

Inteligencia artificial generativa y Big Data en el aprendizaje autónomo sostenible: revisión sistematizada y modelo de convergencia socio-técnica

Generative artificial intelligence and Big Data in sustainable autonomous learning: systematic review and socio-technical convergence model

Ricardo M. Candanedo-Yau

Universidad de Panamá, CRUPE. Panamá

ricardo.candanedo@up.c.pa

<https://orcid.org/0009-0002-5017-9830>

Belkis I. Camaño Lasso

Universidad de Panamá, Facultad de Enfermería. Panamá

belkis.camano@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0001-7023-406X>

Recibido. 02 de mayo de 2026.

Aceptado. 27 de agosto de 2026.

URL: <https://relaticpanama.org/journals/index.php/educaf5-berit/article/view/145>

DOI: <https://doi.org/10.66707/b0bd7114>

Resumen

El estudio analizó el impacto de la inteligencia artificial generativa y el análisis masivo de datos en el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo en contextos educativos digitales. Se adoptó un enfoque cualitativo de alcance descriptivo-analítico, sustentado en una revisión sistematizada de literatura científica reciente. El proceso metodológico se estructuró mediante criterios rigurosos de búsqueda, selección y análisis de fuentes, lo que permitió conformar un corpus de 50 estudios procedentes de bases de datos académicas de alto impacto.

El análisis se realizó mediante codificación temática inductiva, identificando patrones, tendencias y relaciones emergentes en el uso de estas tecnologías. Los resultados

evidenciaron que la inteligencia artificial generativa favoreció la personalización del aprendizaje, la adaptación de contenidos y el fortalecimiento de la autonomía del estudiante. Asimismo, el análisis de datos contribuyó a la toma de decisiones pedagógicas fundamentadas, optimizando procesos educativos mediante la evaluación del rendimiento y la anticipación del abandono.

Como aporte teórico, se propuso el Modelo de Convergencia Socio-Técnica para el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo, el cual integró dimensiones tecnológicas, pedagógicas y éticas en un sistema dinámico. No obstante, se identificaron desafíos relacionados con la privacidad de los datos, la brecha digital y la ética algorítmica. Se concluyó que esta convergencia representó una oportunidad significativa, condicionada a su implementación responsable, inclusiva y ética.

Palabras clave: análisis de datos, aprendizaje autónomo, desarrollo sostenible, inteligencia artificial, tecnología educativa.

Abstract

The study analyzed the impact of generative artificial intelligence and data analysis on the sustainable development of autonomous learning in digital educational contexts. A qualitative, descriptive-analytical approach was employed, based on a systematized review of recent scientific literature. The methodological process followed rigorous criteria for the search, selection, and analysis of sources, resulting in a corpus of 50 studies from high-impact academic databases.

Inductive thematic coding was applied to identify emerging patterns, trends, and relationships in the use of these technologies. The findings showed that generative artificial intelligence enhanced learning personalization, adaptive content development, and student autonomy. Likewise, data analysis supported evidence-based pedagogical decision-making, optimizing educational processes through performance evaluation and dropout prediction.

As a theoretical contribution, the Socio-Technical Convergence Model for sustainable autonomous learning was proposed, integrating technological, pedagogical, and ethical dimensions within a dynamic system. However, challenges related to data privacy, the digital divide, and algorithmic ethics were identified. It was concluded that this convergence represented a significant opportunity, provided its implementation was guided by responsible, inclusive, and ethical principles.

Keywords: artificial intelligence, autonomous learning, data analysis, educational technology, sustainable development.

Introducción

La transformación digital ha reconfigurado de manera profunda los sistemas educativos, modificando tanto las dinámicas de enseñanza como las formas en que los sujetos construyen conocimiento (Zawacki-Richter et al., 2019; Crompton & Burke, 2023). En este contexto, la irrupción de la inteligencia artificial generativa y el Big Data ha ampliado las posibilidades de comprender, personalizar y potenciar los procesos de aprendizaje, especialmente en escenarios donde el estudiante asume un rol activo en la gestión de su propio conocimiento (Banh & Strobel, 2023; Jovanović & Campbell, 2022). Estas tecnologías han trascendido su carácter instrumental para consolidarse como mediadores cognitivos que inciden en el acceso, procesamiento y transformación de la información en aprendizaje significativo (García-Peñalvo et al., 2024; Ng & Ho, 2025; Łodzikowski et al., 2023).

La inteligencia artificial generativa ha favorecido el desarrollo de sistemas capaces de producir contenidos adaptativos, simular interacciones complejas y ofrecer retroalimentación inmediata, fortaleciendo la autonomía del estudiante en contextos de aprendizaje autónomo (Denny et al., 2024; Monib et al., 2024; D'Mello et al., 2012; Fan et al., 2025). De forma paralela, el Big Data ha permitido el análisis masivo de datos educativos, facilitando la identificación de patrones de comportamiento, la predicción de

dificultades de aprendizaje y la optimización de estrategias pedagógicas basadas en evidencia (Waheed et al., 2020; Yağcı, 2022). Como resultado, esta convergencia tecnológica ha configurado un ecosistema educativo más dinámico, flexible y centrado en el estudiante, donde el aprendizaje se concibe como un proceso continuo y personalizado (Klašnja-Milićević et al., 2017; Huang, 2024).

En este estudio, el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo se concibió como un proceso formativo mediante el cual el estudiante desarrolla la capacidad de autorregular su aprendizaje de manera continua, crítica y adaptativa, integrando competencias cognitivas, metacognitivas y éticas que le permiten responder a contextos cambiantes. A diferencia del aprendizaje autorregulado tradicional, este enfoque incorpora la sostenibilidad no solo como permanencia del aprendizaje, sino también como pertinencia social, equidad en el acceso y responsabilidad en el uso de tecnologías digitales.

No obstante, esta evolución ha planteado interrogantes sustantivos sobre la sostenibilidad del aprendizaje en entornos mediados por tecnologías avanzadas. Desde esta perspectiva, resulta necesario analizar si la incorporación de inteligencia artificial generativa y Big Data contribuye efectivamente al desarrollo de competencias duraderas o si, por el contrario, introduce dependencias tecnológicas, sesgos algorítmicos y riesgos asociados a la privacidad de los datos (Hemmler & Ifenthaler, 2024; Anshari et al., 2023; Bahroun et al., 2023; Ghimire et al., 2024).

En este marco, la investigación se orientó a responder la siguiente pregunta: *¿de qué manera la inteligencia artificial generativa y el Big Data influyen en el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo en contextos educativos contemporáneos?* Esta interrogante permitió articular un análisis que consideró tanto los beneficios como las limitaciones y desafíos asociados a la implementación de estas tecnologías en la práctica educativa (Giannakos et al., 2025; Ocaña-Fernández et al., 2023).

En coherencia con lo anterior, el objetivo general consistió en analizar el impacto de la inteligencia artificial generativa y el Big Data en el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo, atendiendo a sus implicaciones pedagógicas, tecnológicas y éticas. De manera complementaria, se buscó identificar transformaciones en los procesos de aprendizaje autónomo mediadas por inteligencia artificial generativa, examinar el papel del Big Data en la toma de decisiones orientadas a la personalización del aprendizaje y evaluar los desafíos asociados a su implementación en términos de equidad, privacidad y sostenibilidad educativa (Lee & Moore, 2024; Maphosa & Maphosa, 2020).

La investigación se justificó en la necesidad de generar conocimiento actualizado que permitiera comprender las implicaciones de estas tecnologías más allá de enfoques instrumentales, promoviendo una visión crítica e integral (Arruda et al., 2022; Kavitha & Joshith, 2024). En este sentido, se buscó aportar elementos teóricos y analíticos para la construcción de modelos educativos más inclusivos, adaptativos y sostenibles, en consonancia con las demandas de la sociedad del conocimiento. Desde el punto de vista teórico, el estudio se situó en la intersección entre tecnología, pedagogía y ética, reconociendo que el valor de la innovación educativa reside en su capacidad para transformar significativamente la experiencia de aprendizaje y favorecer el desarrollo integral del individuo (Albó et al., 2022; Xu, 2021).

Finalmente, se identificó una brecha en la literatura respecto a modelos integradores que expliquen la convergencia entre inteligencia artificial generativa y Big Data desde una perspectiva socio-técnica aplicada al desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo. En respuesta a esta limitación, se propuso el Modelo de Convergencia Socio-Técnica para el Desarrollo Sostenible del Aprendizaje Autónomo (MCST-AAS), concebido como un modelo conceptual de carácter explicativo orientado a comprender la interacción entre dimensiones tecnológicas, pedagógicas y éticas. Este modelo no solo describe la integración funcional de dichas tecnologías, sino que ofrece

un marco teórico para analizar la evolución de los ecosistemas educativos digitales, en los que la personalización, la toma de decisiones basada en datos y la autonomía del estudiante se configuran de manera sistémica.

Materiales y Método

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de alcance descriptivo-analítico, orientado a comprender de manera integral las implicaciones de la inteligencia artificial generativa y el Big Data en el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo en contextos educativos contemporáneos. Este enfoque permitió interpretar el fenómeno a partir de la integración crítica de evidencia teórica y empírica, con énfasis en las dimensiones pedagógicas, tecnológicas y éticas.

El diseño metodológico fue no experimental y de corte transversal, debido a que se basó en el análisis de información secundaria sin manipulación de variables, considerando el fenómeno en su estado natural durante el periodo de estudio. La estrategia metodológica se fundamentó en una revisión sistematizada de literatura científica, orientada a identificar, seleccionar, analizar y sintetizar investigaciones relevantes. Este enfoque permitió mantener criterios de rigor en la selección y análisis de las fuentes, al tiempo que ofreció flexibilidad interpretativa en la integración de los hallazgos.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos académicas de alto impacto, específicamente Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar, con el propósito de garantizar la amplitud, diversidad y calidad de la literatura recopilada. Para ello, se emplearon descriptores en inglés y español relacionados con inteligencia artificial, análisis de datos, aprendizaje autónomo, educación sostenible y tecnologías digitales, combinados mediante operadores booleanos. Entre las ecuaciones de búsqueda utilizadas se incluyó: ("generative artificial intelligence" OR "artificial

intelligence") AND ("Big Data") AND ("education" OR "learning") AND ("self-directed learning" OR "autonomous learning").

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para asegurar la consistencia metodológica. Se consideraron artículos científicos arbitrados, revisiones sistemáticas y estudios teóricos publicados entre 2019 y 2025, en idioma inglés y español, indexados en bases de datos reconocidas y con pertinencia directa al objeto de estudio. Se excluyeron documentos duplicados, publicaciones sin revisión por pares, literatura gris no validada y estudios que no abordaban explícitamente la relación entre las tecnologías analizadas y el aprendizaje autónomo o la sostenibilidad educativa.

El proceso de selección siguió una lógica inspirada en el protocolo PRISMA. Inicialmente, se identificaron 312 registros a partir de la búsqueda en las bases de datos. Tras la eliminación de 74 documentos duplicados, se obtuvo un total de 238 registros para evaluación. Posteriormente, se excluyeron 142 estudios durante la revisión de títulos y resúmenes por no cumplir con los criterios establecidos. Finalmente, luego de la evaluación a texto completo de 96 artículos, se seleccionaron 50 estudios que conformaron el corpus final de análisis. Se documentaron los criterios de elegibilidad, estrategias de búsqueda y proceso de selección siguiendo las recomendaciones PRISMA 2020, sin registro previo del protocolo, debido al carácter exploratorio y emergente del campo de estudio.

El análisis de la información se llevó a cabo mediante la técnica de análisis de contenido temático, lo que permitió identificar patrones, tendencias y categorías emergentes dentro del corpus seleccionado. El proceso incluyó una codificación inductiva seguida de una revisión iterativa, con el fin de garantizar la coherencia interna de las categorías y su alineación con los objetivos de investigación. Cada estudio fue considerado como unidad de análisis, y las frecuencias reportadas correspondieron a la

recurrencia de categorías temáticas, interpretadas como densidad de codificación y no como inferencia estadística.

Con el propósito de fortalecer la validez del estudio, se aplicó una estrategia de triangulación de fuentes, contrastando resultados provenientes de distintos enfoques metodológicos, contextos educativos y tipos de investigación. Asimismo, se aseguró la coherencia interna mediante la correspondencia entre la pregunta de investigación, los objetivos y el diseño metodológico.

En cuanto a las consideraciones éticas, el estudio se desarrolló bajo principios de integridad académica, transparencia y rigor científico. Se garantizó el reconocimiento adecuado de las fuentes mediante citación conforme a normas APA, así como el uso responsable de la información. Dado que la investigación se basó exclusivamente en fuentes secundarias de acceso público, no implicó riesgos directos para sujetos humanos ni requirió aprobación de un comité de ética.

Finalmente, se reconocieron limitaciones inherentes al diseño metodológico. Al tratarse de una revisión de literatura, los resultados dependieron de la disponibilidad, calidad y enfoque de los estudios publicados, lo que pudo introducir sesgos de selección. Asimismo, el enfoque cualitativo limitó la posibilidad de generalización de los hallazgos. La rápida evolución de la inteligencia artificial generativa y el Big Data sugiere, además, la necesidad de futuras investigaciones empíricas que permitan validar y actualizar los resultados en contextos específicos.

Resultados

Los resultados se derivaron del análisis sistematizado del corpus documental, lo que permitió identificar patrones, tendencias y relaciones significativas en torno al impacto de la inteligencia artificial generativa y el Big Data en el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo. Para garantizar la trazabilidad del análisis, los hallazgos se

sustentaron en la recurrencia temática identificada en los estudios revisados, integrando evidencia representativa de la literatura científica. En este sentido, las frecuencias y porcentajes presentados se interpretaron como indicadores de densidad de codificación temática, propios del enfoque cualitativo adoptado.

En primer lugar, se analizó la distribución de los estudios según el enfoque tecnológico predominante, con el fin de identificar tendencias en la literatura reciente, véase la tabla 1.

Tabla 1.

Distribución de estudios según enfoque tecnológico predominante

Enfoque tecnológico	Número de estudios	Porcentaje (%)	Contexto educativo predominante
Inteligencia artificial generativa	18	36%	Educación superior
Big Data	12	24%	Educación virtual
Integración de ambas tecnologías	20	40%	Educación híbrida

Nota: Los porcentajes se calcularon sobre el total de estudios seleccionados (n=50).

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión sistematizada de literatura.

Los resultados mostraron que la integración de inteligencia artificial generativa y Big Data constituyó la tendencia predominante, lo que evidenció una consolidación de enfoques convergentes orientados al desarrollo de entornos de aprendizaje más adaptativos. Asimismo, se observó una diferenciación funcional entre ambas tecnologías: la inteligencia artificial generativa se asoció principalmente con la educación superior, mientras que el Big Data presentó mayor presencia en entornos virtuales.

A continuación, en la tabla 2 se examinaron las principales aplicaciones de la inteligencia artificial generativa en el aprendizaje autónomo, con el propósito de comprender su contribución específica en los procesos formativos.

Tabla 2.*Aplicaciones de la inteligencia artificial generativa en el aprendizaje autónomo*

Aplicación	Frecuencia	Porcentaje (%)	Impacto en el aprendizaje
Generación de contenidos	22	44%	Alto
Tutoría virtual personalizada	15	30%	Alto
Evaluación automatizada	8	16%	Medio
Simulación de escenarios	5	10%	Medio

Nota: Frecuencia basada en menciones recurrentes en los estudios analizados.**Fuente:** Elaboración propia.

Se evidenció que la generación de contenidos representó la aplicación más recurrente, lo que destacó el papel de la inteligencia artificial generativa en la producción de recursos educativos dinámicos. La tutoría virtual personalizada también mostró una alta incidencia, consolidándose como un mecanismo relevante para fortalecer la autonomía del estudiante. En contraste, la evaluación automatizada y la simulación de escenarios presentaron menor presencia, lo que sugiere áreas en proceso de desarrollo dentro de la literatura.

Posteriormente, en la tabla 3 se analizó el papel del Big Data en la toma de decisiones pedagógicas, con el fin de identificar sus principales usos en el ámbito educativo.

Tabla 3.*Uso del Big Data en la toma de decisiones pedagógicas*

Uso identificado	Frecuencia	Porcentaje (%)	Nivel de incidencia
Análisis del rendimiento	20	40%	Alto
Predicción de abandono	12	24%	Medio
Personalización del aprendizaje	10	20%	Alto
Optimización curricular	8	16%	Medio

Nota: Datos derivados del análisis temático de literatura.**Fuente:** Elaboración propia.

Los hallazgos indicaron que el análisis del rendimiento académico constituyó el uso más extendido del Big Data, seguido por su aplicación en la predicción del abandono estudiantil. Estos resultados evidenciaron que esta tecnología cumple funciones tanto descriptivas como predictivas, ampliando su potencial en la optimización de los procesos educativos.

Seguidamente, en la tabla 4 se examinaron los efectos de estas tecnologías en el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo.

Tabla 4.

Efectos de las tecnologías en el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo

Efecto identificado	Frecuencia	Porcentaje (%)	Nivel de impacto
Incremento de la autonomía	21	42%	Alto
Aprendizaje personalizado	17	34%	Alto
Desarrollo de pensamiento crítico	7	14%	Medio
Dependencia tecnológica	5	10%	Bajo

Nota: Clasificación basada en categorías emergentes.

Fuente: Elaboración propia.

Se observó que el incremento de la autonomía y la personalización del aprendizaje representaron los principales efectos positivos asociados al uso de estas tecnologías. No obstante, la presencia de dependencia tecnológica introdujo una dimensión crítica que evidencia la necesidad de un uso equilibrado y reflexivo.

En relación con los desafíos, se identificaron los principales factores que condicionan la implementación de la inteligencia artificial generativa y el Big Data en contextos educativos, ver tabla 5.

Tabla 5.

Desafíos en la implementación de IA y Big Data

Desafío	Frecuencia	Porcentaje (%)	Nivel de riesgo
Privacidad de datos	18	36%	Alto
Brecha digital	14	28%	Alto
Ética algorítmica	10	20%	Medio
Capacitación docente	8	16%	Medio

Nota: Resultados derivados de la literatura crítica.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados evidenciaron que la privacidad de los datos y la brecha digital constituyeron los desafíos más relevantes, lo que subraya la necesidad de marcos regulatorios sólidos y políticas educativas orientadas a la equidad. La ética algorítmica también emergió como un aspecto crítico en escenarios mediados por procesos automatizados.

En cuanto a la relación entre tecnología y sostenibilidad educativa, se analizaron las dimensiones que articulan ambos conceptos, véase la tabla 6.

Tabla 6.

Relación entre tecnología y sostenibilidad educativa

Dimensión	Frecuencia	Porcentaje (%)	Tipo de relación
Acceso equitativo	16	32%	Directa
Innovación pedagógica	14	28%	Directa
Eficiencia del aprendizaje	12	24%	Indirecta
Impacto ambiental digital	8	16%	Indirecta

Nota: Clasificación conceptual derivada del análisis.

Fuente: Elaboración propia.

Los hallazgos mostraron que la sostenibilidad educativa trasciende la dimensión ambiental, incorporando componentes sociales y pedagógicos. En este contexto, el acceso equitativo y la innovación pedagógica se posicionaron como elementos clave en la articulación entre tecnología y sostenibilidad.

Finalmente, la tabla 7 se identificaron los factores determinantes del desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo.

Tabla 7.

Factores determinantes del desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo

Factor	Frecuencia	Porcentaje (%)	Nivel de influencia
Personalización del aprendizaje	19	38%	Alto
Acceso a recursos digitales	15	30%	Alto
Competencias digitales	10	20%	Medio
Acompañamiento pedagógico	6	12%	Medio

Nota: Integración de categorías analíticas.

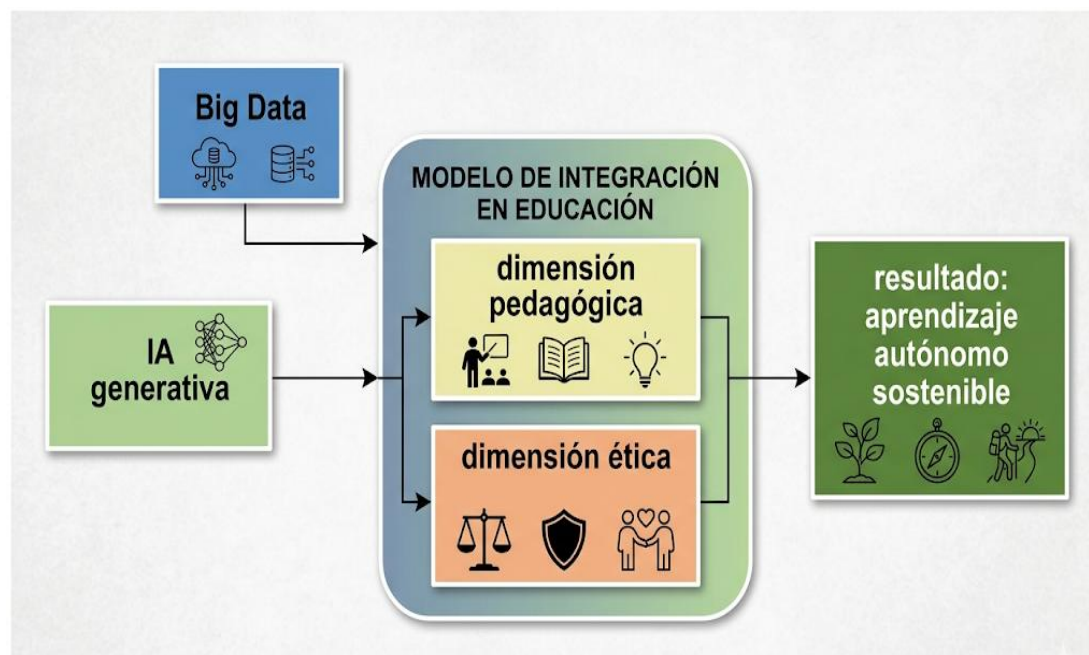
Fuente: Elaboración propia.

Se identificó que la personalización del aprendizaje y el acceso a recursos digitales constituyeron los factores con mayor nivel de influencia, lo que refuerza el papel de la tecnología como facilitador estratégico del aprendizaje autónomo. Sin embargo, la menor presencia de categorías vinculadas al pensamiento crítico y al acompañamiento pedagógico sugiere un énfasis predominante en la eficiencia tecnológica por encima de dimensiones formativas integrales.

A partir de la integración de estos hallazgos, se propuso un modelo teórico que sintetiza la convergencia entre la inteligencia artificial generativa y el Big Data en el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo, véase la figura 1.

Figura 1.

Modelo de Convergencia Socio-Técnica para el Desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo (MCST-AAS)



Nota: El modelo representa la integración de la inteligencia artificial generativa y el Big Data como dimensiones tecnológicas que interactúan con componentes pedagógicos y éticos dentro de un sistema educativo. Esta convergencia da lugar a entornos de aprendizaje adaptativos orientados al Desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo.

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión sistematizada de literatura.

La figura sintetizó la interacción sistémica entre los componentes del modelo propuesto, evidenciando que la inteligencia artificial generativa y el Big Data operan de manera interdependiente dentro de un ecosistema educativo complejo. Mientras la primera favorece la generación de contenidos adaptativos y la personalización del aprendizaje, la segunda permite analizar patrones y optimizar la toma de decisiones pedagógicas basada en evidencia. Estas dimensiones tecnológicas se articulan con componentes pedagógicos y éticos, configurando un sistema dinámico que favorece el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo. En consecuencia, el modelo propuesto

no solo sintetiza los hallazgos, sino que establece una estructura conceptual transferible para el análisis de ecosistemas educativos digitales basadas en inteligencia artificial. Asimismo, ofrece un marco analítico para comprender la evolución de los entornos educativos digitales.

En síntesis, los resultados evidenciaron que la inteligencia artificial generativa y el Big Data configuran un entorno educativo caracterizado por la personalización, la autonomía y el uso intensivo de datos para la toma de decisiones. No obstante, estos beneficios coexisten con desafíos estructurales relacionados con la ética, la equidad y la sostenibilidad educativa, lo que sugiere que su impacto depende de las condiciones pedagógicas y contextuales en las que se implementan.

Discusión

Los resultados evidencian que la integración de la inteligencia artificial generativa y el Big Data en los sistemas de aprendizaje configura una transformación estructural que redefine las formas de aprender, enseñar y tomar decisiones pedagógicas (Zawacki-Richter et al., 2019; Crompton & Burke, 2023). En este contexto, la convergencia tecnológica entre ambas herramientas se manifiesta como un sistema complementario orientado a potenciar el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo (Ng & Ho, 2025), en consonancia con enfoques que sitúan la innovación educativa en la articulación de tecnologías dentro de ecosistemas digitales complejos (Giannakos et al., 2025).

Desde una perspectiva analítica, la distribución de los estudios confirma un desplazamiento progresivo desde modelos tecnológicos fragmentados hacia enfoques integrales, en los que la combinación de inteligencia artificial generativa y Big Data adquiere mayor relevancia (Banh & Strobel, 2023). Esta convergencia favorece la construcción de entornos de aprendizaje adaptativos, caracterizados por su capacidad de respuesta dinámica a las necesidades individuales, al tiempo que fortalece la toma de

decisiones pedagógicas basada en evidencia (Waheed et al., 2020; Huang, 2024; Hemmler & Ifenthaler, 2024). No obstante, este avance plantea una tensión estructural entre la eficiencia tecnológica y el desarrollo de capacidades cognitivas profundas, lo que constituye un desafío central para los modelos educativos contemporáneos.

En relación con las aplicaciones de la inteligencia artificial generativa, la generación de contenidos y la tutoría virtual personalizada emergen como usos predominantes (Denny et al., 2024; Monib et al., 2024). Estos hallazgos reflejan una transición desde modelos centrados en la transmisión del conocimiento hacia enfoques orientados a su co-construcción (García-Peñalvo et al., 2024; Łodzikowski et al., 2023). La capacidad de producir recursos adaptativos y ofrecer retroalimentación inmediata contribuye al fortalecimiento de la autonomía del estudiante (Lee & Moore, 2024). Sin embargo, este potencial también introduce riesgos asociados a la dependencia tecnológica, especialmente en ausencia de estrategias pedagógicas orientadas al desarrollo del pensamiento crítico (Anshari et al., 2023).

Por su parte, el Big Data se consolida como un componente estratégico en la transformación de datos educativos en conocimiento accionable (Maphosa & Maphosa, 2020). Su aplicación en el análisis del rendimiento académico y la predicción del abandono evidencia un uso combinado de enfoques descriptivos y predictivos (Yağcı, 2022; Thai-Nghe et al., 2011). A pesar de sus ventajas, estas capacidades conllevan riesgos asociados a sesgos algorítmicos y decisiones automatizadas que pueden afectar la equidad educativa si no se implementan mecanismos adecuados de supervisión y control (Bahroun et al., 2023).

En términos de impacto, los efectos identificados se concentran en el fortalecimiento de procesos adaptativos y en la optimización de las trayectorias de aprendizaje, lo que incide positivamente en la motivación y el rol activo del estudiante (Klašnja-Milićević et al., 2017; Fan et al., 2025; Hemmler & Ifenthaler, 2024). Asimismo,

la adaptación de contenidos y ritmos de aprendizaje favorece el desarrollo de competencias metacognitivas clave para el aprendizaje a lo largo de la vida (Xu, 2021). No obstante, estos beneficios deben ser interpretados en equilibrio con la necesidad de preservar la autonomía cognitiva y evitar dinámicas de dependencia excesiva de los sistemas tecnológicos.

Los principales desafíos identificados —particularmente la privacidad de los datos y la brecha digital— confirman que el impacto de estas tecnologías debe analizarse desde una perspectiva ética y social (Akour et al., 2021; Anshari et al., 2023). En este sentido, la protección de los datos y el acceso equitativo a los recursos digitales se constituyen como condiciones fundamentales para garantizar la sostenibilidad educativa (Bahroun et al., 2023), evitando la profundización de desigualdades en los contextos de aprendizaje.

En coherencia con estos hallazgos, la sostenibilidad educativa se configura como un concepto multidimensional que integra dimensiones sociales, pedagógicas y tecnológicas (Ng & Ho, 2025). Desde esta perspectiva, la incorporación de tecnologías no debe orientarse exclusivamente a la eficiencia, sino también a la inclusión y la pertinencia social, lo que implica que su valor depende de su integración en prácticas pedagógicas que promuevan el desarrollo integral del estudiante (Crompton & Burke, 2023; García-Peñalvo et al., 2024).

Por otra parte, los factores determinantes del desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo —entre ellos el acceso a recursos digitales y el desarrollo de competencias— refuerzan la necesidad de diseñar sistemas de aprendizaje flexibles y accesibles (Albó et al., 2022). En este marco, el rol del docente como mediador pedagógico y el fortalecimiento de competencias digitales resultan elementos clave para garantizar un uso crítico y reflexivo de la tecnología (Kavitha & Joshith, 2024).

Sin embargo, la literatura no presenta una visión homogénea respecto al impacto de estas tecnologías. Diversos estudios advierten que la implementación de inteligencia artificial generativa puede generar efectos contraproducentes en el desarrollo del pensamiento crítico cuando los estudiantes adoptan un rol pasivo frente a sistemas automatizados (Anshari et al., 2023). De manera similar, el uso del Big Data ha sido cuestionado por su potencial para reproducir sesgos estructurales y limitar la equidad educativa si no se establecen mecanismos de supervisión adecuados (Bahroun et al., 2023). Estas tensiones evidencian que el impacto de estas tecnologías no es intrínsecamente positivo, sino que depende de las condiciones pedagógicas, éticas y contextuales en las que se implementan.

El principal aporte de este estudio radica en la integración analítica de la inteligencia artificial generativa y el Big Data como un sistema convergente en el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo, superando enfoques fragmentados predominantes en la literatura. En este marco, se propone el Modelo de Convergencia Socio-Técnica para el Desarrollo Sostenible del Aprendizaje Autónomo (MCST-AAS), el cual permite interpretar la articulación entre ambas tecnologías como un sistema dinámico de interacción entre generación de conocimiento, análisis de datos y mediación pedagógica.

En consecuencia, el modelo MCST-AAS se configura como un marco teórico emergente que posibilita analizar los ecosistemas educativos digitales desde una perspectiva sistémica, integrando dimensiones tecnológicas, pedagógicas y éticas. Este modelo se diferencia de enfoques previos al incorporar explícitamente la dimensión ética como componente estructural, superando visiones centradas exclusivamente en la eficiencia tecnológica o la analítica de datos. Asimismo, no se limita a describir interacciones funcionales, sino que propone una interpretación del aprendizaje autónomo como fenómeno emergente derivado de la convergencia socio-técnica.

Bajo este enfoque, el modelo ofrece una base interpretativa para comprender la evolución de los ecosistemas educativos digitales contemporáneos, en los que la personalización, la toma de decisiones basada en evidencia y la autonomía del estudiante se articulan de manera sistémica. En este sentido, el desarrollo sostenible del aprendizaje autónomo trasciende su concepción como resultado pedagógico, configurándose como un proceso dinámico emergente de la interacción entre tecnologías inteligentes, prácticas educativas y contextos sociotécnicos.

No obstante, una limitación relevante del estudio radica en su carácter basado en revisión de literatura, lo que implica que los hallazgos dependen de la disponibilidad, calidad y enfoque de los estudios analizados. En este sentido, se reconoce la necesidad de desarrollar investigaciones empíricas que permitan contrastar y validar estos resultados en contextos educativos específicos.

En síntesis, la convergencia entre inteligencia artificial generativa y Big Data redefine el aprendizaje contemporáneo al desplazar modelos tradicionales hacia entornos adaptativos, centrados en el estudiante y basados en datos. Sin embargo, su impacto no es inherentemente positivo, sino que depende de condiciones pedagógicas, tecnológicas y éticas específicas, lo que exige un abordaje crítico e integral en su implementación. Estos hallazgos sugieren que la integración tecnológica, por sí sola, no garantiza mejoras educativas, sino que requiere condiciones pedagógicas estructuradas para generar un impacto significativo.

Implicaciones teóricas. El estudio contribuye a la literatura al proponer un modelo integrador que supera enfoques fragmentados sobre el uso de la inteligencia artificial en educación. El modelo MCST-AAS amplía la comprensión del aprendizaje autónomo al incorporar de manera articulada dimensiones tecnológicas, pedagógicas y éticas dentro de un marco sistémico.

Implicaciones prácticas. Los resultados sugieren la necesidad de diseñar entornos educativos que integren inteligencia artificial generativa y Big Data de manera estratégica, promoviendo procesos adaptativos sin comprometer la autonomía cognitiva del estudiante. Asimismo, se destaca la importancia de la formación docente en competencias digitales y éticas como condición para una implementación responsable.

En conclusión, la inteligencia artificial generativa y el Big Data configuran un nuevo paradigma educativo caracterizado por la adaptabilidad, la centralidad del estudiante y el uso intensivo de datos en la toma de decisiones pedagógicas. Factores como el acceso a recursos digitales, el desarrollo de competencias y el enfoque pedagógico condicionan directamente su impacto. Asimismo, desafíos como la privacidad de los datos, la ética algorítmica y la brecha digital pueden limitar su potencial si no se abordan de manera adecuada.

Desde esta perspectiva, la integración de estas tecnologías trasciende la noción de innovación instrumental, configurándose como un cambio de paradigma en la construcción del conocimiento educativo, con implicaciones directas en la sostenibilidad del aprendizaje en contextos digitales. En este sentido, se recomienda promover su implementación desde enfoques pedagógicos, éticos e inclusivos, así como el desarrollo de marcos regulatorios que garanticen la protección de los datos y la transparencia en los procesos automatizados.

Finalmente, se sugiere el desarrollo de investigaciones empíricas que permitan validar los hallazgos del presente estudio en contextos específicos, así como la formulación de políticas públicas orientadas a regular la integración de estas tecnologías en los sistemas educativos. En este marco, la convergencia entre inteligencia artificial generativa y Big Data se posiciona como un eje estructural en la reconfiguración de los sistemas educativos contemporáneos y en la transformación de sus bases epistemológicas.

Referencias

- Akour, I., Alshurideh, M., Al Kurdi, B., & Salloum, S. (2021). Predicting student satisfaction of emergency remote learning using machine learning. *PLoS ONE*, 16(4), e0249423. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249423>
- Albó, L., Barria-Pineda, J., Brusilovsky, P., & Hernández-Leo, D. (2022). Knowledge-based design analytics for smart learning content. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(1), 4–27. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00253-3>
- Anshari, M., Hamdan, M., Ahmad, N., & Ali, E. (2023). AI and ethical challenges in education. *AI & Society*, 38(2), 707–720. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01471-6>
- Arruda, D., Silva, E. R., Lessa, M. R., & Proença Junior, D. (2022). Bibliometric networks in educational research using VOSviewer. *Scientometrics*, 127(7), 3953–3982. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04390-5>
- Bahroun, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zrqane, A. (2023). Transforming education with AI: Challenges and opportunities. *Education and Information Technologies*, 28(10), 12345–12367. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11759-9>
- Banh, L., & Strobel, G. (2023). Generative artificial intelligence. *Electronic Markets*, 33(1), Artículo 63. <https://doi.org/10.1007/s12525-023-00663-2>
- Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in education: A review. *Computers & Education*, 189, Artículo 104582. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104582>
- D'Mello, S., Olney, A., Williams, C., & Hays, P. (2012). Gaze tutor: A gaze-reactive intelligent tutoring system. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(5), 377–398. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2012.01.004>
- Denny, P., Gulwani, S., Heffernan, N., Käser, T., & Moore, S. (2024). *Generative AI for education: Advances and challenges* (preprint). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.01580>

- Fan, Y., Tang, L., & Zhao, Y. (2025). Effects of generative AI on learning motivation. *British Journal of Educational Technology*, 56(1), 125–144. <https://doi.org/10.1111/bjet.13544>
- García-Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F., & Vidal, J. (2024). La nueva realidad de la educación ante la IA generativa. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 9–39. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- Ghimire, A., Prather, J., & Edwards, J. (2024). *Educators' awareness of generative AI*. (preprint). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.15586>
- Giannakos, M., Krogstie, J., Aalberg, T., Sjöberg, D., & Mikalef, P. (2025). The promise and challenges of generative AI in education. *Behaviour & Information Technology*. Publicación en línea avanzada. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2024.2394886>
- Hemmler, Y., & Ifenthaler, D. (2024). Self-regulated learning strategies. *Educational Research Review*, 45, 100629. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100629>
- Huang, X. (2024). AI-supported adaptive learning systems. *Educational Technology Research and Development*, 72(2), 485–505. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10245-3>
- Jovanović, M., & Campbell, M. (2022). Generative AI trends. *Computer*, 55(10), 107–112. <https://doi.org/10.1109/MC.2022.3147827>
- Kavitha, K., & Joshith, V. (2024). AI in education: Bibliometric analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 62(1), 1–25. <https://doi.org/10.1177/00472395241231815>
- Klašnja-Milićević, A., Ivanović, M., & Budimac, Z. (2017). Data science in education: Big data and learning analytics. *Computers & Education*, 108, 21–35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.012>
- Lee, S., & Moore, J. (2024). AI and student learning outcomes. *Computers in Human Behavior*, 150, 107123. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.107123>
- Łodzikowski, K., Foltz, P., & Behrens, J. (2023). *Educational implications of generative AI* (preprint). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.08659>

- Maphosa, V., & Maphosa, M. (2020). Educational data mining in higher education. *Journal of Education and Learning*, 9(3), 64–74. <https://doi.org/10.5539/jel.v9n3p64>
- Monib, W., Qazi, A., Apong, R., Azizan, M., De Silva, L., & Yassin, H. (2024). Generative AI and future education. *PeerJ Computer Science*, 10, e2105. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2105>
- Ng, S., & Ho, C. (2025). Generative AI in education: Bibliometric analysis. *Information*, 16(8), 657. <https://doi.org/10.3390/info16080657>
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A., & Garro-Aburto, L. L. (2023). *Generative AI applications in education* (preprint). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.07605>
- Thai-Nghe, N., Drumond, L., Krohn-Grimberghe, A., & Schmidt-Thieme, L. (2011). Recommender systems for predicting student performance. En R. Romero, S. Ventura, M. Pechenizkiy, & R. S. J. d. Baker (Eds.), *Educational Data Mining: Applications and Trends* (pp. 117–137). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21869-9_13
- Waheed, H., Hassan, S., Aljohani, N., Hardman, J., Alelyani, S., & Nawaz, R. (2020). Predicting academic performance using big data and learning analytics. *Computers in Human Behavior*, 107, 106189. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106189>
- Xu, X. (2021). Adaptive learning systems and AI. *Educational Technology Research and Development*, 69(1), 11–13. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09987-2>
- Yağcı, M. (2022). Educational data mining: prediction of students' academic performance using machine learning algorithms. *Smart Learning Environments*, 9(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00192-z>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16, 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>