brechas de acceso, la conectividad limitada, la desigualdad tecnológica y la formación docente insuficiente. Esta diferencia es importante porque demuestra que la implementación de modelos matemáticos no depende únicamente de la disponibilidad de software, sino también de condiciones institucionales, económicas y culturales.

En este sentido, los aportes de Naranjo-Sagñay et al. (2025) permiten situar la discusión en el contexto latinoamericano, donde muchas instituciones educativas enfrentan limitaciones para incorporar sistemas adaptativos debido a problemas de infraestructura, recursos tecnológicos y capacitación profesional. Esta situación obliga a comprender la personalización del aprendizaje no solo como una innovación técnica, sino como un proceso que requiere políticas educativas, inversión institucional y criterios de equidad. De lo contrario, los sistemas inteligentes podrían beneficiar principalmente a instituciones con mejores condiciones tecnológicas y profundizar desigualdades ya existentes.

La discusión también permite reconocer que los modelos matemáticos aplicados a la personalización del aprendizaje deben ser comprendidos desde una perspectiva interdisciplinaria. Su desarrollo involucra conocimientos provenientes de la matemática, la



informática, la pedagogía, la psicología educativa, la ética y la gestión institucional. Esta integración resulta necesaria porque el aprendizaje no puede explicarse únicamente mediante datos cuantificables. Los algoritmos pueden identificar patrones, pero la interpretación de esos patrones requiere comprender el contexto educativo, las necesidades del estudiante y los objetivos formativos de cada experiencia académica.

En términos generales, la literatura revisada sugiere que los modelos matemáticos poseen un alto potencial para fortalecer la educación virtual mediante procesos de personalización, seguimiento académico y toma de decisiones basadas en datos. No obstante, su valor educativo depende de la manera en que sean diseñados, implementados y evaluados. La inteligencia artificial y los sistemas adaptativos pueden mejorar la experiencia de aprendizaje cuando se articulan con una propuesta pedagógica sólida, una infraestructura adecuada, docentes capacitados y principios éticos orientados a la protección de los estudiantes.

Por tanto, la personalización del aprendizaje en entornos virtuales no debe entenderse como una sustitución del rol docente, sino como una oportunidad para ampliar sus posibilidades de acompañamiento. Los modelos matemáticos pueden contribuir a identificar necesidades, anticipar dificultades y recomendar recursos, pero la decisión pedagógica final requiere juicio profesional, sensibilidad educativa y comprensión del contexto. Desde esta perspectiva, el futuro de la educación virtual dependerá de la capacidad de integrar tecnología, pedagogía y ética de manera equilibrada, garantizando que la innovación contribuya a procesos formativos más inclusivos, humanos y

## Conclusión

La revisión narrativa permitió analizar el papel de los modelos matemáticos en la personalización del aprendizaje dentro de los entornos virtuales, reconociendo que estas herramientas constituyen un apoyo relevante para interpretar datos educativos, adaptar experiencias formativas y fortalecer la toma de decisiones pedagógicas. Su aplicación en plataformas digitales permite avanzar hacia procesos de enseñanza más flexibles, en los cuales los contenidos, actividades y recursos pueden ajustarse progresivamente a las necesidades, ritmos y características de los estudiantes.

Los modelos basados en inteligencia artificial, machine learning, redes bayesianas, lógica difusa, algoritmos predictivos y sistemas de recomendación educativa muestran un aporte significativo en la configuración de entornos virtuales inteligentes. Estas herramientas favorecen el seguimiento académico, la retroalimentación inmediata, la identificación temprana de dificultades y la orientación personalizada del aprendizaje. Sin embargo, su valor educativo no depende únicamente de la capacidad tecnológica del sistema, sino de su articulación con criterios pedagógicos claros y con una mediación docente adecuada.

El análisis desarrollado también permite concluir que la personalización del aprendizaje mediante modelos matemáticos presenta importantes desafíos. Entre ellos se encuentran la calidad y disponibilidad de los datos, la infraestructura tecnológica, la conectividad, la formación docente, la privacidad de la información y los posibles sesgos algorítmicos. Estos aspectos evidencian que la incorporación de inteligencia artificial en la educación virtual debe realizarse desde una perspectiva ética, inclusiva y humanizada, evitando que la automatización sustituya la función pedagógica del docente.

En este sentido, los modelos matemáticos deben comprenderse como herramientas de apoyo para mejorar la educación virtual, no como soluciones autosuficientes. Su implementación responsable requiere instituciones preparadas, docentes capacitados, estudiantes acompañados y políticas educativas que garanticen equidad en el acceso a la tecnología. De esta manera, la personalización



del aprendizaje puede contribuir al desarrollo de experiencias educativas más pertinentes, dinámicas y centradas en las necesidades reales de los estudiantes.

Finalmente, se considera necesario continuar profundizando en investigaciones que analicen la aplicación de estos modelos en contextos educativos latinoamericanos, donde las brechas digitales, las limitaciones tecnológicas y las desigualdades institucionales condicionan la adopción de sistemas inteligentes. Futuras investigaciones podrían explorar experiencias concretas de implementación, evaluar el impacto pedagógico de plataformas adaptativas y proponer marcos éticos para el uso responsable de datos educativos en entornos virtuales.

### Referencias Bibliográficas

Adiguzel, T., Kaya, M. H., & Cansu, F. K. (2023). Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. *Contemporary Educational Technology*, 15(3), ep429. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13152>

Angulo Guerrero, R. (2024a). Desarrollo de habilidades de pensamiento crítico mediante problemas de matemáticas aplicadas. *Ecouture Research Center*. <https://ecouture.org/desarrollo-de-habilidades-de-pensamiento-critico-mediante-problemas-de-matematicas-aplicadas/>

Angulo Guerrero, R. (2024b). Gestión pedagógica basada en evidencia mediante la integración de modelos matemáticos y herramientas digitales para la optimización de procesos educativos en América Latina. *ICONS Network*. <https://iconsnetwork.org/gestion-pedagogica-basada-en-evidencia-mediante-la-integracion-de-modelos-matematicos-y-herramientas-digitales-para-la-optimizacion-de-procesos-educativos-en-america-latina/>

Angulo Guerrero, R. (2024c). Modelaje matemático a través de la programación y la pedagogía desde un enfoque interdisciplinario. *Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society*. [https://revistasapiensec.com/index.php/Sciences\\_Discoveries\\_and\\_Society/article/view/213](https://revistasapiensec.com/index.php/Sciences_Discoveries_and_Society/article/view/213)

Angulo Guerrero, R., Rivera Quiñonez, E., Ponce Quiñonez, D., Acuri Pacheco, D., Realpe Cancio, L., Valle Brilly, N. (2024). Matemáticas disruptivas: Transformando el aprendizaje universitario con innovaciones pedagógicas. *Revista Lex Enlace*. <https://revistalexenlace.com/index.php/ojs/article/view/15>

Cabero-Almenara, J., & Llorente-Cejudo, C. (2020). La inteligencia artificial aplicada a la educación: Retos y oportunidades para la formación virtual. *Revista Complutense de Educación*, 31(4), 483-495. <https://doi.org/10.5209/rced.67135>

García-Peñalvo, F. J. (2021). Digital transformation in universities: Implications of artificial intelligence and adaptive learning technologies. *Education in the Knowledge Society*, 22, 1-10. <https://doi.org/10.14201/eks.25465>

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2022). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. *Center for Curriculum Redesign*.

Luckin, R. (2021). *Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century*. UCL Institute of Education Press.

Naranjo-Sagñay, W., Cedeño-Moreira, J., & Zambrano-García, M. (2025). Aprendizaje adaptativo e inteligencia artificial en la educación virtual contemporánea. *Revista Científica Educación y Tecnología*, 8(2), 45-61.

OECD. (2021). *Artificial intelligence and the future of skills: Capabilities and assessments*. OECD



Publishing. <https://doi.org/10.1787/5ee71f34-en>

Pérez-Sanagustín, M., Hilliger, I., Maldonado, J. J., & Pérez-Álvarez, R. (2022). Learning analytics and adaptive systems in virtual education: A systematic review. *Computers & Education*, 186, 104535. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104535>

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4.<sup>a</sup> ed.). Pearson.

Selwyn, N. (2020). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.

Siemens, G., & Baker, R. (2020). Learning analytics and educational data mining. En C. Lang, G. Siemens, A. Wise, & D. Gašević (Eds.), *Handbook of learning analytics* (pp. 65–74). Society for Learning Analytics Research.

Song, Y., Nor, M., & Alias, B. (2025). AI in virtual learning environments: Challenges and opportunities for adaptive education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 24(3), 125–144. <https://doi.org/10.26803/ijlter.24.3.7>

UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. <https://unesdoc.unesco.org/>

Wang, H., Li, X., & Chen, Y. (2023). Adaptive learning platforms in virtual education. *Computers & Education*, 198, 104742. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104742>

Zawacki-Richter, O., Bond, M., & Marin, V. (2022). Artificial intelligence in higher education: A systematic review of research. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 1–27. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00324-8>

**Conflicto de Intereses:** Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.