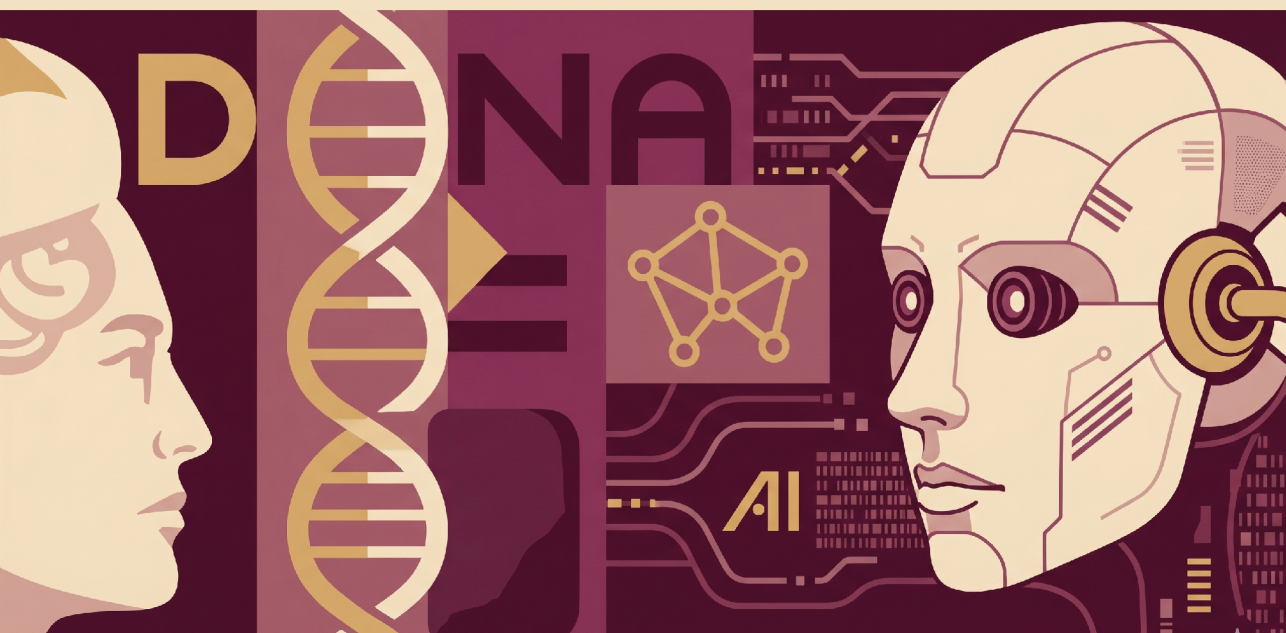




Inteligencia Artificial Generativa en el aula: Desafíos y ventajas

Coordinador de la Obra
Dr. Arnulfo Ramos Jiménez

**Inteligencia
Artificial
Generativa
en el aula:
Desafíos y
ventajas**



Inteligencia Artificial Generativa en el aula: Desafíos y ventajas/ Arnulfo Ramos Jiménez, Celia Gabriela Villalpando Sifuentes, Anna V. Sokolova Grinovievkaya, et al. — Pamplona: Universidad de Pamplona. 2026.

379 p. 17 cm x 24 cm

ISBN (Digital): 978-628-7937-00-0

© Universidad de Pamplona

© Sello Editorial Unipamplona

Sede Principal Pamplona, Km 1 Vía Bucaramanga-

Ciudad Universitaria. Norte de Santander, Colombia.

www.unipamplona.edu.co

Teléfono: 6075685303

Inteligencia Artificial Generativa en el aula: Desafíos y ventajas

Arnulfo Ramos Jiménez
Celia Gabriela Villalpando Sifuentes
Anna V. Sokolova Grinovievkaya
Ofelia Gómez Landeros
María Armida Estrada Gutiérrez
Jorge Luis García Alcaraz
Pedro García Alcaraz
Cely Celene Ronquillo Chávez
Francisco Javier Olivas-Aguirre
Miguel Ángel Olivas-Aguirre
Marco Antonio Hernández-Lepe
Jorge Luis Márquez López
Edgar Francisco Ordoñez Bencomo

Ramón Anchondo Pérez
Alejandra Villalpando Sifuentes
César Sánchez Olavarria
Ana Bertha Luna Miranda
Nelly Gordillo-Castillo
David Cortés Sáenz
José Manuel Mejía Muñoz
Miguel Murguía-Romero
Diana G. Flores-Camargo
Alejandra Torres-León
Juan Andrés Elías-Hernández
Silvia Gabriela Alvidrez-Minora

ISBN (Digital): 978-628-7937-00-0

DOI: <https://doi.org/10.24054/8sv8d453>

Primera edición mayo de 2026

Colección Educación

© Sello Editorial Unipamplona

Rector: Ivaldo Torres Chávez Ph.D

Vicerrector de Investigaciones: Aldo Pardo García Ph.D

Jefe Sello Editorial Unipamplona: Catherine Mojica Acevedo

Corrección de estilo: Andrea del Pilar Durán Jaimes

Diseño y diagramación: Laura Angelica Buitrago Quintero

Imagen de cubierta creada con apoyo de Inteligencia Artificial

Hecho el depósito que establece la ley. Todos los derechos reservados.

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio, sin permiso del editor.



Inteligencia Artificial Generativa en el aula: Desafíos y ventajas

Arnulfo Ramos Jiménez
Celia Gabriela Villalpando Sifuentes
Anna V. Sokolova Grinovievkaya
Ofelia Gómez Landeros
María Armida Estrada Gutiérrez
Jorge Luis García Alcaraz
Pedro García Alcaraz
Cely Celene Ronquillo Chávez
Francisco Javier Olivas-Aguirre
Miguel Ángel Olivas-Aguirre
Marco Antonio Hernández-Lepe
Jorge Luis Márquez López
Edgar Francisco Ordoñez Bencomo

Ramón Anchondo Pérez
Alejandra Villalpando Sifuentes
César Sánchez Olavarría
Ana Bertha Luna Miranda
Nelly Gordillo-Castillo
David Cortés Sáenz
José Manuel Mejía Muñoz
Miguel Murguía-Romero
Diana G. Flores-Camargo
Alejandra Torres-León
Juan Andrés Elías-Hernández
Silvia Gabriela Alvidrez-Minora

Coordinador de la Obra

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez



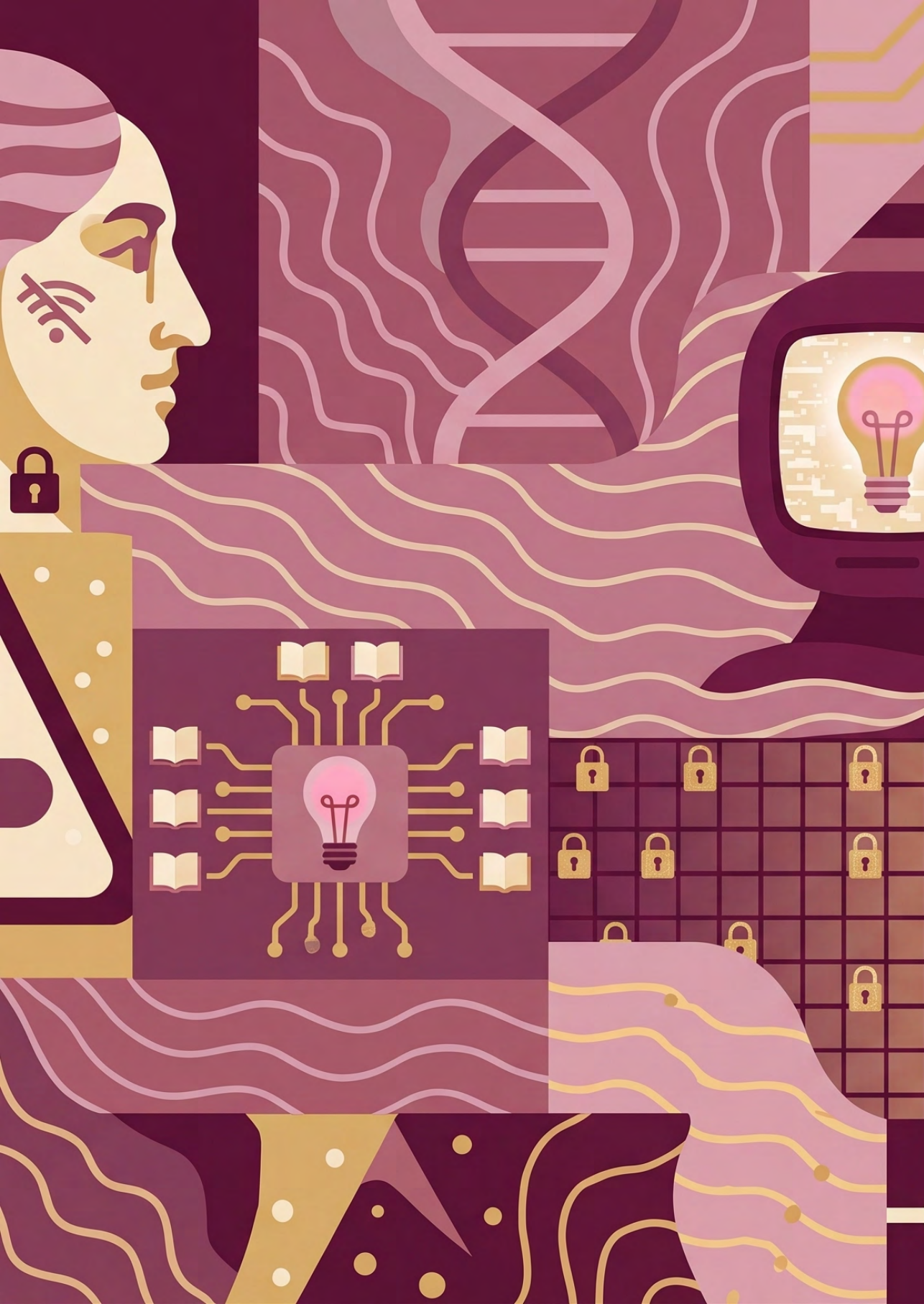
“Formando nuevas generaciones con
sello de excelencia comprometidos
con la transformación social de las
regiones y un país en paz”



Vicerrectoría de
INVESTIGACIONES
UNIPAMPLONA

Dedicatoria

A los que razonan y trazan caminos diferentes.



Preámbulo

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez

La educación formal enfrenta una oportunidad de profunda transformación debido a los avances acelerados en nanotecnología y nanoelectrónica, en la capacidad de almacenar información, en el descubrimiento de nuevas fuentes de energía y en la velocidad de programación y de procesamiento de ingentes cantidades de datos de distintos tipos (texto, sonido, imágenes y videos). A la fecha en que se redacta este libro, los avances tecnológicos y los sistemas actuales y venideros con inteligencia artificial (IA) poseen la facultad de analizar y ajustar sus algoritmos y parámetros acordes con la complejidad y profundidad de las preguntas, a velocidades antes inalcanzables e inimaginables, lo que les confiere la capacidad de inferir patrones y resolver problemas que exceden las capacidades de la inteligencia humana. Estas capacidades, aunadas a la también creciente variedad de aplicaciones informáticas con IA diseñadas con fines educativos y su uso en el aula, plantean un desafío a los paradigmas pedagógicos tradicionales, poniendo en conflicto lo que tradicionalmente conocemos como educación.

Estamos convencidos de que la incorporación de estas herramientas en el aula permitirá una mayor personalización del aprendizaje, la optimización de los procesos educativos y la retroalimentación en tiempo real. Sin embargo, este avance digital también ha generado un uso excesivo de estas herramientas que, en algunos casos, puede derivar en una dependencia psicológica y emocional. En este sentido, las máquinas, el software y las plataformas con IA, como toda herramienta, pueden ocultar

resultados perjudiciales si no se concientiza de sus beneficios y perjuicios.

La IA no solo está transformando el ámbito educativo, sino que también está reemplazando ciertas funciones humanas, como la necesidad que tenemos las personas de memorizar y razonar, lo que plantea el siguiente desafío: equilibrar el uso de estas herramientas para aprovechar sus beneficios sin comprometer el desarrollo de habilidades cognitivas fundamentales.

La controvertida IA generativa surgida a mediados del siglo XX, aunada a la enorme competencia entre poderosas empresas (fecha actual: enero de 2026) por ganar la carrera de la IA general, se ha transformado en lo que algunos llaman “Inteligencia Artificial General Funcional” (IAGF). Lo anterior, reconociendo sus limitaciones y dejando de lado la inteligencia humana y los aspectos humanos complejos y difíciles de replicar, como la empatía, la capacidad de adaptación, la autoconciencia, la socialización y la moral, entre otros. Además, se especula que tendremos una superinteligencia artificial (SIA) dentro de los próximos 10 años; sin embargo, a la fecha no existen proyecciones claras sobre su llegada, pues su desarrollo depende en gran medida de nuevas arquitecturas y tecnologías, así como del replanteamiento y la renovación del hardware, el software y los sistemas operativos. No obstante, los avances tecnológicos y computacionales actuales están transformando significativamente los paradigmas educativos existentes, en los que el maestro es el centro de atención, el protagonista principal en el aula y quien reparte la verdad. El celular, la tableta y el internet están reemplazando al docente tradicional, democratizando la verdad y facilitando el acceso a la información. Por ello, la incipiente IAGF se perfila como una fuerza aún más poderosa y transformadora que el Internet y las redes sociales, catalizando el desarrollo de tecnologías vanguardistas sin precedentes.

Son varias las empresas, las que, con sus aplicaciones, se promocionan en tener el liderazgo de poseer la mayor cantidad de información, ofrecerla con mayor veracidad, así como proporcionarla a la mayor velocidad. Al momento, las principales compañías son OpenAI (<https://openai.com/>), Meta AI (<https://www.meta.ai/>), DeepSeek (<https://chat.deepseek.com/>), Anthropic (<https://www.anthropic.com/>), Grok (<https://x.com/i/grok>), Qwen (<https://chat.qwen.ai/>), Google (<https://gemini.google.com/app>) y Llama (<https://www.llama.com/>). Algunas de estas se explicarán en este libro. Del mismo modo, son varias las aplicaciones entrenadas con información específica de alta calidad, útiles en áreas del conocimiento específicas, como lo son: Consensus (<https://consensus.app/>), Alphafold (<https://alphafoldserver.com/>) schrodinger (<https://www.schrodinger.com/>), Google Health (<https://health.google/>) e Isabel Healthcare (<https://www.isabelhealthcare.com/>) en biomedicina y salud, Julius (<https://julius.ai/>) y Mathos AI (<https://info.mathgptpro.com/>) en matemáticas, Sof-IA (<https://prime.tirant.com/es/sofia/>) y Conversa (<https://tirantprimeconversa.tirant.com/>) en leyes, Loudly (<https://www.loudly.com/crear-musica-con-inteligencia-artificial>) y Music muse (<https://www.musicmuse.ai/es>) en música, entre muchas otras apps con IA que se pueden consultar en <https://aifindy.com/> y <https://www.toolify.ai/>.

Resulta paradójico que, pese al acelerado avance tecnológico, la integración formal de la IA en los entornos educativos formativos sea todavía incipiente, sobre todo en los países en vías de desarrollo. Mientras la sociedad evoluciona exponencialmente hacia un futuro impulsado por la IA, numerosas instituciones educativas mantienen paradigmas pedagógicos tradicionales que podrían resultar insuficientes para las demandas laborales actuales. En este sentido, dado el vertiginoso desarrollo de poderosas herramientas que escuchan, escriben, hablan, calculan, analizan y producen, la educación se replantea, lo que genera grandes

incertidumbres, así como enormes oportunidades en el sector educativo. Como profesionales de la educación, enfrentamos el desafío de incorporar estas innovaciones tecnológicas en nuestras aulas, revolucionando el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por lo anterior, en esta obra nos preguntamos: ¿cómo podemos aprovechar el potencial transformador de la IA para acelerar y optimizar el aprendizaje, preservando simultáneamente la dimensión humana y ética inherente a la educación?

Esta obra nace de la convicción de que la IAGF, como se define arriba, estará presente antes del 2030 y transformará la educación en la presente década. Por lo tanto, se hace un llamado urgente a los pedagogos para que asuman el liderazgo en esta transformación digital y conviertan a la IA en una aliada en el aula. Es decir, no se trata solo de incorporarla por moda o por presión social, sino de reconocer su potencial para enriquecer el proceso educativo, personalizar el aprendizaje y prepararse para un futuro cada vez más dominado por ella. También es importante reconocer que estas herramientas no son ni serán la solución a las desigualdades, pero es nuestro deber explorarlas y distinguir entre sus ventajas y riesgos.

A lo largo de estas páginas, exploraremos cómo diversas aplicaciones informáticas con IA pueden convertirse en aliadas poderosas en el aula, ofreciendo nuevas formas de estudio, tutorías, planeación, experimentación científica, evaluación formativa, enseñanza de idiomas y lenguajes de programación. Nuestra meta es proporcionar a docentes y estudiantes una guía práctica y reflexiva que les permita apropiarse de estas herramientas con una perspectiva pedagógica y didáctica sólida.

Invitamos al lector a emprender con nosotros, de manera crítica y propositiva, este viaje de descubrimiento y transformación, convencidos de que la integración de la IA en el aula no solo es posible, sino inaplazable en esta era digital, plagada de sesgos, desinformación y alineación social.

Prefacio

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez

La inteligencia artificial (IA) ha trascendido el ámbito de la ciencia ficción. Al infiltrarse en todos los aspectos de nuestra vida, se consolida como una realidad que se extiende a las expresiones culturales, la investigación científica, la esfera política, las actividades recreativas, la educación y las interacciones sociales, redefiniendo así nuestras metodologías de trabajo, comunicación y aprendizaje.

Al momento, la incursión de la IA en el entorno educativo suele percibirse con desconfianza por parte de sectores del profesorado apegados a enfoques tradicionales, ya que su implementación puede cuestionar teorías pedagógicas consolidadas. No obstante, la IA gana terreno progresivamente gracias a su accesibilidad y a su potencial para ofrecer, incluso con desconfianza, soluciones cada vez más precisas y fiables a problemas de gran complejidad. En consecuencia, la IA está reconfigurando la dinámica de interacción con los estudiantes y transformando el panorama educativo en su conjunto, lo que plantea tanto oportunidades significativas como desafíos éticos que exigen un abordaje reflexivo y proactivo. Cada innovación plantea retos y resistencias, y la historia nos ha enseñado que los humanos sabemos superarlos.

Cada mes, se lanza o retira del mercado una amplia gama de aplicaciones computacionales y asistentes virtuales con IA que simulan conversaciones humanas y responden con diferentes niveles de veracidad a nuestras consultas, así como agentes

automatizados que llevan a cabo diversas y complejas tareas en nuestro favor. Estas herramientas, aunque carecen de un cuerpo físico tangible, se basan en vastos volúmenes de datos, programación “asistida por humanos” y dependen de una combinación de hardware, robots y dispositivos conectados, diseñados con circuitos cada vez más miniaturizados y sofisticados. Aplicaciones y asistentes programados para ejecutar tareas generales y específicas, útiles en sectores como la industria, la salud, la educación, el entretenimiento y la recreación. Tecnologías capaces de resolver problemas que, hace apenas una década, eran considerados intratables, y lo hacen con una precisión y velocidad que con frecuencia superan la capacidad humana. No obstante, a pesar de su notable creatividad y eficacia, estas tecnologías carecen de la capacidad de discernir, sentir o poseer conciencia, lo que genera preocupaciones sobre su uso excesivo e indiscriminado. En este sentido, los gobiernos e instituciones de salud y ecología de diversos países se encuentran dictando leyes y reglamentos para su control, diseño y uso apropiado de sus capacidades.

En consecuencia, resulta imperativo que la sociedad se prepare para integrar la IA de manera ética y responsable. Es fundamental convertirla en una herramienta que promueva el progreso social, la sostenibilidad y la equidad, con el fin de lograr una convivencia pacífica y saludable que respete y beneficie a todas las formas de vida de nuestro planeta. Los sistemas educativos deben adaptarse para fomentar el pensamiento crítico, la creatividad y la alfabetización digital en los alumnos. Esto implica integrar la IA en el aula, garantizar que todos los estudiantes tengan acceso a ella y contar con tutores que, además de habilidades pedagógicas, posean habilidades digitales.

“Inteligencia Artificial Generativa en el aula: Desafíos y ventajas” es una obra que aborda la urgencia de integrar la IA de manera ética y pedagógica en el ámbito educativo. Este libro

no solo explica qué es la IA y cómo funciona, sino que también ofrece una visión práctica y ética sobre su integración en el aula. Su contenido está cuidadosamente estructurado en capítulos que abordan la historia de la IA, sus fundamentos, su aplicación en el diseño de experiencias de aprendizaje personalizadas y su impacto en el desarrollo de habilidades científicas. El objetivo es proporcionar a profesores y estudiantes un recurso transformador que guíe en la adopción y aplicación de la IA en la educación formal, desde una perspectiva crítica, pedagógica y científica.

Partes sobresalientes de la obra. Los doce capítulos de la obra pueden sintetizarse en los siguientes cinco aspectos.

1. Historia y fundamentos de la IA: Se ofrece un recorrido desde los orígenes de la IA hasta las técnicas actuales de IA generativa más avanzadas. Este marco histórico es fundamental para comprender el contexto y la evolución que ha llevado a la IA al punto en que se encuentra hoy.

2. Aplicaciones de la IA generativa en educación: Aquí se exploran las múltiples formas en que la IA generativa está revolucionando el aprendizaje. Desde la generación de contenido personalizado hasta la creación de entornos virtuales interactivos, este apartado demuestra cómo la IA puede potenciar la educación científica.

3. Desafíos éticos y sociales: La obra no esquivo las complejidades que acompañan a la implementación de la IA. Se abordan temas como la privacidad de los datos, los sesgos algorítmicos y el impacto en la equidad educativa, lo que invita a una reflexión profunda sobre cómo abordar estos desafíos de manera responsable.

4. El papel del docente en la era de la IA: Se destaca la importancia insustituible de los profesores como mediadores y facilitadores del aprendizaje. Lejos de ser reemplazados por la tecnología, los

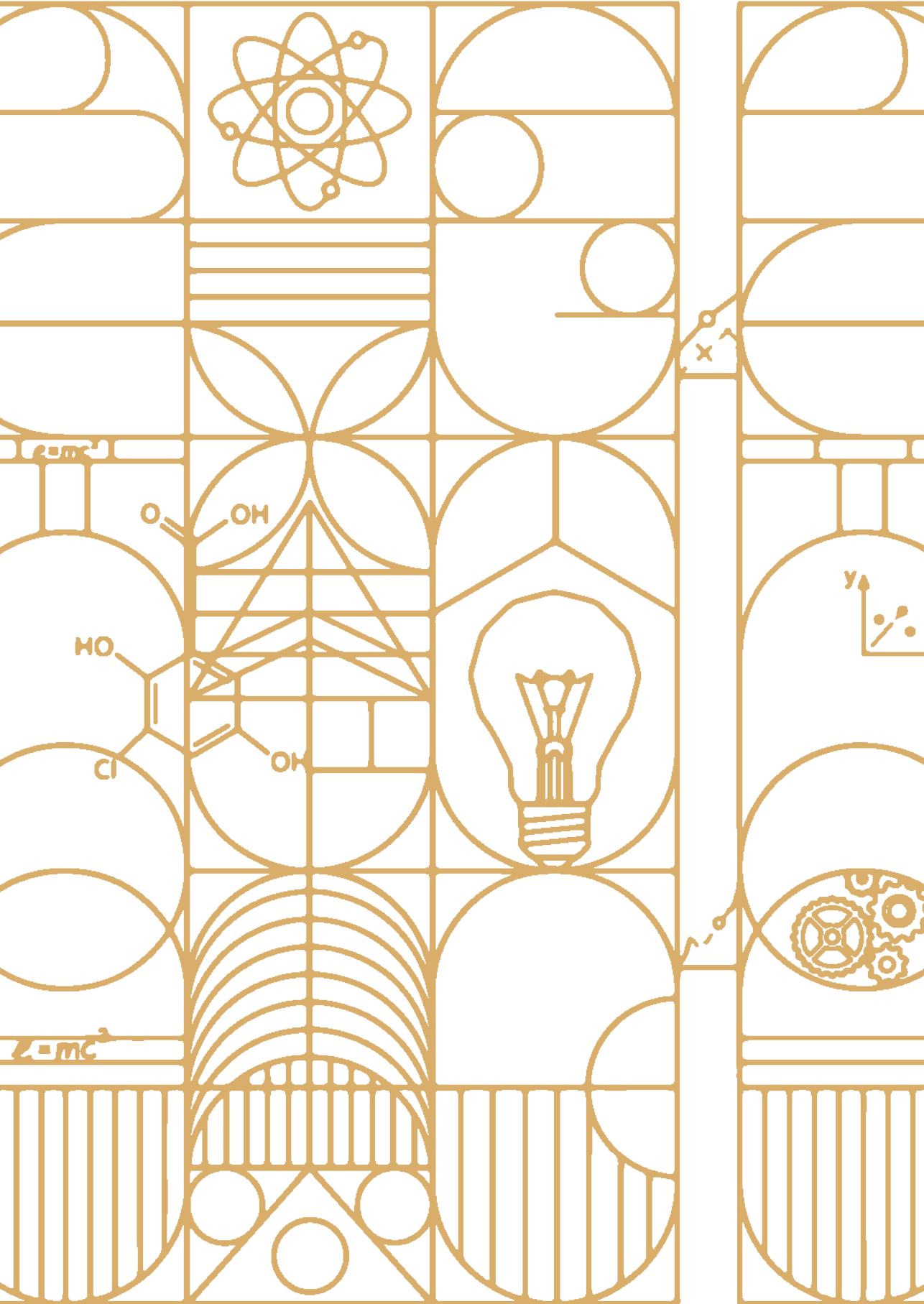
docentes son presentados como actores clave en la integración efectiva y ética de la IA en el aula.

5. Casos prácticos y estrategias de implementación: La obra incluye ejemplos concretos y herramientas prácticas para incorporar la IA en contextos educativos reales. Desde tutores virtuales hasta simuladores interactivos para la enseñanza de las ciencias, los casos de éxito muestran el impacto real de estas herramientas. Estas estrategias ofrecen una guía clara y accesible para docentes que desean innovar en sus prácticas pedagógicas.

Resumen

Este libro analiza el papel transformador de las herramientas basadas en inteligencia artificial (IA). Destaca cómo esta tecnología está redefiniendo la docencia, la evaluación y el aprendizaje. En particular, la controvertida IA generativa permite personalizar experiencias educativas, automatizar tareas administrativas y generar simulaciones, tutorías inteligentes y retroalimentación inmediata. Sin embargo, también plantea desafíos éticos relacionados con la privacidad de los datos, los sesgos algorítmicos, la dependencia tecnológica y la ampliación de la brecha digital. Se subraya la necesidad de que el docente evolucione de transmisor de contenidos a mentor crítico, ético y creativo, con sólidas competencias digitales. Asimismo, se propone integrar la IA en los planes de estudio mediante acciones tangibles, como laboratorios de simulación virtual, análisis de datos complejos, materiales con IA personalizados y evaluaciones impulsadas por IA. Se enfatiza el desarrollo del pensamiento crítico como competencia central en un entorno saturado de información y se sugieren metodologías como el aprendizaje basado en problemas, en proyectos, en debates socráticos y en alfabetización digital. En conjunto, la obra concluye que la IA generativa no sustituye al docente, sino que amplía sus capacidades, siempre que se utilice desde una perspectiva ética, inclusiva y orientada a la justicia social.

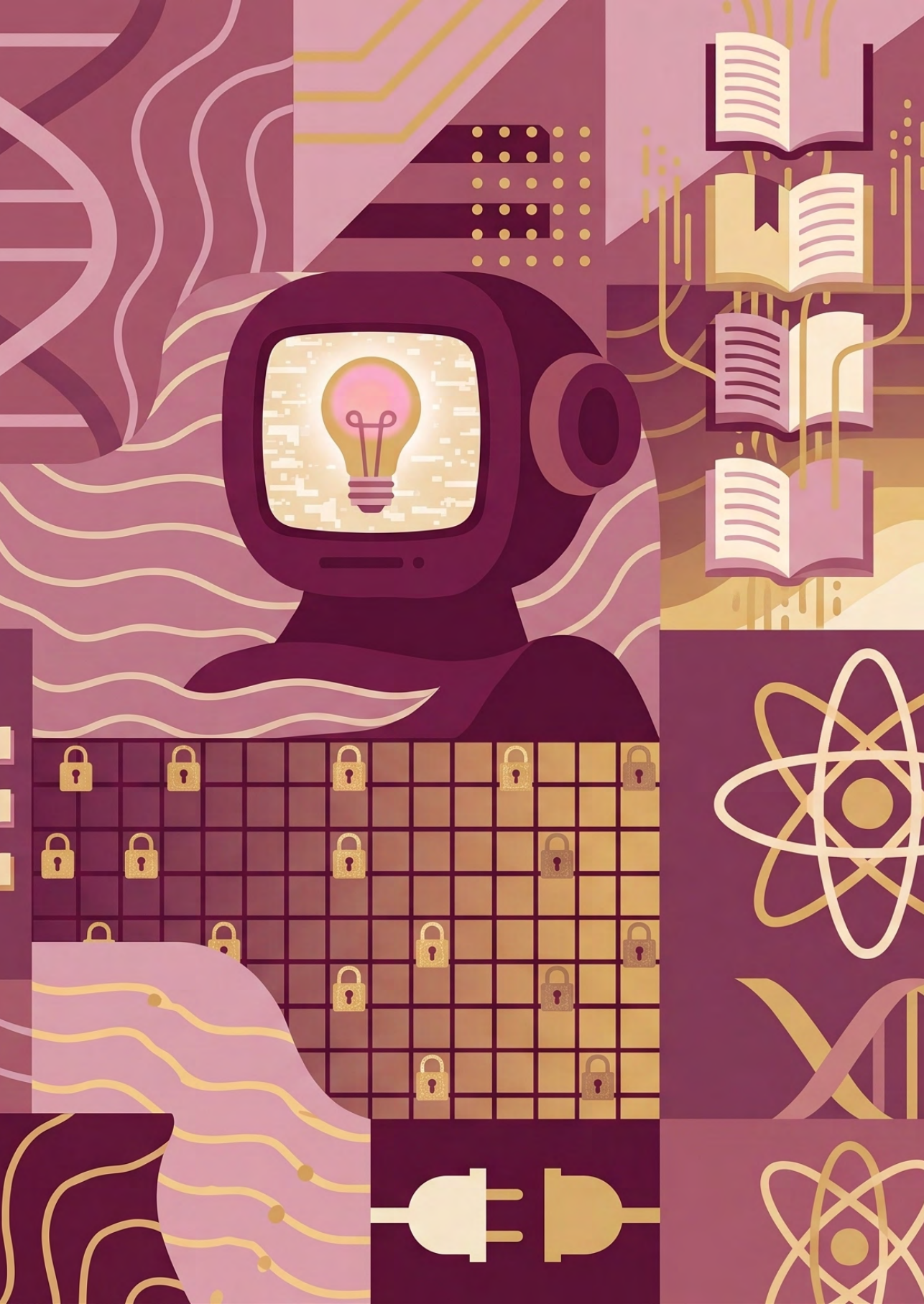
Palabras clave: Educación superior, academia, evaluación formativa, pensamiento crítico, lenguajes de programación, ética educativa.



Abstract

This book analyzes the transformative role of artificial intelligence (AI) tools. It highlights how this technology is redefining teaching, assessment, and learning. In particular, the controversial generative AI enables personalized educational experiences, automates administrative tasks, and supports simulations, intelligent tutoring, and immediate feedback. However, it also raises ethical challenges related to data privacy, algorithmic bias, technological dependence, and the widening digital divide. The book underscores the need for teachers to evolve from content transmitters to critical, ethical, and creative mentors with strong digital skills. It also proposes integrating AI into curricula through tangible actions, such as virtual simulation labs, complex data analysis, personalized AI materials, and AI-driven assessments. The development of critical thinking as a core competency in an information-saturated environment is emphasized, and methodologies such as problem-based learning, project-based learning, Socratic debate, and digital literacy are suggested. Overall, the work concludes that generative AI does not replace teachers but rather expands their capabilities, provided it is used from an ethical, inclusive, and socially just perspective.

Keywords: Higher education, academia, formative assessment, critical thinking, programming languages, educational ethics.



ÍNDICE

PREÁMBULO	7
PREFACIO	11
RESUMEN	15
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN GENERAL	23
REFERENCIAS	31

35 1. **El papel de la colaboración entre humanos y máquinas en la creatividad científica**

Dra. Celia Gabriela Villalpando Sifuentes

49 2. **Ética en el uso de la IA generativa en la investigación científica en la educación superior**

*Dra. Anna V. Sokolova Grinovievkaya
Dra. Ofelia Gómez Landeros*

73 3. **Una revisión bibliográfica de la IA generativa en educación**

Dra. María Armida Estrada Gutiérrez

95 4. **La IA generativa de uso científico en la industria y la academia**

*Dr. Jorge Luis García Alcaraz
Pedro García Alcaraz*

125 5. **La IA generativa como herramienta de experimentación científica**

*Dr. Francisco Javier Olivas-Aguirre
Dr. Miguel Ángel Olivas-Aguirre
Dr. Marco Antonio Hernández-Lepe*

159 6. **Inteligencia Artificial Generativa como potenciador del aprendizaje personalizado**

*Dr. Jorge Luis Márquez López
M.C. Edgar Francisco Ordoñez Bencomo
M.R.M. Ramón Anchondo Pérez*

193 7. **Evaluación formativa: La IA generativa para retroalimentar al estudiante en tiempo real, identificando puntos fuertes y débiles.**

Dra. Alejandra Villalpando Sifuentes

211 8.
**La inteligencia artificial
generativa en la
evaluación formativa**

*Dr. César Sánchez Olavarría
Dra. Ana Bertha Luna Miranda*

237 9.
**El papel del docente
científico en la era
de la Inteligencia
Artificial Generativa**

*Dra. Nelly Gordillo-Castillo
Dr. David Cortés Sáenz
Dr. José Manuel Mejía Muñoz*

251 10.
**Estrategias para el uso de la
IA generativa en la
enseñanza de lenguajes
de programación**

*Dr. Miguel Murguía-Romero
Dra. Diana G. Flores-Camargo*

269 11.
**Docencia en Educación
Superior e Inteligencias
Artificiales Generativas:
reflexiones en la
encrucijada**

**Implicaciones políticas del
uso de la IA generativa en la
Educación Superior..... 271**

Dra. Alejandra Torres-León

**Identidad y práctica docente
en educación superior a partir
de las Inteligencias Artificiales
Generativas 288**

Dr. Juan Andrés Elías-Hernández

**Del aula al algoritmo:
desafíos y oportunidades de
las inteligencias artificiales
generativas en la didáctica
contemporánea en educación
superior 302**

Dra. Silvia Gabriela Alvidrez-Minora

317 12.
**Desarrollo del
pensamiento crítico en
la era de la IA generativa**

*Dr. Jorge Luis García Alcaraz
Dr. Pedro García Alcaraz*

347 13.
Sinopsis

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez

ANEXOS.....	357
NOTAS FINALES.....	363
AUTORES.....	365



ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

CAPÍTULO 5.

Tablas

Tabla 1. Áreas de oportunidad de los modelos de lenguaje en la investigación científica	128
Tabla 2. Mecanismos y algoritmos empleados por los modelos de lenguaje para la síntesis automática de información.	132
Tabla 3. Beneficios del aprendizaje basado en simulaciones	141
Tabla 4. Plataformas de uso común para generar visualizaciones de elementos complejos.	153

Figuras

Figura 1. Línea de eventos en la evolución de los modelos de lenguaje.	127
Figura 2. Proceso general del desarrollo y operación de modelo de lenguaje.	130
Figura 3. Esquema de categorización de áreas de interés por Inteligencia Artificial.	134
Figura 4. A) Principales países que exploran aprendizajes basados en simulaciones. B) Principales áreas que emplean aprendizajes basados en simulaciones.	140
Figura 5. Principales herramientas de simulación o generación de entornos virtuales para la educación.	142
Figura 6. Ejemplo de representación mediante modelos de lenguaje entrenados.	151
Figura 7. Ejemplo de representación mediante bocetos generados por una IA intuitiva.	152
Figura 8. Ejemplo de contenido audiovisual generado a partir de texto.	154

CAPÍTULO 6.

Tabla 1. Clasificación de Herramientas con IA generativa.	168
Tabla 2. Aplicaciones de inteligencia artificial y su uso.	177

CAPÍTULO 8.

Tablas

Tabla 1. Pautas para la creación de un marco regulatorio de la IA generativa.	219
--	-----

Figuras

Figura 1. Elementos donde el uso de herramientas digitales apoya para
favorecer el aprendizaje.222

Figura 2. Beneficios del Aprendizaje en la Era Digital.223

Figura 3. Acciones del docente frente a la IA generativa.224

Figura 4. Respuestas de los participantes sobre la IA generativa en la
evaluación formativa.226

Figura 5. Opiniones sobre la utilidad de la IA generativa
en el desempeño docente.....227

CAPÍTULO 9.

Tablas

Tabla 1. Herramientas de inteligencia artificial generativa para la
enseñanza de las ciencias.244

Figuras

Figura 1. Acciones del docente como mentor en el uso ético de
herramientas de IA generativa.247

CAPÍTULO 10.

Tablas

Tabla 1. Estrategias para la enseñanza-aprendizaje con uso de la
IA generativa y ejemplos en la enseñanza de lenguajes
de programación.265

Figuras

Figura 1. Respuestas de dos IA generativa y Google a la petición
—¿Cuáles son los tipos primitivos en Java?.....257

Figura 2. Programa que ChatGPT brinda como parte de la respuesta a la
pregunta —¿Cuáles son los tipos de datos primitivos en Java?258

Figura 3. Porción de la respuesta de ChatGPT a la pregunta: —En el lenguaje
Java, ¿cuál es la diferencia entre double y Double?260

Figura 4. Porción inicial del programa que ChatGPT brinda como parte
de la respuesta a la solicitud: —Genera por favor una clase
en lenguaje Java que represente a un triángulo rectángulo
y su refinamiento posterior.262

Introducción general

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez

Resumen

La inteligencia artificial (IA) representa una tecnología transformadora con profundas implicaciones laborales y educativas. En el ámbito laboral, reemplaza, complementa y crea empleos, afectando significativamente al mercado global. En educación, ofrece personalización del aprendizaje, herramientas accesibles y tutorías automatizadas, potenciando la inclusión y adaptación a necesidades individuales. Sin embargo, su integración enfrenta resistencias éticas y pedagógicas, así como desafíos como la desigualdad en el acceso, la privacidad de datos, los sesgos algorítmicos y el riesgo de deshumanización. El futuro educativo apunta hacia una mayor incorporación curricular de la IA, prometiendo experiencias más interactivas y personalizadas. Para maximizar sus beneficios, es esencial una adopción crítica, regulada e inclusiva, que garantice equidad y uso responsable en todos los contextos educativos.

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una de las tecnologías más determinantes del siglo XX y, en la actualidad, presenta profundas implicaciones laborales y educativas.

Desde el punto de vista laboral, su llegada está reemplazando empleos, complementando otros y creando nuevas ocupaciones. Según informes del Fondo Monetario Internacional (Georgieva K, 2024), la IA afectará a casi el 40% de los empleos actuales en todo el mundo. En América Latina, entre el 15-20% de los trabajos se

encuentran altamente expuestos a transformarse o desaparecer (Bakker et al., 2025).

En el sector educativo, la IA tiene un potencial inigualable para transformar la enseñanza y el aprendizaje, ofreciendo soluciones personalizadas, análisis predictivo y tutoría automatizada, además de brindar un sinnúmero de aplicaciones informáticas (API) que, junto con el docente, permiten afrontar las necesidades educativas únicas de cada estudiante (Söğüt, 2024). Por ejemplo, herramientas como Speaktor (<https://app.speaktor.com>) y Edpuzzle (<https://edpuzzle.com/>) pueden ser ideales para estudiantes con discapacidad visual o auditiva. Vafadar y Moradi Amani (2024) afirman que, bajo circunstancias económicas iguales, las tecnologías basadas en IA pueden ayudar a nivelar el campo de juego para los estudiantes históricamente marginados en el sistema educativo.

Los avances en la síntesis de nuevos materiales, la computación cuántica y los modelos de aprendizaje (p. ej., aprendizaje automático, redes neuronales profundas, reconocimiento y procesamiento de imágenes, voz y video, algoritmos evolutivos, robótica y transformadores) han permitido a la IA no solo procesar información de manera rápida, sino también “generar contenido” (aún en discusión). Esto ha dado lugar a una explosión de aplicaciones dirigidas a la educación: sistemas de tutoría inteligentes, plataformas de evaluación automatizada y cursos completos frente a un asistente virtual. Por lo anterior, el ámbito escolarizado no puede quedarse atrás en la adopción de esta poderosa herramienta, que favorece los cambios en el ámbito laboral. Sin embargo, al momento en que se escribe esta obra, la IA, y en particular la IA generativa, no sin razón, presenta complejas resistencias éticas y pedagógicas para integrarse sin recelos en la educación formal (Alier et al., 2024).

Por lo anterior, este libro tiene como objetivo dotar a profesores y estudiantes de un recurso que fomente una adopción crítica y transformadora de la IA en el entorno educativo. Además, ofrece una guía práctica y exhaustiva para que tanto educadores como estudiantes descubran cómo aprovechar la IA como herramienta poderosa para elevar la calidad educativa, siempre bajo los principios de responsabilidad, inclusión y ética.

La IA en la personalización del aprendizaje

En la última década, hemos sido testigos del surgimiento de sistemas de IA capaces de analizar grandes cantidades de datos y de proporcionar respuestas altamente contextualizadas, lo que ha abierto la puerta a la personalización del aprendizaje (LeCun, Bengio y Hinton, 2015). En este sentido, el desarrollo de arquitecturas de aprendizaje profundo ha sido fundamental para incrementar estas capacidades, permitiendo mejorar las tecnologías, los algoritmos y las máquinas capaces de aprender y generar contenido de manera autónoma en un futuro próximo.

Este desarrollo ha permitido avances significativos en la creación de plataformas educativas, software, herramientas educativas y tutores virtuales que se ajustan cada vez más a las necesidades individuales actuales de los estudiantes. Entre ellas tenemos:

“Dreambox” (<https://www.dreambox.com/>) diseñada para el aprendizaje de matemáticas y comprensión lectora para niños de educación preescolar y primaria, “Knewton Alta” de la editorial Wiley (<https://www.wiley.com/en-mx/education/alta/courses/>) y “ALEKS” de la editorial McGraw Hill (<https://www.mheducation.com.mx/mx-aleks-educacion-basica>) con cursos diseñados para nivel básico, bachillerato y universitario, “Coursera”, plataforma en línea con un amplio contenido de temas y materias a diversos niveles educativos, que dentro de sus cursos y en colaboración

con otras instituciones educativas ofrece títulos universitarios de pregrado y posgrado (<https://www.coursera.org/>).

La transformación digital en la educación, impulsada por la IA, está revolucionando los paradigmas tradicionales de enseñanza-aprendizaje. A pesar de su potencial para personalizar la experiencia educativa, la implementación generalizada de estas tecnologías enfrenta múltiples barreras, entre ellas las limitaciones económicas, la resistencia al cambio y los factores socioculturales. Como resultado, el modelo educativo predominante continúa siendo mayoritariamente homogéneo, sin considerar adecuadamente la diversidad de capacidades cognitivas y de estilos de aprendizaje.

No obstante, el desarrollo de sistemas de tutoría inteligente (STI) y de tecnologías de análisis predictivo está facilitando la transición hacia un modelo educativo más inclusivo y personalizado, permitiendo a los educadores identificar y responder de manera efectiva a las necesidades individuales de aprendizaje, tanto en estudiantes regulares como en aquellos con necesidades educativas especiales.

Investigaciones recientes subrayan el potencial de la IA para crear rutas de aprendizaje personalizadas. Chen et al. (2020) indican que los sistemas basados en IA pueden ajustar automáticamente el contenido educativo en función de las respuestas y el progreso de los estudiantes, proporcionando así una experiencia de aprendizaje más dinámica y adaptativa. Estos sistemas no solo permiten a los estudiantes avanzar a su propio ritmo, sino que también ofrecen retroalimentación inmediata, lo que facilita una corrección rápida y eficiente de los contenidos. Además, la IA ha demostrado ser especialmente eficaz en la identificación temprana de problemas de aprendizaje. Mediante algoritmos avanzados, es posible predecir qué estudiantes podrían estar en riesgo de fracaso académico, lo que permite implementar

intervenciones tempranas y prevenir el abandono escolar. Este tipo de análisis predictivo es crucial para mejorar los resultados educativos, especialmente en contextos donde los recursos humanos son limitados y donde los docentes requieren herramientas adicionales para gestionar el rendimiento académico de sus estudiantes (Jornitz et al., 2021)

Oportunidades de la IA en la actividad docente

Las herramientas de IA pueden evaluar habilidades complejas, como el pensamiento crítico y la resolución de problemas, de manera más efectiva que los enfoques tradicionales (Zawacki-Richter et al., 2019), convirtiéndolas en poderosas herramientas para apoyar y mejorar las prácticas pedagógicas de los docentes, en lugar de reemplazarlos. Además, pueden asumir tareas rutinarias y administrativas, como la calificación automática y la recopilación de datos sobre el rendimiento académico (<https://www.gradescope.com/>; <https://yippity.io/>), liberando carga de trabajo a los docentes para que se enfoquen en aspectos esenciales de la enseñanza, como la tutoría y el desarrollo psicosocial de los estudiantes.

Según Goksel y Bozkurt (2019), el uso de la IA debe verse como una oportunidad para innovar en el aula y enriquecer la interacción con los estudiantes, en lugar de considerarla una amenaza. Por lo tanto, es fundamental que los docentes reciban formación adecuada en el uso crítico y responsable de la IA, lo que les permitirá aprovechar al máximo sus capacidades pedagógicas. La capacitación continua del profesorado en tecnologías de IA es esencial y debería integrarse en los programas de desarrollo académico, a fin de asegurar que estas herramientas se implementen de manera ética y efectiva (Deganis et al., 2021).

Desafíos éticos y sociales

La integración de la IA en la educación plantea tanto oportunidades como desafíos. A continuación, se presentan los desafíos más significativos que deben abordarse.

Desigualdades y acceso a recursos: La implementación de la IA en el aula puede exacerbar las desigualdades socioeconómicas, ya que los estudiantes de entornos desfavorecidos carecen de acceso a dispositivos, a internet de alta calidad y a capacitación en habilidades digitales. La limitada disponibilidad de recursos económicos en los países en desarrollo agudiza las desigualdades en el acceso a tecnologías de vanguardia. Esto puede llevar a una brecha aún mayor entre las instituciones educativas que pueden permitirse estas tecnologías y las que no (Chen et al., 2020).

Privacidad y protección de datos: La recopilación y el uso de datos de los estudiantes plantean preocupaciones en torno a la privacidad y la protección de datos. Las instituciones educativas deben establecer protocolos claros y robustos para garantizar el uso seguro y responsable de estos datos (Jobin et al., 2019).

Sesgos y desigualdades: Los sistemas de IA pueden perpetuar las desigualdades educativas existentes si no se implementan adecuadamente. Lo anterior se debe a que los algoritmos de aprendizaje automático dependen de la calidad de los datos con los que se entrenan, por lo que, si estos datos contienen sesgos, los sistemas de IA pueden amplificar estas desigualdades (Hacker et al., 2024). Esto es especialmente preocupante en el ámbito educativo, donde la equidad y el respeto a la diversidad deben ser prioritarios.

Información falsa y plataformas engañosas: La creación de plataformas engañosas o de información falsa constituye otro desafío ético que debe abordarse, por lo que las instituciones

educativas deben ser conscientes de estos riesgos y tomar medidas para mitigarlos.

Deshumanización del aprendizaje: El uso excesivo de la IA puede reducir la interacción humana y disminuir la empatía y las relaciones interpersonales en el aula, debido a la dependencia excesiva de los algoritmos para la personalización del aprendizaje (Andrejevic y Selwyn, 2019).

Perspectivas futuras de la IA en la educación

Investigadores como LeCun et al. (2015) anticiparon que el desarrollo de modelos de IA más avanzados, como los modelos de lenguaje a gran escala, mejorarían significativamente el procesamiento del lenguaje natural y las interacciones en entornos educativos, prometiendo una mayor personalización y un aprendizaje más interactivo y significativo.

Al momento, se espera que, en los próximos 10 años, y dado su rápido crecimiento y su utilidad, la IA se integre plenamente en los currículos educativos de todos los niveles escolares. Además, a medida que la tecnología avanza, se espera que estas herramientas se vuelvan más accesibles y asequibles, lo que permitirá su integración no solo como recursos complementarios, sino también como componentes esenciales del proceso de enseñanza-aprendizaje. Dado lo anterior, el futuro de la IA en la educación es prometedor, con posibilidades de revolucionar el sistema educativo formal. Esperamos que las tecnologías venideras ofrezcan experiencias educativas inmersivas que transformen radicalmente la forma en que tanto los estudiantes como los docentes aprenden y enseñan.

Conclusión

La implementación de la IA en las aulas tiene el potencial de revolucionar todo el sistema educativo, con efectos sociales

y laborales transformadores. Sin embargo, también plantea desafíos éticos y técnicos que deben abordarse con cuidado para garantizar que la inclusión de esta tecnología sea equitativa y beneficiosa para todos los estudiantes. Las investigaciones actuales indican que, si bien la IA tiene el potencial de mejorar significativamente la educación, su impacto dependerá de cómo se diseñe, implemente y regule. Por ello, es esencial que los gobiernos y las instituciones educativas tomen medidas para garantizar la implementación inclusiva de esta herramienta, proporcionando los recursos y la infraestructura necesarios para que todos los estudiantes puedan beneficiarse de ella.

Referencias

- Alier, M., García-Peñalvo, F.J., & Camba, J.D. (2024). Generative Artificial Intelligence in Education: From Deceptive to Disruptive. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 8(5), 5-14. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2024.02.011>
- Andrejevic, M. y Selwyn, N. (2019). Tecnología de reconocimiento facial en escuelas: preguntas y preocupaciones críticas. *Aprendizaje, Medios y Tecnología*, 45 (2), 115-128. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1686014>
- Bakker B, Chen S, Vasiliev D. (2025, marzo 20). How Artificial Intelligence Can Boost Productivity in Latin America [IMFBlog]. International Monetary Fund (IMF). <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2025/03/20/how-artificial-intelligence-can-boost-productivity-in-latin-america>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Deganis, I., Haghian, P. Z., Tagashira, M., & Alberti, A. (2021). Leveraging digital technologies for social inclusion. United Nations Department of Economic and Social Affairs.
- Georgieva Kristalina. (2024, enero 16). La economía mundial transformada por la inteligencia artificial ha de beneficiar a la humanidad [IMFBlog]. International Monetary Fund (IMF). <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity>

- Goksel, N., & Bozkurt, A. (2019). Artificial intelligence in education: Current insights and future perspectives. In *Handbook of Research on Learning in the Age of Transhumanism* (pp. 224-236). IGI Global.
- Hacker, P., Mittelstadt, B., Borgesius, F. Z., & Wachter, S. (2024). Generative Discrimination: What Happens When Generative AI Exhibits Bias, and What Can Be Done About It. *arXiv preprint arXiv:2407.10329*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.10329>
- Jobin, A., Ienca, M. & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nat Mach Intell* 1, 389–399 (2019). <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>
- Jornitz, S., Engel, L., Veldkamp, B., Schildkamp, K., Keijsers, M., Visscher, A., & de Jong, T. (2021). Big Data Analytics in Education: Big Challenges and Big Opportunities. In S. Jornitz & A. Wilmers (Eds.), *International Perspectives on School Settings, Education Policy and Digital Strategies: A Transatlantic Discourse in Education Research* (1st ed., pp. 266–282). Verlag Barbara Budrich. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1gbrzf4.19>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Söğüt, S. (2024). Generative artificial intelligence in EFL writing: A pedagogical stance of pre-service teachers and teacher trainers. *Focus on ELT Journal*, 6(1), 58–73. <https://doi.org/10.14744/felt.6.1.5>
- Vafadar, M., Moradi Amani, A. (2024). Academic Education in the Era of Generative Artificial Intelligence. *Journal of Electronics and Electrical Engineering*, 3, 117–133. <https://doi.org/10.37256/jeee.3120244010>

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(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>



1.

El papel de la colaboración entre humanos y máquinas en la creatividad científica

Dra. Celia Gabriela Villalpando Sifuentes

Resumen

La colaboración entre humanos e inteligencia artificial (IA) está revolucionando la manera en que se desarrolla la ciencia y la investigación. La combinación de habilidades humanas, como la intuición, la creatividad y la ética, con las capacidades de procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos de la IA seguramente potenciará la innovación científica, permitiendo abordar problemas cada vez más complejos de manera más eficiente. Sin embargo, aunque la IA ofrece enormes beneficios, plantea también importantes desafíos relacionados con la ética, la transparencia, los sesgos de información, la privacidad y la responsabilidad legal. Por ello, es fundamental definir normativas sólidas y reflexionar sobre el impacto social de estas tecnologías. Los investigadores deben asumir un compromiso ético y responsable para garantizar que el uso de la IA beneficie a todos y no genere desigualdades.

Introducción

Es de pleno conocimiento que la IA avanza actualmente de manera exponencial en los diversos ámbitos en los que se despliegan

las actividades humanas. En este sentido, es fundamental preguntarnos acerca del impacto de la sinergia existente entre individuos y máquinas en el desarrollo de la creatividad científica, y, con ello, revalorizar las implicaciones que esta coparticipación gesta en la vida de las personas. Por ello, el objetivo de este capítulo es abordar el papel de la colaboración entre humanos y máquinas en la creatividad científica. En este sentido, a fin de comprender ontológicamente el propósito del estudio, se opta por realizar una investigación documental, considerada la más idónea para responder a la pregunta (Reyes-Ruiz y Carmona, 2020). La búsqueda de la literatura se efectúa en las bases de datos EBSCOhost, Scielo, Redalyc y Google Académico, tomando como referencia las siguientes palabras clave: inteligencia artificial, máquinas y humanos, creatividad humana, incorporación de la IA, entre otras. Se toma como criterio temporal el periodo de 2020 a 2024.

Entre los resultados relevantes, se identifica que la colaboración entre las máquinas y los humanos en materia de creatividad científica actúa como catalizador tanto del desarrollo científico como del avance de la investigación y la innovación. Asimismo, se vislumbra un futuro prometedor; no obstante, este futuro viene acompañado de serios desafíos.

La aparición de la IA en las actividades humanas

A lo largo de la historia se han identificado algunas revoluciones industriales previas a la incorporación de la IA que han impactado la vida de las sociedades. La primera de ellas se ubica entre 1760 y 1840 y, surge a partir de la intervención de la máquina de vapor y la construcción de ferrocarriles que crearon sistemas completamente nuevos de comunicación, intercambio y distribución. En el periodo de 1870 a 1930 se localiza la segunda, que contribuyó al incremento del desarrollo ya iniciado por la primera (Martín-Casals, 2022). En la segunda revolución

industrial, la aparición del sistema de ensamblaje favoreció la fabricación de grandes cantidades de productos; fue aquí donde se desarrolló el motor de combustión interna para automóviles y aviones. También se potenció la electricidad, lo que dio lugar a diversos aparatos eléctricos, entre ellos los electrodomésticos. La tercera revolución industrial habitualmente se identifica como una revolución informática o digital y dio inicio en los años 60 del siglo pasado. Los semiconductores, la computación, así como la informática personal y el internet en la década de 1990 son los que la representan.

Definitivamente, todas y cada una de estas revoluciones industriales han desempeñado un papel determinante en la vida social y económica de la humanidad. Actualmente, en el siglo XXI, se vive la cuarta revolución que, en comparación con las anteriores, difiere en velocidad, alcance, complejidad, fuerza y capacidad transformadora. En esta, la IA, sin duda, será decisiva en las actividades que despliegan los individuos y tendrá un gran impacto en la interacción, en comparación con otras herramientas tecnológicas (Martín-Casals, 2022).

La incorporación de la IA a las diversas actividades científicas se identifica a partir de los años 50 y se reconoce su presencia en sistemas basados en reglas simples y en algoritmos que posibilitan el análisis de inmensas cantidades de datos para identificar patrones complejos. La existencia de la IA no es exclusiva, pues ha tocado diferentes disciplinas y campos, como la bioinformática, la medicina, la agronomía, la física, la química, la astronomía, la educación, etc.

El protagonismo de esta inteligencia es fundamental en la historia de la humanidad, pues obedece a su capacidad tanto para generar contenido original como para revisar una inmensa cantidad de datos, lo que constituye una condición indispensable para producir esa metamorfosis que están experimentando los

científicos al desarrollar investigaciones e innovaciones en sus campos de acción. Por ello, se reconoce que su impacto se refleja en las distintas formas de abordar los problemas sociales a nivel mundial.

Las nuevas tecnologías de IA están ganando terreno en todos los campos y disciplinas en los que se desenvuelven los individuos, hasta el punto de convertirse en una parte integral de sus vidas. No obstante, su incorporación pone al descubierto una serie de limitaciones económicas, desafíos estructurales y revaloraciones éticas que evidencian la necesidad de avalar tanto la transparencia como la confiabilidad de los datos que ofrecen. Ante esta realidad, es razonable suponer que científicos y usuarios de la IA son conscientes de los riesgos que conlleva su empleo, lo que los coloca en una posición de alerta.

De ahí, justamente, la necesidad de que tales desafíos se resuelvan de manera paralela a la toma de decisiones, encaminada a minimizar los sesgos que se presentan durante la aplicación de la IA. La intención no es dejar de lado el papel de la IA en las actividades humanas, contrario a ello, se considera el efecto positivo que ésta tiene en la ciencia, pues se reconoce su potencial para transformar la vida de los individuos en cualquiera de sus aristas.

Los humanos y las máquinas como complemento en la resolución de problemas científicos

A fin de conocer la complementariedad entre humanos y máquinas, se destaca, en primer lugar, la necesidad de subrayar los aspectos que los caracterizan. En el caso de los primeros, se trata de organismos biológicos singulares y diferenciados, en oposición a las segundas, que son dispositivos artificiales. La existencia de las máquinas depende de los algoritmos y de la programación que se les incorpore para realizar alguna tarea

específica. En contraposición, los individuos tienen la capacidad de discernir, crear, sentir y vivir experiencias subjetivas a partir de sus vivencias. Ahondando en esta idea, a diferencia del humano, que tiene la capacidad de tomar decisiones bajo su libre albedrío, el sistema de información cibernético está determinado a realizar ciertas acciones según su codificación interna, sus parámetros y su calibración previos; esto es, que sigue reglas rígidas, deterministas, fijas, sin ambigüedades ni excepciones. En términos claros, se trata de la ejecución continua de una serie de programas, rutinas y protocolos. Es decir, la máquina simplemente ejecuta su programa (Quaresma, 2020).

Concretamente, la IA reproduce procesos y realiza tareas para las que fue creada con alta precisión, superando el desempeño humano en algunas actividades y demandas específicas. Hasta este momento, se puede afirmar con certeza que la IA no posee comprensión ni conciencia humanas; su capacidad se limita a ejecutar lo que fue programada. Interesa subrayar que las herramientas de la IA tienen la capacidad para desarrollar acciones propias de las de la inteligencia humana, como responder, decidir y resolver problemas; sin embargo, lo hacen a partir de cierta programación (da Silva, 2024).

Entretejer las habilidades y capacidades humanas y artificiales podría traducirse en una potenciación de la creatividad científica. En este sentido, las máquinas presentan ventajas en la velocidad de procesamiento y en la ejecución de tareas específicas. En cuanto a sus algoritmos, se reconoce que son capaces de revisar y analizar grandes conjuntos de datos a fin de identificar patrones, lo cual para el individuo resulta imperceptible. Se pondera, con ello, la posibilidad, en el caso de los científicos, de formular nuevas hipótesis y generar nuevas líneas de investigación, gestadas a partir de información que, sin la ayuda de la IA, sería inaccesible. En esta misma dirección, y buscando sintonía con el quehacer de las máquinas, el rol que desempeña la capacidad

de los individuos se centra en contextualizar y dar sentido a los resultados obtenidos por la IA; esto ocurre durante el proceso de interpretación, en el cual el científico emplea pertinentemente sus conocimientos, logrando así una mancuerna persona-máquina. En este binomio, el ser humano pone en juego su intuición, ética, voluntad, creatividad, pensamiento abstracto, capacidad para analizar y reflexionar y demás habilidades que lo diferencian y lo posibilitan para atender problemáticas complejas. Es de capital importancia no perder de vista que, por el momento, no se pretende equiparar al individuo con la IA; esta última no tiene la capacidad para decidir por sí misma, por lo que no es factible interpretar como humanas algunas de sus acciones, ya que han sido programadas para ejecutar tareas. Además, la IA no tiene la capacidad de responsabilizarse de sus acciones como lo hacen los individuos de sus decisiones. Empero, la colaboración entre ambos posibilita nuevos descubrimientos e innovaciones que, por separado, sería más complejo lograr.

Esta coparticipación se define como definitiva para avanzar en la resolución de los complejos retos a los que los seres humanos han hecho frente a lo largo de toda su existencia. No puede desestimarse que el trabajo entre científicos e IA ya haya impactado significativamente en la visualización y la resolución creativa de complejas problemáticas a nivel mundial. Tal afirmación cobra validez cuando se reconocen casos concretos en los que compaginar la ciencia con las herramientas tecnológicas se traduce en la generación de soluciones optimizadas.

Uno de los ejemplos más evidentes de la utilidad del binomio persona-máquina es la investigación sobre el cambio climático. El impacto de la IA en este campo es innegable, y es gracias a herramientas como ChatGPT, Gemini, Midjourney, Google Earth, entre otras IA, que se pudieron crear imágenes predictivas del cambio climático con una visión entre los años 2050-2100. En estas imágenes, se observan cambios climáticos críticos que pueden

ser irreversibles si no se atienden con prontitud. Imágenes con la finalidad de concientizar a los gobiernos sobre las estrategias que deben adoptarse para disminuir la carga de contaminantes en la atmósfera (Redacción Interempresas, 2022). Más allá de dichas iconografías, se espera que la IA auxilie a los investigadores para reducir las emisiones que provocan el cambio climático y evitar los desastres asociados.

Además, se considera la IA un poderoso instrumento en el campo de la agricultura. En este sentido, se ha utilizado el aprendizaje automático para diseñar modelos prescriptivos y predictivos aplicados a la agricultura. La integración de la IA con la teledetección ha ayudado a esclarecer problemas empíricos complejos, como el desarrollo de emuladores de modelos de vegetación y de clima (Ahmad et al., 2022).

Otro de los grandes retos a los que hace frente la humanidad es la lucha contra las enfermedades emergentes; sin lugar a duda, la COVID-19 es una de ellas. Su drástica aparición obligó a gobiernos, científicos y médicos del mundo a enfrentar la titánica tarea de buscar una solución casi inmediata y, más adelante, a comprender las mutaciones del virus SARS-CoV-2. Dentro de los procesos para monitorear, detectar, desarrollar medicamentos y diagnosticar las enfermedades derivadas de esta enfermedad, la IA jugó un papel preponderante, gracias a las aplicaciones diseñadas para estos fines (Márquez-Carrasco y Ortega-Ramírez, 2020).

De manera general, en el ámbito de la salud, la IA puede contribuir en la prevención y atención de la salud de los individuos dentro del enfoque denominado Medicina 4P, el cual busca que la medicina sea preventiva, participativa, predictiva y personalizada (Ruiz y Velásquez, 2023), lo cual se puede conseguir si herramientas como la IA logran procesar la gran cantidad de datos que actualmente se están generando de los pacientes y el medioambiente donde

viven. Esta herramienta, a través del análisis obtenido del procesamiento del ADN, de las fichas médicas y de los elementos ambientales a los que se exponen las personas, apoyaría el proceso que despliegan los médicos para decidir sobre las propuestas orientadas a mejorar la calidad de la salud de la población.

En el ámbito de la educación, la integración de la IA para la resolución de situaciones y problemáticas no es la excepción, pues, en estos escenarios, los procesos relacionados con la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación se están replanteando en los diferentes niveles escolares. Las herramientas de aprendizaje automatizado, analítica del aprendizaje y procesamiento del lenguaje natural utilizadas por la IA han mejorado las tareas de evaluación orientadas a la toma de decisiones informadas (Rivero y Beltrán, 2024). En este sentido, los beneficios que la IA aporta a la educación están teniendo un impacto significativo en la innovación del quehacer docente y en los aprendizajes de los estudiantes. Interesa resaltar que, esta herramienta no se traduce en el remplazo del trabajo docente, contrario a ello, esta representa un complemento en su tarea educativa. Cabe señalar que, tener claras las metas y los objetivos educativos ayuda a la incorporación adecuada de la IA en los espacios escolares, lo que contribuirá a la identificación de problemáticas que podrán ser resueltas en colaboración humano-IA.

No es la intención de realizar una exposición pormenorizada de cada uno de los campos o disciplinas en los que se ha incorporado la IA para la resolución de problemas. Sin embargo, como puede observarse, en estas líneas se comparten algunos ejemplos de la colaboración entre los individuos, las máquinas y la IA, con el potencial de abordar realidades y resolver problemas que aquejan a la humanidad.

Riesgos y desafíos inherentes a la incorporación de la IA en las actividades humanas.

Entretejer las capacidades de las personas y las máquinas en actividades relacionadas con la creatividad científica implica potenciar y optimizar procesos y resultados en cualquiera de las ramas en las que se desenvuelve el ser humano. Empero, sería imposible negar que, de manera paralela a estos beneficios, se produce el surgimiento de implicaciones de tipo social, ético y legal. Para ilustrarlo, vienen al caso ejemplos como la propiedad intelectual, la privacidad de los datos o, en el contexto científico, el juego de roles entre investigadores y procesos automatizados.

El panorama de los dilemas sociales sobre la incorporación de la tecnología en la vida diaria da cuenta de situaciones como el uso excesivo de dispositivos durante la interacción con los demás. En este sentido, se identifica como parte de estos desafíos el problema de la comunicación y la socialización, gestadas por el abuso del empleo de dichos dispositivos, abuso que aumenta el aislamiento social. Además, esta dependencia tecnológica genera problemas de salud física, emocional y mental debido a la disminución del tiempo para la recreación, a la falta de tiempo para realizar actividades físicas y a la ansiedad que experimentan al considerarse incapaces de solucionar problemas sin la ayuda de la tecnología.

La incorporación de la IA en la vida diaria ha materializado sueños que antes solo estaban en el pensamiento, como lo son la creación de robots, de vehículos autónomos, los ChatGPT, las cámaras y asistentes inteligentes, lo que implica volver la mirada hacia las consideraciones éticas que emergen con dicha integración, mismas que se relacionan con la transparencia, la responsabilidad y los sesgos potenciales que emergen del uso de estas tecnologías. La presencia de sesgos en los datos empleados o en los algoritmos de IA puede afectar negativamente los resultados y, por lo tanto, generar conclusiones equivocadas e improcedentes, lo que puede traducirse en problemas de confianza y reproducibilidad de los resultados, con peligros potenciales. Bajo tales circunstancias,

es un requisito la concientización de dichos riesgos por parte de las personas, así como la revisión paralela de distintas fuentes de datos y una concienzuda evaluación de los resultados obtenidos por la IA. Lo anterior significa que el desarrollo de tecnología inteligente va de la mano de situaciones que representan desafíos significativos para la humanidad, como lo son el riesgo de seguridad y privacidad de datos e información personal; el empleo malicioso de la IA o la responsabilidad y transparencia, por mencionar algunos. En cuanto al aspecto legal, importa subrayar la necesidad de contar con robustos marcos legales y normas éticas que garanticen resultados sólidos y confiables (Herrera, 2022).

Concierne reconocer que los actos jurídicos existentes a nivel mundial regulan las relaciones dentro de la vida real, pero en la actualidad este marco normativo no es capaz de considerar las particularidades de las relaciones en el espacio virtual. La ausencia de una regulación jurídica se debe a que el legislador no puede decidir si los derechos y libertades digitales son categorías nuevas o una continuación de las disposiciones legales existentes (Kanakova, 2024), lo que nos obliga a reflexionar sobre la acción encaminada a atender las necesidades sociales que se avecinan con la incorporación de la IA.

Dejando de lado los dilemas sociales, éticos y legales y, recuperando la experiencia que se edifica dentro del aspecto creativo en la ciencia a partir de la colaboración entre los humanos y las máquinas, se hace relevante el cuestionamiento de si las herramientas tecnológicas son creativas. La creatividad es inherente a las cualidades de los individuos, por lo que se espera que la tecnología no sea capaz, por sí sola, de recrear y pensar en procesos de esta índole. Vale señalar que:

La creatividad, entendida como la capacidad de generar, reflexionar y actuar de manera innovadora y original, es una

habilidad que implica la facultad de relacionar conceptos de manera diferente y de encontrar nuevas combinaciones y respuestas a partir de información previamente conocida. Esto implica el conocimiento de relaciones entre objetos antes no considerados, así como la producción de nuevas combinaciones de imágenes, ideas o experiencias que permitan reconfigurar modelos existentes. (Molares-Cardoso et al., 2024).

Se propone que el individuo, con ayuda de la IA, tenga en poco tiempo la capacidad de generar resultados aún inexistentes. Tal realidad invita a considerar el elemento creativo que se da gracias a la coparticipación entre humanos y máquinas, lo que redefiniría la esencia de la creatividad científica y el rol que juegan los científicos e investigadores en la innovación y en la generación de nuevos conocimientos, deconstruyendo así nuevas nociones y abriendo nuevas fronteras en la investigación y en la ciencia.

Conclusiones

El papel de la colaboración entre humanos y máquinas en la creatividad científica y tecnológica da cuenta de un futuro en el que el humano se sublima o se pierda. Conseguir la sublimación requiere el uso adecuado de la tecnología y compaginar las habilidades y los deseos humanos con las de las máquinas, reconociendo las nuevas maneras de crear ciencia y una sociedad compartida, abonando a la solución de las complejas problemáticas de la humanidad, ofreciendo caminos diferentes, innovadores y creativos y favoreciendo, con ello, nuevos descubrimientos.

Contrario a las aportaciones positivas que se gestan durante el trabajo desarrollado entre los individuos y la tecnología, se presentan situaciones desafiantes a las que se enfrenta la sociedad. En miras a mitigar las consecuencias negativas, los científicos e investigadores deben asumir el compromiso de replantear situaciones sociales, éticas y legales con responsabilidad y de

manera proactiva. La finalidad última de esta colaboración es alcanzar una mejor comprensión del mundo, garantizando un ejercicio ético y transparente, en beneficio de la humanidad.

Reconocemos que las reflexiones finales de ninguna manera son concluyentes, pero sí, abonan al análisis de una nueva realidad. La sinergia sin precedentes entre las personas y la IA se traduce en un catalizador del desarrollo científico y del avance de la investigación y la innovación. Con ello, se deja entrever un futuro prometedor, pero no puede desestimarse que también será retador.

Cabe señalar que la incorporación de la IA a las actividades humanas no significa el reemplazo de la creatividad y del ingenio del individuo. En contraste con ello, tanto los científicos como los investigadores continuarán siendo responsables de los procesos creativos que conducen a la solución de los problemas de la humanidad. En este mismo tenor, esta colaboración recupera los elementos valiosos que aportan los humanos y las máquinas a la transformación del mundo, pues, gracias a ello, se está avanzando e impulsando la creatividad científica de una manera jamás imaginada.

Referencias

- Ahmad, A, Noor, S. E., Cartujo Cassinello, P, & Martos Núñez, V. (2022). Artificial Intelligence (AI) as a complementary technology for agricultural Remote Sensing (RS) in plant physiology teaching. *REIDOCREA*, 11(61), 695-701. DOI: 10.30827/Digibug.77656
- da Silva Neto, S. L., & Leite, B. S. (2024). Artificial Intelligence in Enhancing Ecology Essays: A Study in a Brazilian High School. *Educación*, 33(64), 86-108. <https://doi.org/10.18800/educacion.202401.M004>
- Herrera Duarte, L. E. (2022). Los desafíos Éticos y Legales de la Inteligencia Artificial y la Robótica. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 2(2), 115-130. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v2i2.26>
- Industria Química. (2022). *Nuestro futuro según la IA: cómo será el mundo en 2100 debido al cambio climático*. Interempresas. Recuperado el 25 de agosto de 2024 de: <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/411079-Neustro-futuro-segun-la-AI-como-sera-el-mundo-en-2100-debido-al-cambio-climatico.html>
- Kanakova A. (2024). Man Equals Digital Personality vs. Man Has Digital Personality. *Bulletin of Kemerovo State University Series: Humanities and Social Sciences*. (1), 126–35. <http://doi.org/10.21603/2542-1840-2024-8-1-126-135>
- Márquez-Carrasco Carmen & Ortega-Ramírez J. Antonio. (2020). La COVID-19 y los desafíos de la vigilancia digital para los derechos humanos: a propósito de la app DataCOVID prevista en la Orden Ministerial SND/29/2020, de 27 de marzo. *Revista de Bioética y Derecho*, (50), 205-220. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1886-58872020000300013

- Martín-Casals, M. (2022). An approach to some EU initiatives on the regulation of liability for damage caused by AI systems. *Ius et Praxis*, 28(2), 3-24. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-00122022000200003>
- Molares-Cardoso, J., Badenes-Plá, V. & Maiz-Bar, C. (2024). Creatividad humana vs. creatividad artificial: estudio comparativo entre estudiantes universitarios y chatbots en la generación de ideas. *Palabra Clave*, 27(1), e27110. <https://doi.org/10.5294/pacla.2024.27.1.10>
- Quaresma A. (2020). A falácia lúdica das três leis: Ensaio sobre inteligência artificial, sociedade e o difícil problema da consciência. *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*. 10(19), 1-18. <http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a10n19.478>
- Redacción Interempresas. (2022, 28 de noviembre). Nuestro futuro según la AI: cómo será el mundo en 2100 debido al cambio climático. Interempresas. Recuperado el 25 de agosto de 2024, de <https://www.interempresas.net/Quimica/411079-Neustro-futuro-segun-la-AI-como-sera-el-mundo-en-2100-debido-al-cambio-climatico.html>
- Reyes-Ruiz, L. & Carmona A. F. (2020). La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio. Repositorio digital Universidad Simón Bolívar. Recuperado el 19 de diciembre de 2024 de <https://bonga.unisimon.edu.co/items/cbb661ef-30e3-4263-b7b2-810e88237f5f>
- Rivero Panaqué, C., & Beltrán Castañón, C. (2024). La inteligencia artificial en la educación del siglo XXI: avances, desafíos y oportunidades Presentación. *Educación*, 33(64), 5-7. <https://doi.org/10.18800/educacion.202401.P001>
- Ruiz, R.B. & Velásquez, J. D. (2023). Artificial intelligence at the service of the health of the future. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 34(1), 84-91. DOI: 10.1016/j.rmclc.2022.12.001



2.

Ética en el uso de la IA generativa en la investigación científica en la educación superior.

Dra. Anna V. Sokolova Grinovievkaya - Dra. Ofelia Gómez Landeros

Resumen

Este capítulo presenta una investigación exploratoria con un grupo de 48 estudiantes de distintos trimestres de la Licenciatura en Medicina de una universidad pública mexicana. El objetivo fue identificar las percepciones de estos estudiantes respecto a los desafíos éticos asociados al uso de la IA generativa en la investigación científica aplicada al ámbito médico. Estudio de tipo descriptivo, en el que se diseñó y aplicó un cuestionario con 13 preguntas de opción múltiple, orientado a explorar diversas dimensiones relacionadas con el uso de la IA generativa en el contexto de la investigación médica. Las preguntas abarcaban aspectos como la privacidad de los datos clínicos, la validez de los resultados generados por sistemas automatizados, la equidad en los beneficios de la tecnología, la autonomía del paciente y los límites de la responsabilidad profesional frente a decisiones basadas en inteligencia artificial. Los resultados muestran que los estudiantes encuestados no tienen plena conciencia respecto a los alcances de la IA generativa, además, presentan desconfianza en la veracidad, seguridad y privacidad de la información que ella genera.

Introducción

La investigación científica es un componente fundamental en la educación superior, no solo por su contribución al conocimiento, sino también por su capacidad para formar profesionales críticos, éticos y preparados para enfrentar los retos de sus disciplinas. Al involucrar a los estudiantes en procesos de indagación sistemática, la investigación les permite aplicar conceptos teóricos en contextos reales, abordar problemas complejos y generar soluciones innovadoras. Este proceso fomenta competencias clave, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la evaluación de datos y la comunicación científica, esenciales en entornos profesionales caracterizados por la rápida evolución tecnológica.

En el ámbito de la medicina, la investigación cobra una relevancia aún mayor, ya que complementa la formación clínica y biomédica, y prepara a los futuros médicos para afrontar desafíos éticos, sociales y científicos. Participar activamente en la investigación permite a los estudiantes integrar teoría y práctica, promover una comprensión profunda de la medicina basada en la evidencia y facilitar su adaptación a un sistema de salud en constante transformación.

En este contexto de innovación, la IA generativa ha emergido como una herramienta disruptiva con gran potencial para transformar la investigación médica. A diferencia de otros enfoques de inteligencia artificial, la IA generativa no se limita a procesar o clasificar información existente, sino que genera contenido nuevo (textos, imágenes, modelos clínicos) a partir de grandes volúmenes de datos. Sus aplicaciones en medicina incluyen la creación de modelos predictivos, la simulación de tratamientos y la automatización de hipótesis. Estas capacidades prometen acelerar la investigación, mejorar la toma de decisiones clínicas y fomentar la creatividad científica.

No obstante, el uso de la IA generativa en medicina plantea desafíos éticos significativos. Entre estos se incluyen la necesidad de garantizar la transparencia de los modelos generativos, proteger la privacidad de los pacientes, evitar sesgos en los algoritmos y preservar la autonomía del juicio clínico. Además, la creciente dependencia de estas tecnologías puede afectar la relación médico-paciente, contribuir a la deshumanización del proceso asistencial y generar implicaciones legales en materia de responsabilidad por errores.

De ahí que sea esencial que los futuros médicos no solo dominen las herramientas tecnológicas, sino que también comprendan sus implicaciones éticas y sociales. La educación médica debe integrar enfoques que permitan analizar los fenómenos desde diversas perspectivas. El pensamiento complejo, propuesto por Morin (2004), ofrece un marco teórico adecuado para abordar estos retos, al promover una visión holística que articula lo técnico con lo ético y lo científico con lo humano.

El presente capítulo expone los hallazgos de un sondeo realizado en 2024 a estudiantes de medicina de una universidad pública mexicana. El estudio exploró sus percepciones sobre los desafíos éticos del uso de la IA generativa en la investigación y evaluó su formación académica. Los resultados de la encuesta, analizados cuantitativamente, destacan la necesidad de una educación ética más profunda e interdisciplinaria para preparar a los futuros médicos en una era tecnológica. El análisis mostró que, aunque los estudiantes comprenden bien los principios éticos en la investigación, existen áreas de confusión y vacíos en su formación, especialmente en lo relativo al consentimiento informado y la relación entre ética y tecnología.

Transformaciones en la investigación médica: impactos éticos de la IA generativa

En los últimos años, la IA generativa ha emergido como una tecnología altamente disruptiva en el ámbito de la medicina, especialmente en la investigación científica. Esta herramienta ha introducido un conjunto de posibilidades innovadoras que modifican la forma en que se genera conocimiento en las ciencias de la salud. Entre sus principales aplicaciones se encuentran la creación de modelos predictivos, la simulación de panoramas clínicos complejos y la formulación automatizada de hipótesis, lo que permite acelerar procesos de investigación que tradicionalmente requerían largos periodos de análisis (Reddy, 2024). Además, la capacidad de la IA generativa para manejar y analizar grandes volúmenes de datos, incluida la información genómica y clínica, ha abierto nuevas oportunidades para detectar patrones que podrían pasar desapercibidos con métodos estadísticos convencionales (Hutson, 2024). Bajo estas circunstancias, la IA generativa también ha sido reconocida como una aliada para estimular la creatividad científica, al permitir la exploración de rutas de investigación innovadoras y multidisciplinarias.

Sin embargo, el impacto de la IA generativa no es exclusivamente positivo. Su integración en los procesos de investigación médica plantea numerosos desafíos éticos, legales y sociales que deben abordarse de manera crítica y proactiva. Por ejemplo, uno de los problemas más relevantes es la transparencia e integridad de los algoritmos empleados, dado que la opacidad de los modelos puede comprometer tanto la validez científica como la reproducibilidad de los resultados (Khalid et al., 2023). En el mismo sentido, el uso de datos personales de pacientes exige garantizar el consentimiento informado y el respeto a la privacidad, lo cual no siempre se cumple de manera rigurosa en entornos automatizados (Hastings, 2024).

Otra preocupación crítica es la reproducción de desviaciones algorítmicas, que pueden amplificar desigualdades preexistentes en el sistema de salud. Cuando los modelos de IA generativa se entrenan con datos no representativos o sesgados, existe el riesgo de que sus resultados perpetúen discriminaciones estructurales en el acceso a diagnósticos o tratamientos (Chen y Esmailzadeh, 2024). A esto se suma la posible dependencia excesiva de los médicos de los sistemas automatizados, lo que podría debilitar su capacidad de juicio clínico y convertir a la tecnología en un sustituto, en lugar de un complemento, de la toma de decisiones humanas (Oniani et al., 2023).

También emergen dilemas sobre la seguridad de los modelos de IA generativa, que pueden ser vulnerables a ataques adversariales y generar errores peligrosos si no están adecuadamente protegidos (Chen y Esmailzadeh, 2024), así como la falta de un marco normativo claro que defina las responsabilidades legales ante fallos del sistema. Gross (2024) advierte que la desigualdad en el acceso a estas tecnologías puede profundizar la brecha entre instituciones bien equipadas y aquellas con menos recursos, aumentando las disparidades en la atención médica.

Desde una perspectiva más relacional y humana, también se identifican impactos en la dinámica médico-paciente, que podría verse afectada si no se comunica con claridad el rol que desempeña la IA generativa en los diagnósticos o tratamientos, lo que comprometería la confianza y la comprensión del paciente (Ramón Fernández, 2021). A ello se suma la necesidad de asegurar la validación rigurosa de los resultados generados por la IA generativa, para evitar errores derivados de datos defectuosos o algoritmos no testados suficientemente (Schwabe et al., 2024).

Por otra parte, el uso intensivo de la IA generativa en contextos de investigación podría fomentar una deshumanización del proceso científico, al disminuir la interacción entre profesionales y

reducir elementos fundamentales como la empatía, el juicio ético personal y el diálogo interdisciplinario (Palmer y Schwan, 2021). Este fenómeno también plantea interrogantes sobre la propiedad intelectual de los resultados generados y el uso responsable de los datos, especialmente cuando los descubrimientos se derivan de sistemas automáticos entrenados con bases de datos masivas (Smits y Borghuis, 2022).

Asimismo, la autonomía del paciente puede verse comprometida si las decisiones médicas generadas por IA generativa no son comprensibles para quienes las reciben, lo que erosiona el principio de participación informada en su propio tratamiento (Guerrero Quiñones, 2024). Finalmente, la dependencia de la IA generativa en la recolección masiva de datos plantea interrogantes éticas sobre la obtención, gestión y consentimiento de estos datos (Zhang et al., 2021).

Dado este panorama, resulta imprescindible examinar de forma crítica y sistemática los problemas éticos derivados del uso de la IA generativa en la investigación médica. La velocidad con la que estas tecnologías se están adoptando en contextos clínicos y científicos contrasta con el ritmo más lento de reflexión ética, regulación y formación profesional. En este sentido, investigar cómo estos dilemas son comprendidos por los futuros médicos, quienes estarán a cargo de implementar, validar o rechazar estas tecnologías en la práctica, constituye una necesidad urgente para el desarrollo de una medicina ética, equitativa y técnicamente competente.

El estudio de estas problemáticas no solo permite anticipar riesgos y prevenir daños, sino también contribuir al diseño de políticas formativas, normativas y tecnológicas más robustas. Además, impulsa el fortalecimiento de una cultura científica responsable, que combine innovación con reflexión crítica, y que reconozca los límites y posibilidades de la automatización en un campo tan humano como el de la salud.

La ética en la investigación con IA generativa no puede abordarse desde una perspectiva reduccionista ni fragmentada. Se requieren enfoques integradores y transdisciplinarios que comprendan la multidimensionalidad del problema e incorporen perspectivas técnicas, legales, filosóficas, educativas y sociales. Solo así será posible formar profesionales de la salud capaces de actuar con criterio ético y responsabilidad, en un escenario donde la complejidad tecnológica y humana se entrelaza de forma creciente y profunda.

Estudio sobre la ética en la investigación en la educación superior

Objetivo del estudio

En el año 2024, se llevó a cabo una investigación exploratoria con un grupo de 48 estudiantes de distintos trimestres de la Licenciatura en Medicina de una universidad pública mexicana. El objetivo principal de este estudio fue identificar y analizar las percepciones de estos estudiantes sobre los desafíos éticos asociados al uso de la IA generativa en la investigación científica aplicada al ámbito médico. Esta meta surgió de la necesidad de comprender hasta qué punto los futuros profesionales de la salud están preparados para enfrentar los dilemas éticos emergentes derivados de la incorporación de tecnologías avanzadas en los procesos de investigación.

Además de describir dichas percepciones, el estudio buscó evaluar el grado de comprensión de los estudiantes respecto de conceptos clave como la transparencia algorítmica, la protección de datos personales, la equidad en el acceso a tecnologías, los errores de representación en modelos predictivos y la responsabilidad en la toma de decisiones clínicas automatizadas. A partir de ello, se pretendía identificar áreas de oportunidad en la formación ética de los estudiantes, con miras a fortalecer sus competencias en un

entorno profesional en el que la tecnología y la bioética se entrelazan cada vez más.

Enfoque teórico

El planteamiento teórico de la investigación se apoyó en la propuesta de Morin (2004) sobre el pensamiento complejo, que se basa en la premisa de que los fenómenos humanos, sociales, científicos y tecnológicos no pueden ser comprendidos de manera aislada ni reduccionista. En su lugar, propone una visión integradora y multidimensional que considera la interacción constante entre múltiples factores (técnicos, éticos, culturales, emocionales y contextuales) que configuran la realidad.

Aplicada al ámbito de la educación superior y la investigación científica, esta perspectiva permite analizar el uso de la IA generativa no solo desde su eficacia instrumental o funcional, sino también desde sus implicaciones éticas y humanas. En este sentido, el pensamiento complejo ofrece una herramienta analítica clave para cuestionar los límites del conocimiento disciplinar, promover el diálogo interdisciplinario y fomentar una actitud crítica ante el uso de tecnologías emergentes. Tal enfoque resulta particularmente pertinente en el contexto universitario, donde se forman las nuevas generaciones de profesionales que deberán tomar decisiones en entornos cada vez más automatizados, desafiantes e inciertos.

De igual forma, el pensamiento complejo enfatiza la necesidad de reconocer las incertidumbres, ambigüedades y tensiones inherentes a la modernidad tecnológica, proponiendo una ética de la responsabilidad que implique tanto a los individuos como a las instituciones. Esta concepción resulta altamente relevante para la formación médica contemporánea, que debe preparar no solo técnicos competentes, sino también ciudadanos éticos capaces de anticipar y gestionar los impactos sociales de sus decisiones científicas.

Metodología

Desde una perspectiva metodológica, el estudio adoptó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, con el propósito de recopilar datos estructurados que permitieran identificar patrones y tendencias en las percepciones éticas de los estudiantes participantes. Para ello, se diseñó y aplicó un cuestionario con 13 preguntas de opción múltiple, orientadas a explorar diversas dimensiones del uso de la IA generativa en el contexto de la investigación médica. Las preguntas abarcaban aspectos como la privacidad de los datos clínicos, la validez de los resultados generados por sistemas automatizados, la equidad en los beneficios de la tecnología, la autonomía del paciente y los límites de la responsabilidad profesional frente a decisiones basadas en inteligencia artificial.

Las respuestas obtenidas se organizaron en categorías temáticas y subcategorías específicas, lo que permitió realizar un análisis cuantitativo basado en frecuencias y porcentajes. Este análisis facilitó la identificación de tendencias generales, así como de coincidencias y divergencias en las opiniones de los estudiantes, y la detección de posibles vacíos conceptuales en su formación ética. Si bien el estudio no pretendió establecer generalizaciones amplias, sí proporcionó un primer acercamiento empírico a una problemática actual y urgente: la preparación ética de los futuros profesionales de la medicina para el uso responsable de tecnologías emergentes, como la IA generativa.

Análisis de resultados

1. Fundamentos éticos y normativos

- *Definición de la ética.* La mayoría de los estudiantes (91.7%) definió correctamente la ética como un conjunto de normas y principios que guían la investigación para asegurar el bienestar e integridad de los sujetos y los datos. Con ello,

se demuestra una sólida comprensión de los principios tradicionales de la ética en la investigación médica, como el respeto por las personas y la justicia.

El 4.2% de los alumnos relacionó la ética con la maximización de beneficios económicos, lo que refleja una incertidumbre sobre los fines de la ética en la investigación, que se centra en la protección de los participantes. Otro 4.2% eligió una opción que sugiere que la ética permite investigaciones sin consentimiento, indicando un desconcierto acerca del consentimiento informado, un principio ético crucial en la investigación científica médica.

- *Revisión ética en la investigación científica.* El 83.3% de los encuestados reflexionó correctamente que la revisión ética garantizaba el respeto por los derechos y el bienestar de los participantes en un estudio científico médico. Esto revela una buena comprensión del consentimiento informado, la privacidad y el tratamiento justo.

El 8.3% mostró una confusión sobre el propósito de la revisión ética al considerar que esta última aceleraba el proceso de investigación.

Finalmente, el 8.3% pensó que la revisión ética buscaba aumentar el financiamiento, lo que indica un malentendido acerca de su función.

- *Papel del consentimiento informado.* El 93.8% de los estudiantes opinó correctamente que el consentimiento informado garantizaba la transparencia y comprensión de los participantes sobre el uso de sus datos, lo que refleja una sólida comprensión de este principio ético fundamental para proteger los derechos de los participantes y asegurar la integridad de la investigación.

A pesar de ello, un 4.2% de los estudiantes mostró confusión al suponer que el consentimiento informado facilitaba la publicación más rápida de los resultados, lo que indica una falta de comprensión sobre su verdadero propósito.

Como último caso, el 2.1% creyó que el consentimiento evitaba la necesidad de revisiones éticas, revelando una laguna en la comprensión del proceso ético en la investigación.

2. Seguridad y responsabilidad en la investigación médica con IA generativa

- *Medidas para proteger la investigación que utiliza la IA generativa.* El 62.5% de los encuestados seleccionó correctamente la respuesta “implementar técnicas de protección de identidad y cifrado de datos”, reconociendo estas estrategias como más efectivas para proteger la privacidad de los participantes.

El 31.3% optó por “usar únicamente datos de dominio público”, lo que refleja una comprensión incompleta, ya que esta medida, aunque útil, no garantiza una protección total de la privacidad.

Para concluir, el 6.3% eligió “almacenar los datos en dispositivos locales no conectados a Internet”, una medida que, aunque ofrece cierta seguridad, no es práctica ni suficiente para abordar todos los riesgos.

- *Forma de garantizar la rendición de cuentas en la investigación con IA generativa.* El 79.2% seleccionó la respuesta adecuada “documentar y justificar todas las decisiones y acciones”, reconociendo que esto es esencial para la transparencia, la reproducibilidad y la ética en la investigación científica.

Con todo, el 10.4% eligió la opción “delegar todas las decisiones al sistema de IA generativa”, lo que muestra una falta de entendimiento sobre la responsabilidad humana en el trabajo

científico. Sumado a ello, el 10.4% optó por mantener en secreto los algoritmos para evitar la competencia, lo que refleja una equivocación acerca de la importancia de la apertura y la transparencia en la ciencia.

3. Inequidades implícitas y equidad en la investigación

- *Preocupación ética sobre el sesgo algorítmico en la IA generativa aplicada a la medicina.* El 81.3% de los alumnos identificó correctamente que la principal inquietud es “evitar que los algoritmos perpetúen sesgos existentes”, lo que podría generar diagnósticos y tratamientos desiguales e injustos.

El 12.5% eligió “la falta de creatividad en el diagnóstico” como la principal preocupación ética, una interpretación menos relevante en este contexto.

De manera final, el 6.3% seleccionó “la dificultad para interpretar grandes volúmenes de datos”, un desafío técnico más que ético.

Forma de manejar los resultados generados por la IA generativa que podrían tener parcialidades. La gran mayoría (79.2%) supuso correctamente que los resultados “deben revisarse y ajustarse para mitigar cualquier sesgo detectado”, lo que demuestra una comprensión de la relevancia de la corrección de distorsiones para garantizar la equidad y la integridad en la investigación científica.

Pese a ello, el 18.8% optó por “publicar los resultados tales como son”, lo que refleja una comprensión deficiente de las responsabilidades éticas al no corregir posibles inclinaciones no objetivas.

En último lugar, el 2.1% eligió “ignorar los sesgos”, lo que indica una postura pasiva frente a un problema que puede tener serias repercusiones.

- *Forma de asegurar la equidad en la investigación con la IA generativa.* El 77.1% de los encuestados consideró correctamente que “los algoritmos deben considerar la diversidad de la población” para generar resultados representativos y justos. Pero el 20.8% de los estudiantes eligió la respuesta de que “se deben usar solo datos de poblaciones específicas”, lo que revela una comprensión limitada de la equidad, ya que esta práctica podría excluir a otros grupos demográficos. Como último caso, solo el 2.1% optó por “ignorar las variaciones individuales”.
- *Forma de mejorar la equidad en la investigación médica al usar la IA generativa.* El 77.1% pensó correctamente que “los algoritmos deben considerar la diversidad de la población” para generar resultados más representativos y justos, lo que refleja una comprensión de este aspecto. El 20.8% seleccionó la opción de que “solo se deben usar datos de poblaciones específicas”, lo que revela una concepción reducida de la equidad, ya que esta práctica podría excluir a otros grupos. Lo mismo es cierto para la opción “ignorar las variaciones individuales” la cual fue elegida por un alumno (2.1%).

4. Integridad y privacidad

- *Forma de garantizar la integridad de los resultados generados por la IA generativa.* Más de la mitad de los alumnos (66.7%) entendieron correctamente que “la validación mediante estudios adicionales y la revisión por pares” era crucial para asegurar la integridad de los resultados. De hecho, esta práctica permite replicar y verificar los hallazgos, asegurando su robustez y precisión.

Aunque cabe señalar que el 18.8% eligió “usar únicamente algoritmos de código cerrado”, lo cual puede comprometer la transparencia y la capacidad de validación.

En último lugar, el 14.6% optó por “publicar solo resultados que confirmen hipótesis”, lo que introduce errores de representación y distorsiona la verdad científica.

- *Forma de afectar la privacidad de los pacientes al usar la IA generativa.* Numerosos alumnos (72.9%) entendieron correctamente que la IA generativa podría exponer datos personales si no se maneja adecuadamente. Esta percepción refleja la preocupación por los riesgos asociados al manejo de datos sensibles en la investigación médica.

El 18.8% consideró erróneamente que el análisis de datos anonimizados era suficiente para proteger la privacidad. Aunque esta medida es importante, no garantiza por completo la seguridad de los datos frente a riesgos de revelación de identidad y de ataques.

Finalmente, el 8.3% se equivocó al suponer que almacenar datos en servidores seguros era una solución adecuada. Pero esta medida, por sí sola, no aborda todos los riesgos relacionados con la privacidad.

5. Características y ventajas de la IA generativa

- *Característica clave de la IA generativa.* Un poco más de la mitad de los encuestados (58.3%) eligieron la respuesta correcta: “la creación de datos sintéticos a partir de datos reales”. De hecho, este enfoque es vital para proteger la privacidad de los pacientes al generar datos útiles sin comprometer la información personal.

El 22.9% asoció la IA generativa con “la capacidad de realizar solo tareas repetitivas y simples”. Sin embargo, aunque la IA generativa puede automatizar tareas rutinarias, su alcance incluye la creación de modelos complejos y el análisis avanzado

de datos, lo que sugiere la necesidad de mejorar la comprensión de la amplitud de sus capacidades.

Finalmente, el 18.8% creyó que la IA generativa podría reemplazar completamente el juicio clínico humano. Pero, en realidad, esta herramienta debe complementar el juicio clínico, no sustituirlo, ya que este último involucra factores contextuales y éticos que no pueden ser replicados por máquinas.

- *Ventaja específica de la IA generativa en comparación con métodos tradicionales.* Un gran número de alumnos (89.6%) reconoció correctamente que una de las principales ventajas de la IA generativa es su capacidad para procesar y analizar grandes volúmenes de datos de manera rápida y eficiente. Esta capacidad supera las limitaciones de los métodos tradicionales, que pueden resultar más lentos y menos eficaces en la identificación de patrones y en el descubrimiento.

Por otra parte, el 8.3% pensó erróneamente que la IA generativa podría reemplazar por completo la necesidad de ensayos clínicos. No obstante, la IA generativa puede complementar los ensayos clínicos mediante el análisis de datos y predicciones, pero no puede sustituir la necesidad de validar tratamientos en poblaciones reales ni de cumplir con los estándares regulatorios.

Por último, solo un alumno (2.1%) opinó que la IA generativa podría reemplazar completamente a los médicos en todas las fases del diagnóstico. No obstante, la intervención humana sigue siendo esencial para la interpretación clínica, la toma de decisiones y la empatía.

6. Principios éticos y justicia

- *Relación entre la ética y la justicia.* La mayoría de los estudiantes (83.3%) seleccionó correctamente la opción

que destaca la importancia de asegurar que la investigación beneficie equitativamente a todas las poblaciones. Este enfoque promueve una distribución justa de los beneficios y riesgos, garantizando que la IA generativa no perpetúe parcialidades y sea aplicable a una amplia gama de grupos, incluidos los más vulnerables.

El 14.6% eligió “usar datos de una muestra homogénea para simplificar el análisis”. Esta opción refleja una comprensión limitada del principio de justicia, ya que el uso de muestras homogéneas puede sesgar los resultados y no representar adecuadamente a poblaciones diversas.

Y, en última instancia, solo un estudiante (2.1%) optó por “priorizar datos de poblaciones con mayor acceso a la tecnología”. Esta opción revela una incompreensión del principio de justicia, ya que priorizar a las poblaciones con mayor acceso a recursos puede intensificar las desigualdades.

Discusión

Los hallazgos presentados reflejan una comprensión generalmente sólida de los fundamentos éticos de la investigación médica por parte de los estudiantes encuestados, en especial en lo relativo a la definición de la ética, el consentimiento informado y la revisión ética. Este resultado es alentador, ya que evidencia que los futuros profesionales de la salud reconocen la centralidad del respeto a los derechos de los participantes y de la integridad del proceso investigativo. No obstante, las respuestas incorrectas minoritarias revelan puntos ciegos preocupantes, como la vinculación de la ética con fines económicos o la confusión sobre la necesidad del consentimiento y la revisión ética. Estos elementos deben abordarse con prioridad en la formación bioética.

Desde la perspectiva del pensamiento complejo de Morin (2004), estos resultados evidencian la necesidad de una comprensión

más interconectada e integradora de los procesos éticos en la investigación. Morin sostiene que el pensamiento complejo no fragmenta la realidad, sino que busca comprender la articulación entre distintos elementos de un sistema. En este contexto, es insuficiente enseñar ética como un conjunto aislado de normas: es necesario promover una visión en la que la ética esté vinculada a la tecnología, al contexto social, a la política de datos y al juicio profesional. La confusión de algunos estudiantes sobre aspectos esenciales, como el consentimiento o la función de la revisión ética, sugiere que aún predomina una enseñanza lineal y reduccionista, ajena a los enfoques transdisciplinarios que propone Morin.

En cuanto a la seguridad y la responsabilidad en el uso de la IA generativa, los datos muestran que la mayoría de los estudiantes comprende la importancia de proteger la privacidad y garantizar la rendición de cuentas. Sin embargo, la existencia de un 20.8% que atribuye estas responsabilidades al sistema automatizado o que considera legítimo mantener los algoritmos en secreto es una señal de alerta. Esto evidencia una visión tecnocrática que desliga la toma de decisiones humanas del uso de la tecnología, lo que contradice los principios fundamentales de la responsabilidad científica.

Esta fragmentación entre el ser humano y la tecnología es, precisamente, uno de los riesgos que Morin (2004) advierte en su crítica al pensamiento simplificador. Frente a la complejidad de los sistemas sociotécnicos actuales, el autor propone una integración dialógica entre elementos aparentemente opuestos: lo humano y lo técnico, lo ético y lo funcional, lo individual y lo colectivo. Por tanto, es necesario enseñar que el investigador no es un espectador pasivo ante la IA generativa, sino un agente activo y éticamente responsable que debe cuestionar, validar y justificar el uso que hace de ella.

Respecto a los sesgos y la equidad, los resultados revelan una alta sensibilidad de los estudiantes ante la necesidad de mitigar las desviaciones algorítmicas y de promover la diversidad en el diseño de los modelos. No obstante, aun un porcentaje no menor cree que es aceptable utilizar datos homogéneos o publicar resultados sin ajustes, lo que evidencia una comprensión parcial del principio de justicia. En este caso, el pensamiento complejo invita a problematizar la noción de neutralidad tecnológica. Las distorsiones no son errores técnicos aislados, sino expresiones de estructuras sociales más amplias que se reproducen en los datos. Por ello, es fundamental que la formación ética contemple no solo el análisis técnico de los algoritmos, sino también una reflexión crítica sobre los contextos sociales y culturales que los modelan.

La sección sobre integridad y privacidad confirma la existencia de conocimientos clave, como la necesidad de validar los resultados y la conciencia de los riesgos de privacidad. No obstante, los porcentajes que asocian la protección de la privacidad únicamente con el anonimato o el almacenamiento seguro muestran una tendencia a simplificar los problemas. Desde la óptica del pensamiento complejo, la privacidad no puede reducirse a un conjunto de medidas técnicas. Requiere una comprensión sistémica que integre aspectos técnicos, legales, éticos y comunicacionales, y que reconozca que la protección de datos es una responsabilidad continua, no una acción puntual.

Por último, las percepciones sobre las características y ventajas de la IA generativa son ambivalentes. Aunque se reconocen correctamente sus capacidades para procesar grandes volúmenes de datos y generar información sintética útil, también persisten ideas erróneas sobre la posibilidad de que reemplace al juicio clínico o a los ensayos clínicos. Este punto es crucial: el pensamiento complejo nos insta a ver a la IA generativa no como sustituta, sino como parte de un sistema de colaboración entre

seres humanos y máquinas, donde el juicio ético y clínico sigue siendo insustituible.

En línea con el objetivo del estudio, estos resultados permiten identificar áreas en las que los estudiantes tienen una comprensión sólida, como la ética clásica, el consentimiento informado y la equidad, pero también revelan zonas grises donde el pensamiento aún no articula con suficiente claridad la complejidad inherente a la interacción entre ética, tecnología y ciencia. Esto evidencia una oportunidad formativa clave: fortalecer la capacidad de los futuros profesionales para pensar de manera compleja, crítica y ética en un entorno altamente mediado por la tecnología.

Por consiguiente, se recomienda que los planes de estudio incluyan enfoques educativos basados en el pensamiento complejo, con espacios para la reflexión crítica, el análisis interdisciplinario y el debate ético profundo sobre el rol de las tecnologías emergentes en la investigación médica. Solo así se podrá formar a profesionales capaces de asumir con responsabilidad los desafíos que plantea la IA generativa, entendiendo que la ética en la ciencia no es un apéndice, sino un eje articulador de su sentido y legitimidad.

Conclusiones

A lo largo de este estudio, emergen con claridad varios hallazgos que invitan a una profunda reflexión sobre los desafíos que enfrentan los estudiantes de medicina en su formación ética ante el uso de la IA generativa en la investigación científica. Las voces recogidas en este trabajo muestran un panorama mixto: por un lado, se aprecia una base sólida en principios fundamentales como el consentimiento informado, la revisión ética y el reconocimiento de los beneficios de la IA generativa; por otro, se identifican vacíos importantes que requieren ser atendidos con urgencia desde la academia.

En primer lugar, se evidencia que, aunque la mayoría de los estudiantes logra identificar correctamente los fundamentos éticos de la investigación, persiste una comprensión parcial en algunos, lo que refleja una visión reduccionista de la ética. Este enfoque fragmentado limita su capacidad para actuar con responsabilidad en contextos donde lo técnico, lo humano y lo social están profundamente entrelazados.

Asimismo, la seguridad de los datos emerge como un tema sensible. Aunque muchos encuestados reconocen su relevancia, no todos dimensionan adecuadamente los riesgos que conlleva su manejo inadecuado. Esta falta de conciencia sugiere la necesidad de adoptar una formación que no solo enseñe herramientas tecnológicas, sino que también integre una visión holística de la responsabilidad compartida entre sistemas, instituciones y personas.

Otro punto clave es la percepción de las parcialidades algorítmicas. Si bien existe una noción general de sus implicaciones, no todos comprenden la profundidad del problema ni su vínculo con las desigualdades sociales. En este sentido, resulta evidente la necesidad de una educación que fomente el pensamiento crítico y la sensibilidad ética ante los impactos de la IA generativa en poblaciones diversas.

En cuanto a la privacidad de los datos médicos, los resultados muestran una conciencia general de los riesgos, aunque también cierta confusión respecto a las medidas efectivas para garantizar la confidencialidad. Frente a un entorno tecnológico en constante transformación, es crucial formar a los futuros médicos con herramientas que les permitan adaptarse a contextos cambiantes, sin perder de vista la protección de los derechos de las personas.

Los beneficios de la IA generativa también fueron reconocidos por la mayoría de los estudiantes, especialmente en el procesamiento

de grandes volúmenes de datos. Sin embargo, algunos encuestados tienden a sobrestimar sus capacidades, adoptando una visión casi determinista que omite sus limitaciones y los controles éticos necesarios. Aquí es clave una formación que estimule una comprensión matizada de la tecnología, promoviendo tanto el entusiasmo como la cautela.

Por último, la idea de justicia y equidad en la investigación con IA generativa fue generalmente bien comprendida, aunque ciertas respuestas reflejan una interpretación simplificada del concepto. Esto revela la necesidad de abordar la justicia como una noción compleja, que requiere considerar las condiciones estructurales, culturales y tecnológicas en las que se desarrolla la ciencia.

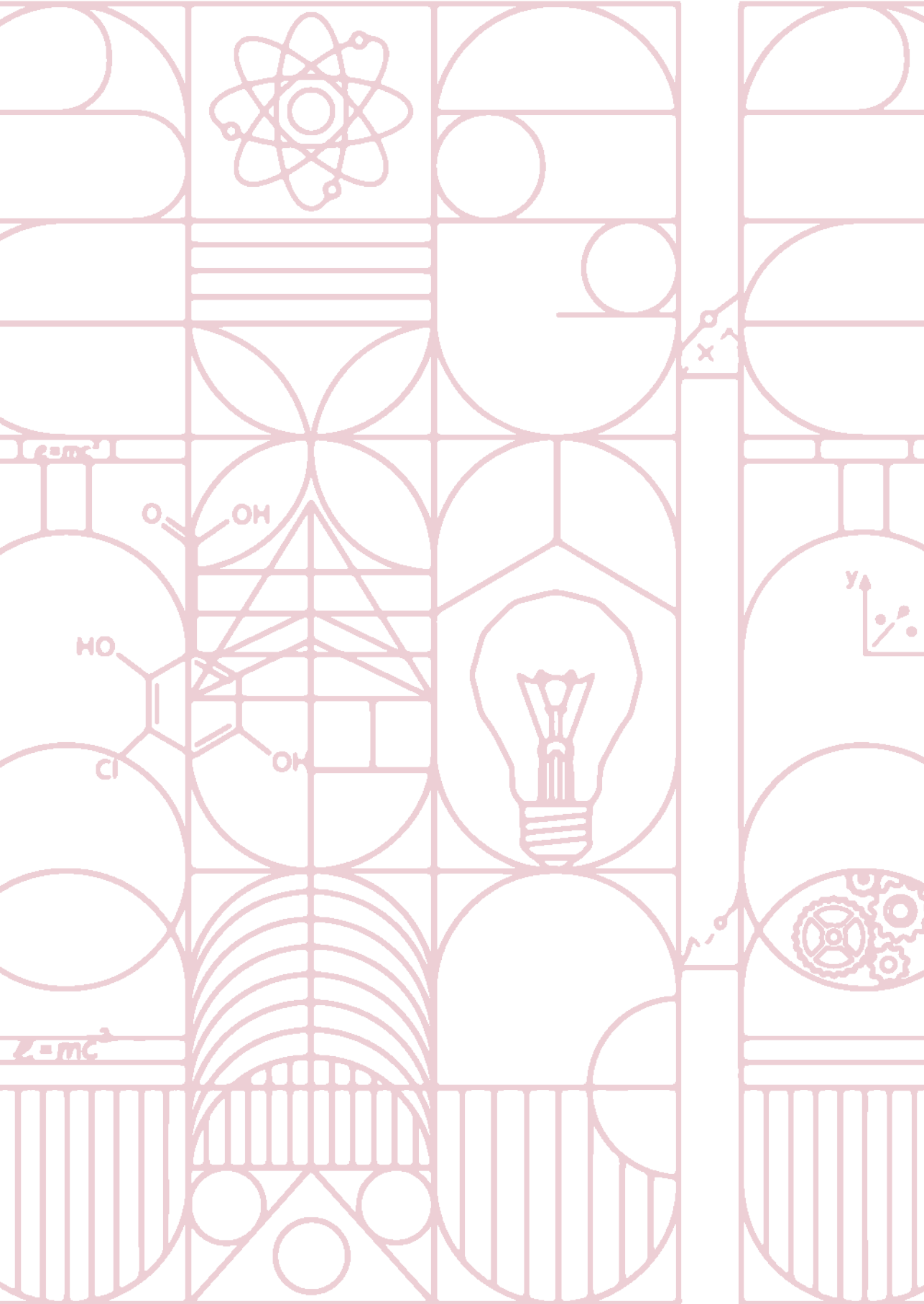
Estas conclusiones resaltan una constante: la necesidad imperante de formar profesionales que no solo dominen las herramientas tecnológicas, sino que también estén capacitados para pensar de manera ética, crítica y sistémica. En este sentido, la propuesta del pensamiento complejo de Edgar Morin ofrece un marco teórico sumamente pertinente. Su llamado a reconocer la interdependencia entre saberes, contextos y dimensiones humanas permite comprender que los desafíos éticos no pueden resolverse de forma lineal ni reduccionista.

Educar desde la complejidad significa cultivar en los futuros médicos una mirada integradora, capaz de cruzar disciplinas y niveles de análisis, de conjugar lo técnico con lo humano, y de reconocer la incertidumbre como una condición inherente al conocimiento. Solo así podrán afrontar con responsabilidad los dilemas éticos que plantea la IA generativa y contribuir a una práctica médica verdaderamente justa, inclusiva y humanizada.

Referencias

- Chen, Y., & Esmaeilzadeh, P. (2024). Generative AI in medical practice: In-depth exploration of privacy and security challenges. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e53008. <https://doi.org/10.2196/53008>
- Gross, N. (2024). A powerful potion for a potent problem: Transformative justice for generative AI in healthcare. *AI and Ethics*. <https://doi.org/10.1007/s43681-024-00519-1>
- Guerrero Quiñones, J. L. (2025). Using artificial intelligence to enhance patient autonomy in healthcare decision-making. *AI & Society*, 40(3), 1917–1926. <https://doi.org/10.1007/s00146-024-01956-6>
- Hastings, J. (2024). Preventing harm from non-conscious bias in medical generative AI. *The Lancet Digital Health*, 6(1), e2–e3. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(23\)00246-7](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(23)00246-7)
- Hutson, M. (2024). How AI is being used to accelerate clinical trials. *Nature*, 627, 2–5. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-00753-x>
- Khalid, N., Qayyum, A., Bilal, M., Al-Fuqaha, A., & Qadir, J. (2023). Privacy-preserving artificial intelligence in healthcare: Techniques and applications. *Computers in Biology and Medicine*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2023.106848>
- Morin, E. (2004). *Introducción al pensamiento complejo*. México, D.F.: Editorial Gedisa.
- Oniani, D., Hilsman, J., Peng, Y., Poropatich, R. K., Pamplin, J. C., Legault, J. L., & Wang, Y. (2023). Adopting and expanding ethical principles for generative artificial intelligence from military to healthcare. *npj Digital Medicine*, 6(225). <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00965-x>

- Palmer, A., & Schwan, D. (2021). Beneficent dehumanization: Employing artificial intelligence and carebots to mitigate shame-induced barriers to medical care. *Bioethics*, 36(2), 187–193. <https://doi.org/10.1111/bioe.12986>
- Ramón Fernández, F. (2021). Inteligencia artificial en la relación médico-paciente: Algunas cuestiones y propuestas de mejora. *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, 10(1), 329–351. <http://dx.doi.org/10.5354/0719-2584.2021.60931>
- Reddy, S. (2024). Generative AI in healthcare: An implementation science informed translational path on application, integration and governance. *Implementation Science*, 19(27). <https://doi.org/10.1186/s13012-024-01357-9>
- Schwabe, D., Becker, K., Seyferth, M., Klaß, A., & Schaeffter, T. (2024). The METRIC-framework for assessing data quality for trustworthy AI in medicine: A systematic review. *npj Digital Medicine*, 7(203). <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01196-4>
- Smits, J., & Borghuis, T. (2022). Generative AI and intellectual property rights. En B. Custers & E. Fosch-Villaronga (Eds.), *Law and artificial intelligence* (pp. 29–41). T.M.C. Asser Press. https://doi.org/10.1007/978-94-6265-523-2_17
- Zhang, Y., Wu, M., Tian, G. Y., Zhang, G., & Lu, J. (2021). Ethics and privacy of artificial intelligence: Understandings from bibliometrics. *Knowledge-Based Systems*, 222(21), 1–<https://doi.org/32.10.1016/j.knosys.2021.106994>





3.

Una revisión bibliográfica de la IA generativa en educación

Dra. María Armida Estrada Gutiérrez

Resumen

Los modelos de lenguaje y las redes generativas adversarias (GANs, por sus siglas en inglés) han revolucionado diversos campos, incluida la educación. En el ámbito educativo, estas tecnologías ofrecen oportunidades para personalizar el aprendizaje, proporcionar retroalimentación en tiempo real y generar recursos de educación adaptativos. No obstante, su integración plantea desafíos significativos en materia de ética, privacidad y seguridad de los datos. Las cuestiones legales y normativas también son cruciales, ya que es necesario establecer directrices claras para garantizar el uso responsable de la IA. En este capítulo se realizó un análisis bibliográfico sobre los orígenes de la IA, su evolución desde los primeros algoritmos hasta la IA generativa actual. Se subraya, además, la importancia de equilibrar la innovación tecnológica con la integridad académica y la protección de la comunidad educativa.

Palabras claves: Inteligencia artificial, orígenes de la IA, inteligencia artificial generativa en educación, regulaciones de la IA.

Breve recorrido sobre los orígenes de la IA

Un tema que se escucha reiteradamente en la actualidad es sobre IA y un subcampo de la IA, es la IA generativa, la cual se orienta a la generación de contenidos tomando en cuenta datos existentes. Estos contenidos pueden ser imágenes, textos, videojuegos, diseño de productos, además de ser utilizados en varios campos disciplinares como en arte, en medicina, en finanzas, entre otras áreas, para resolver problemas.

Esta tecnología utiliza algoritmos y redes neuronales, y a partir de eso, genera contenido nuevo y creativo de forma autónoma, que es difícil distinguirlo de la creación humana, sin embargo, la IA generativa se enfrenta en desafíos éticos, puesto que, precisamente por el uso que se le está dando, aún no existe la adecuada normativa que pueda apoyar su uso, dando crédito a su fuente.

La IA generativa redefine la forma en que nos relacionamos con la tecnología. Se puede decir que sus orígenes se remontan a la primera máquina calculadora construida en 1642 por Blaise Pascal. Posteriormente, en 1837, con el primer diseño de una máquina programable de Charles Babbage y Ada Lovelace.

Ya desde 1939, Turing comenzó a diseñar y construir un dispositivo electromecánico denominado máquina “Bombe” o máquina de Turing, basándose en y mejorando un dispositivo creado por Marian Rejewski en 1938. Esta máquina de Turing ayudó a descifrar el código nazi “Enigma” durante la Segunda Guerra Mundial. (Secretaría de Cultura Presidencia de la Nación. 2020). Rodríguez (2023) comenta que “Turing, con su visión de máquinas capaces de imitar la inteligencia humana, sembró la semilla para una revolución en la forma en que interactuamos con la tecnología”. Posteriormente, Turing en 1950 propuso una prueba conocida como “prueba de Turing” a fin de determinar

si las máquinas podían alcanzar el nivel de inteligencia del ser humano, pues él se preguntaba si las computadoras podían pensar (Rivera Berrió, 2024, p. 21).

Desde la década de 1950 hubo los primeros intentos de generar contenido mediante algoritmos capaces de representar la inteligencia humana. Surgen, posteriormente, estudios sobre redes neuronales y máquinas de soporte vectorial. Cárdenas (2023) menciona que “uno de los primeros precursores de la IA generativa fue Eliza, un programa informático de procesamiento de lenguaje natural creado en la década de 1960 que podía simular una conversación con un terapeuta” (p. 3). En la década de los 80, Feigenbaum creó sistemas que imitaban las decisiones humanas. En el 2002 se crea la aspiradora robótica Roomba, capaz de evitar obstáculos. Entre 2011 y 2014, aparecieron los asistentes personales como Siri, Google Now y Alexa, que utilizan el reconocimiento de voz para responder preguntas y realizar tareas simples, como poner música y conectar ciertos dispositivos electrónicos. Ian Goodfellow en 2014 inventó las Redes Generativas Adversarias (GANs), por sus siglas en inglés), en las que dos redes neuronales, generador vs. discriminador, compiten en la creación de datos realistas. Estas redes tienen una gran cantidad de aplicaciones, entre ellas: generación de imágenes, creación de contenidos, modelado 3D, medicina, seguridad. Las GANs son el antecedente directo de la IA generativa, aunque no son el único método utilizado en esta tecnología, sí han intervenido en gran medida en su desarrollo (Rivera Berrió, 2024, pp. 23-61).

La IA generativa tiene numerosas aplicaciones en diversas áreas. Algunos ejemplos son las siguientes:

- Generación de imágenes. DALL-E 3 de OpenAI. También Midjourney, para generar imágenes a partir de descripciones textuales. Adobe Photoshop, con IA, ayuda a mejorar y

generar imágenes. Leonardo.AI, permite explorar imágenes. Adobe Firefly, mejora la creatividad. Entre muchas otras.

- Creación de videos. Runway la cual genera y edita videos automáticamente.
- Generación de audio. ElevenLabs ofrece una biblioteca de voces sintéticas para generar audio realista (Rivera Berrió, 2024).
- Generación de texto. ChatGPT, desarrollado por OpenAI, con la que se pueden escribir artículos, resúmenes y cualquier contenido creativo.
- Generación de presentaciones y contenido educativo. Synthesia, que permite crear videos con avatares generados por IA. AI Comic Factory crea una herramienta impresionante con IA para quienes no tienen habilidades de dibujo.
- Desarrollo de software. Copilot de Microsoft, similar a ChatGPT, permite generar código automáticamente y reducir errores de programación.
- Diagnóstico médico. Ayudan a generar imágenes médicas sintéticas y a mejorar los diagnósticos. Hay varias herramientas según el problema a diagnosticar. Algunos son: IBM Watson for Oncology, Google DeepMind's Streams (problemas renales), IDx-DR, orientados a la detección de la retinopatía diabética, entre otros.
- Creación de sitios web. Wix, que utiliza una plataforma de IA para facilitar la creación de sitios web. (Blanco Angulo, 2024 y Rivera Berrió, 2024).

Estas son algunas de las múltiples aplicaciones de la IA generativa, las cuales son utilizadas en educación, ya que en los últimos años

muchas universidades han incluido cursos sobre IA en todo el mundo y se ha expandido la utilización de la IA generativa. No obstante, hay que recordar que la IA, en la actualidad, aún carece de la verdadera comprensión humana; por tanto, aunque dichas tecnologías generan textos coherentes, no significa que comprendan su significado.

Sin embargo, es por esa capacidad que la IA es considerada “la revolución de las revoluciones”. Su desarrollo actual y potencial se debe a que logra igualar o superar ampliamente ciertas capacidades cognitivas al procesar más eficientemente los datos y la información en cada vez más actividades humanas” (Corvalán, 2018, p. 297).

Inteligencia Artificial Generativa en educación

Al finalizar la pandemia del COVID-19, hubo grandes cambios en todos los ámbitos, impulsados por la irrupción de las tecnologías. Desde este panorama, la educación se enfrenta a grandes desafíos, pues la enseñanza híbrida, con cursos en línea, abiertos y masivos a través de diferentes plataformas, está revolucionando la educación. Por ello, es muy común escuchar que la IA ha llegado para quedarse, debido a las enormes posibilidades que ofrece en todos los campos. Sin embargo, Fernández Enguita (2024) un crítico de estas nuevas formas de educación y aprendizaje impulsadas por la transformación digital, en las que se incorpora la IA y, en especial, la IA generativa en su documento analiza cómo la IA puede transformar radicalmente los procesos de enseñanza-aprendizaje, destacando las oportunidades y desafíos que esta tecnología presenta hacia el futuro de la educación. Comenta que “la transformación digital está atrayendo amplios, rápidos y profundos cambios” (Fernández Enguita, 2024, p. 22), aunque también, que “el papel de la educación, y en particular de la superior, no puede aislar a los educandos de las malas influencias, sino prepararlos para vivir en un mundo que las

incluye”, debido a que toda aquella información obtenida a través de la IA debe corroborarse. He aquí otro reto de la educación en todos sus niveles.

Por su parte, la Unesco (2024) aborda algunas controversias en torno a la IA generativa que involucran a la educación. Entre ellas, el empeoramiento de la pobreza digital, superar las adaptaciones regulatorias nacionales, el uso de contenido sin consentimiento, el contenido generado por IA que contamina internet, la falta de comprensión del mundo real, la reducción de la diversidad de opiniones, la marginación aún más de las voces ya marginadas y la generación de información ultrafalsa o “deepfakes”.

Estas implicaciones cuestionan los beneficios que podrían observarse con el uso de esta tecnología. Aunque, con capacitación educativa adecuada para su uso y detección de errores, con un análisis crítico de los datos recabados por este medio y dando crédito a sus autores, buscando dar voz a las voces silenciadas por la marginación proveyéndoles de los recursos necesarios y, que haya regulaciones adecuadas y en tiempo real, con ello sería más seguro el empleo de la IA generativa. Claro que todo lo anterior es difícil de superar debido a los cambios constantes y los avances tecnológicos tan vertiginosos, pero es primordial que busquemos ir a la par de las tecnologías; de lo contrario, nos encontraríamos ante una educación obsoleta y rebasados por los adelantos científicos.

Aunque es importante reconocer que muchos de los problemas identificados en el contexto educativo no son nuevos ni están causados exclusivamente por las tecnologías emergentes. Hay que comprender que estas pueden apoyar a facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, debido a que ofrecen información relevante en el análisis crítico, empero, siempre debe ser verificada y así evitar errores.

De acuerdo con Moreno Padilla (2019), “la IA tiene un fuerte potencial para acelerar el proceso de realización y desarrollo de los objetivos globales en torno a la educación mediante la reducción de las dificultades de acceso al aprendizaje”, por lo que no se puede dejar de lado el gran aporte de la IA si queremos lograr una efectiva implementación de habilidades pedagógicas y competencias digitales que abra las posibilidades a un verdadero desarrollo humano, reflexivo y crítico.

La educación debe adaptarse a las nuevas tecnologías con el objetivo de preparar a los estudiantes para el futuro, puesto que, de no hacerlo, podría afectar tanto a las instituciones educativas como a los estudiantes, con impactos en desigualdad educativa, falta de competencias digitales, desconexión con la actualidad, pérdida de oportunidades de innovación y resistencia al cambio por la falta de adaptación tecnológica. Adaptarse a las tecnologías mejora la calidad de la educación y prepara a los y las estudiantes para el futuro, donde las habilidades tecnológicas serán esenciales. Empero, hay que ser conscientes sobre la información que se obtenga al utilizar la IA generativa, pues no dejan de ser productos y servicios de consumo diseñados para mantener la atención del usuario y en ocasiones con contenido falso (Cárdenas, 2023, p. 12), por lo cual, siempre debe verificarse su veracidad.

Inteligencia Artificial Generativa en educación superior

Apenas, en la postpandemia cuando las instituciones de educación superior intentaban recuperarse del distanciamiento provocado por la crisis del COVID-19, aparece la IA generativa con versiones gratuitas y de paga, esta última con respuestas más precisas y coherentes (Gallent-Torres et al., 2023, p. 3) ofreciendo un aporte muy relevante para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. En consecuencia, su manejo adecuado, ético y consciente en el proceso

enseñanza aprendizaje debería incluirse. Un uso inadecuado de la IA puede provocar desigualdad, exclusión, discriminación y brechas digitales en la comunidad educativa, ya que no se puede afirmar que todos los estudiantes tengan acceso a esta tecnología, lo que fomenta desigualdad en los aprendizajes y estereotipos discriminatorios.

En documento de la UNESCO (2022, capítulos 3 y 5) se expone que al sector académico le convendría adoptar una visión crítica de las orientaciones de valor, las normas culturales y las costumbres sociales integradas a los modelos de entrenamiento de la IA generativa, por su parte, “los formuladores de políticas deberían tomar conciencia del agravamiento de las desigualdades causadas por la creciente brecha en el entrenamiento y control de los modelos de IA generativa, y adoptar medidas al respecto”.

Como observamos, ante la aplicación de la IA generativa en la educación, aparecen tanto partidarios entusiastas como críticos, principalmente por su uso indebido y por cuestiones de integridad académica. Las muestras de preocupación se presentan en la elaboración de documentos de investigación y en las evaluaciones, debido a las posibilidades de plagio. Respecto a las evaluaciones y ante la aparición de ChatGPT, Sullivan et al. (2023) señalan que “se ha detectado un alto porcentaje de estudiantes que han utilizado ChatGPT en tareas de evaluación, lo que ha llevado a algunas universidades a prohibir su uso” (Gallent-Torres et al. 2023).

Con relación a la integridad académica se destacan los siguientes aspectos:

- Problemas del plagio y de la generación de contenidos no originales (Ellis y Slade, 2023).

- Necesidad de herramientas que detecten textos generados por IA generativa (GPT Zero, AI Text Classifier, Originality AI o Crossplag) (Weber-Wulff et al., 2023).
- Necesidad de implementar planes de evaluación alternativos.
- Dependencia de estos sistemas de apoyo para el aprendizaje. Lo que conllevaría un debilitamiento de la capacidad de pensamiento crítico en algunos usuarios y la dificultad de detectar información falsa o incorrecta en las respuestas; y
- Existe la posibilidad de propagar sesgos en los resultados generados por la IA generativa (Wach et al., 2023). (Citados en Gallent-Torres et al., 2023, p. 6).

Por lo anterior, se sugiere establecer medidas, desde una perspectiva ética, legal y humana, con la finalidad de regular el uso de la IA generativa y de que impacten positivamente en el ámbito educativo en términos de equidad, discriminación, transparencia, sesgos, etc. (Gallent-Torres et al., 2023, p. 7). En este sentido, se requiere “un marco regulatorio que aborde cuestiones como la privacidad de los datos, la seguridad, la transparencia algorítmica y la responsabilidad en la toma de decisiones automatizada” (Gallent-Torres et al., 2023). Por ello, las universidades, a fin de atender al reto de una educación apegada a los tiempos, deben definir políticas en un marco regulatorio, con normativas pedagógicas, de gestión y de operación. Los nuevos modelos educativos deben adaptarse a las necesidades formativas actuales. Asimismo, Ausin (2021) señala que las universidades han optado por modificar cursos y planes de estudio para hacerlos menos vulnerables a la IA generativa (como se señala en Gallent-Torres et al., 2023, p. 11).

Uno de los principales problemas que se ha encontrado en la bibliografía consultada para elaborar este capítulo es que el

alumnado, por la facilidad que ofrece la IA generativa para obtener soluciones rápidas para sus trabajos académicos, se convierte en consumidor de respuestas prefabricadas, lo que implica no autoría y apropiación ilegal de la información. Además, no desarrollan habilidades de comprensión y análisis crítico, pues solamente hicieron acopio de datos, por lo que resultan estudiantes pasivos y sin los aprendizajes que se pretenden lograr.

Otro escenario es que, aunque las herramientas de IA están fácilmente disponibles, no se cuenta con la formación para su uso o son renuentes a adoptarlas de manera ética, por lo que no se aprovechan sus ventajas. Por ello, es preciso que tanto docentes como estudiantes cuenten con los conocimientos necesarios para acceder a esta tecnología y aprovechar sus amplias posibilidades. En este sentido, actualmente existe una gran cantidad de cursos de capacitación para el uso correcto de la IA generativa, ya que les proporciona escenarios futuros posibles y creativos para adaptarse a una sociedad más heterogénea, con ventajas para transformar pensamientos borrosos e innovaciones más específicas. En términos de la investigación, hay herramientas muy útiles para el análisis de datos, la revisión de la literatura y la redacción; la recolección de datos y su comprensión siguen dependiendo de la o el investigador, pues la IA no puede, hasta el momento, llevar a cabo una investigación social en campo (Cárdenas, 2023, pp. 12-14).

Inteligencia Artificial Generativa en la personalización del aprendizaje

De acuerdo con lo comentado por Parreira et al. (2021), respecto al enfrentamiento actual en que la IA “se ha convertido en un catalizador imprescindible en el ámbito de la educación universitaria, su integración ya no es una posibilidad, sino una realidad inminente que lleva consigo el poder de transformar la pedagogía y las prácticas académicas tradicionales” (citado por

Peñalver-Higuera, 2023, p. 1), por tanto, su implementación en las universidades es inevitable. Mas no considerarla como lo comentan Parreira et al. (2021) “como sustituto de los procesos educativos humanos, sino como un complemento que enriquece y expande los horizontes de la enseñanza y el aprendizaje” (citado por Peñalver-Higuera, 2023, p. 1).

Respecto a la IA generativa, las instituciones de educación superior deben aprovechar su potencial para optimizar la eficiencia de sus procesos administrativos, tomar decisiones estratégicas y ofrecer experiencias de aprendizaje personalizadas al adaptar la educación a las necesidades individuales de cada estudiante.

Algunas de las acciones para llevar a cabo una educación con IA generativa y optimizar los logros educativos, son a través de implementar lo siguiente: sistemas de recomendación, tutores virtuales y análisis predictivo:

- **Sistemas de recomendación.** Al igual que las plataformas de *Streaming* sugieren contenido basado en tus preferencias, los sistemas educativos basados en IA generativa pueden recomendar recursos y actividades adaptados a las necesidades y habilidades de cada estudiante.
- **Tutores virtuales.** La IA generativa facilita la creación de tutores virtuales que proporcionan retroalimentación instantánea y personalizada, ayudando a los estudiantes a resolver dudas y a guiar su aprendizaje. La IA permite que los asistentes virtuales imiten comportamientos humanos, integren experiencias atractivas y promuevan un mayor interés por la asignatura. De esta forma, los sistemas de tutoría inteligente ayudan a los estudiantes, tanto en el aula como fuera de ella, a aprender los contenidos de sus asignaturas. Desde luego, para la resolución de problemas personales, la presencia de un tutor humano es lo ideal.

- **Análisis predictivo.** Utilizando datos sobre el progreso y el comportamiento de los estudiantes, la IA generativa puede predecir áreas de dificultad, lo que permite intervenciones tempranas y personalizadas. Lo anterior permite identificar a estudiantes en riesgo, solucionar a tiempo la dificultad en la que se encuentran y buscar la solución adecuada.

Los beneficios que se pueden lograr al adoptar la IA en la educación es el poder adaptar el proceso educativo al ritmo de aprendizaje del alumno, pues la IA generativa permite que cada estudiante avance de acuerdo con sus posibilidades, de esta manera se puede evitar el aburrimiento y la frustración por sentirse que no puede avanzar al igual que sus compañeros. Otra posibilidad benéfica es que haya mayor equidad educativa al personalizar la educación y adaptarla a las necesidades específicas de cada estudiante. Con ello se pueden lograr mejores aprendizajes y los estudiantes se sentirán más motivados. Asimismo, los entornos de aprendizaje inmersivos son una de las mayores ventajas que la IA generativa ofrece, creando entornos interactivos y envolventes, como simulaciones y juegos educativos que se adaptan en tiempo real a las acciones de los estudiantes. En este punto, se puede considerar la “*Gamificación*” como una parte lúdica del aprendizaje que motiva e involucra a los estudiantes en el aprendizaje.

Desde luego, siempre se debe procurar la transparencia y el consentimiento. Las preguntas dirigidas a la IA generativa deben ser claras y sus respuestas fáciles de entender para evitar sesgos, discriminación o frustración en los alumnos.

En resumen, la IA generativa puede revolucionar el aprendizaje personalizado si se implementa adecuadamente y se adapta a las necesidades individuales de cada estudiante, mejorando su eficacia y promoviendo la equidad en el acceso al conocimiento.

Contexto histórico-normativo, ético y humanístico actual: implicaciones del uso de la IA generativa.

Ha habido mucho interés en la problemática del uso indiscriminado e inapropiado de la información recabada por la IA generativa por parte de países y organismos internacionales, que se han puesto a la búsqueda de soluciones legislativas y normas que aseguren que su manejo sea ético, legal y respete los derechos humanos. Los organismos internacionales que a la fecha se han sumado a esta iniciativa regulatoria son la Unión Europea (UE) en 2020, 2021 y 2023/2024; la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en 2019; y la Unesco en 2019, 2021 y 2023 (Gallent-Torres et al., 2023). No obstante, Gallent-Torres et al. (2023) señalan que el desarrollo exponencial de la IA generativa ha provocado que muchas universidades no hayan adoptado todavía una posición clara respecto de esta nueva tecnología y estén adoptando estrategias distintas para encarar los retos que plantea en la educación superior.

Las iniciativas que han surgido últimamente en muchos países se interesan, por cuestiones éticas y humanísticas, por los algoritmos de la IA, lo que dificulta su regulación. Por tanto, para asegurar que los algoritmos y sus aplicaciones respeten los derechos fundamentales de cada persona, es imprescindible incorporar principios como la ética, la moral y la cultura, así como aspectos humanos como la empatía, las emociones, el arte y la historia. Estos elementos no solo enriquecen el desarrollo tecnológico, sino que también garantizan que su uso se mantenga alineado con los valores esenciales de la humanidad.

Roma, por la Ética en la Inteligencia Artificial, es una de estas iniciativas que busca promover un sentido de responsabilidad compartida entre organismos públicos y privados de todo el mundo, en un esfuerzo para que la inteligencia artificial sea diseñada para contribuir tanto al bienestar individual como al progreso colectivo, garantizando siempre el respeto a la dignidad humana. Su propósito es permitir que cada persona aproveche los avances tecnológicos sin que su implementación se enfoque

exclusivamente en la maximización de ganancias o en reemplazar progresivamente a los trabajadores en sus empleos (Pegoraro y Curzel, 2023).

En 2019, la Unesco publicó el Consenso de Beijing sobre la IA, en el cual se brindaban recomendaciones de cómo sacar provecho de las tecnologías de la IA, para brindar apoyo al sector educativo, y una de sus 44 recomendaciones incluía la planificación de las políticas educativas.

Por parte de la UE, su parlamento aprobó dos resoluciones sobre la legislación de IA en octubre de 2020: una sobre cuestiones técnicas y la otra sobre el régimen de responsabilidad civil de IA (Tapia, 2020, citado en Gallent-Torres et al., 2023). Asimismo, en el 2021 se presentó la Ley de Inteligencia Artificial, en la que se establecen normativas sobre la IA, así como directrices éticas para el uso de los datos en la educación y la formación de educadores (Ebers, 2023).

En el año 2021, la Unesco, considerando el rápido desarrollo de la IA, propuso “hacer ajustes en las políticas de todo el sistema y [...] sólida supervisión ética, así como un profundo involucramiento de todas las partes interesadas”. Lo anterior, con el objetivo de garantizar el uso ético y responsable de las tecnologías de la IA. Esta recomendación fue adoptada por 193 Estados miembros.

En el 2024, la Unesco publicó el documento “Guía para el uso de la IA generativa en educación e investigación”, aunque el original, titulado en inglés, se publicó en 2023. Esta guía pretende proporcionar una metodología para el uso de esta tecnología e inicia con que “la falta de regulaciones nacionales sobre IA generativa en la mayoría de los países deja desprotegida la privacidad de los datos de los usuarios y a las instituciones educativas, en gran medida, sin preparación para validar las herramientas” (Unesco, 2024, p. 1), esto debido a la rapidez con

que surgen los cambios tecnológicos y que exceden la de los marcos regulatorios de los países. Esta guía propone pasos para que las agencias gubernamentales regulen las herramientas de IA generativa. Enfatiza la necesidad de las instituciones educativas de validar la idoneidad ética y pedagógica en la educación y ofrece recomendaciones para los formuladores de políticas.

En los pasos para regular la IA generativa en la educación, propuestos por la Unesco (2024), el número 4, que corresponde a “adaptar o hacer cumplir las leyes de derechos de autor existentes para regular los contenidos generados por la IA”, se indica que “en la actualidad, solo China, los países de la UE y Estados Unidos han adaptado la legislación sobre derechos de autor para que contemple las implicancias de la IA generativa” (p. 19). Este es un escenario muy comprometido, ya que cualquiera puede usar la información que se encuentre a través de la IA generativa, sin necesidad de acreditar su origen. Sin embargo, también se menciona en este mismo paso propuesto por la Unesco (2024, p. 19) que “la Oficina del Derecho de Autor de EUA [...] dictaminó que los resultados de los sistemas de IA generativa, como ChatGPT, no están protegidos por la ley Derechos de autor estadounidense, argumentando que “los derechos de autor solo pueden proteger material que sea producto de la creatividad humana” (Oficina del Derecho de Autor de EUA, 2023, citado por Unesco, 2024, p. 19).

En mayo del 2019, la OCDE, publica cinco principios para la gobernanza de la IA que incluyen que haya un crecimiento inclusivo, desarrollo sostenible y bienestar; que se respete el Estado de derecho, los derechos humanos, la democracia y la diversidad; que sean transparente; que deben ser sólidos, seguros, con protección y que las partes interesadas deben maximizar los beneficios de la IA y minimizar sus riesgos. En septiembre del mismo año, la OCDE (2019b), dio a conocer un informe sobre el uso de las tecnologías emergentes en el sector público, en el cual se resaltan las oportunidades y desafíos del

uso de la IA y se proponen ideas estratégicas (p. 14). Tres años después, la OCDE (2022) establece directrices de política pública sobre IA (p. 14). En el documento sobre gobernanza pública, en su capítulo 2, “se examina el abordaje estratégico que los Gobiernos de América Latina y el Caribe adoptan respecto de la IA” (p. 21), y se presenta una serie de acciones y colaboraciones regionales de sus países miembros en torno al uso de la IA. (p. 22). Con dichos compromisos se sugiere una propuesta general sobre la IA, aunque no todos comparten esa misma visión. Sobre estos mismos planteamientos de ética con la IA y tomando en cuenta su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, concretamente el objetivo 4 que tiene que ver con la calidad de la educación, Flores-Vivar y García-Peñalvo (2023), sobre el tema, mencionan que “la IA se viene aplicando cada vez más en el campo de la educación, sirviendo de apoyo en la gestión, el aprendizaje y la evaluación de los estudiantes” (p. 38). Comentan también que frente a un “panorama lleno de incógnitas, los retos sobre la ética de la IA se configuran como el epicentro del debate” (p. 41). Más generalmente, Holmes et al. (2022) expresan que existe la necesidad de diferenciar entre, hacer cosas éticas y hacer cosas éticamente, entre comprender y tomar decisiones pedagógicas que sean éticas (citados por Flores-Vivar y García-Peñalvo, 2023, p. 41). Es decir, hay que tener en cuenta la posibilidad de consecuencias no deseadas al utilizar la IA. Este tema es uno de los que más inquietan y preocupan a los colectivos del ámbito académico.

Reflexiones finales

El impacto de la IA generativa en diversos campos, desde la creación de contenido hasta la educación, es muy actual, y su implementación, especialmente en la educación superior y la investigación, es prioritaria. Las GANs han demostrado ser herramientas poderosas para la generación de datos sintéticos,

la mejora de la calidad de imágenes y videos y el desarrollo de aplicaciones innovadoras. Sin embargo, también plantea importantes consideraciones éticas y legales que deben abordarse para garantizar un uso responsable y equitativo de esta tecnología. En última instancia, el avance de la IA generativa ofrece tanto oportunidades como desafíos, y su integración en la sociedad requerirá un enfoque equilibrado y regulado.

Desde un punto de vista ético, es crucial garantizar la transparencia, la privacidad y la responsabilidad en su uso. Los marcos regulatorios están evolucionando para abordar estos desafíos, con enfoques variados en diferentes regiones del mundo, no obstante, en el ámbito universitario aún no se tienen políticas y normas claras, a pesar de que en algunas instituciones ya se han implementado cursos sobre IA. Sin embargo, es claro que deben incluirse estrategias de enseñanza basadas en la IA generativa para potenciar los aprendizajes personalizados. La investigación en el ámbito académico también juega un papel crucial, ya que impulsa el desarrollo de tecnologías más seguras y eficientes, y proporciona una base sólida para la formulación de políticas y regulaciones, aunque no debe exonerarnos del compromiso que tenemos de incluir el pensamiento crítico y la ética en los reportes de investigación que presentemos.

Finalmente, tras analizar toda la información consultada, se aprecia que el impacto humano de la IA generativa es profundo, afectando a todos los ámbitos, como el empleo, la economía, la interacción humana y, por supuesto, la educación. Por ello, es esencial encontrar un equilibrio que maximice los beneficios de la IA generativa y mitigue sus riesgos.

Referencias

- BlancoAngulo, C. (2024). Inteligencia artificial generativa aplicada a proyectos de Tecnología en la ESO. Máster universitario en formación del profesorado ESO y bachillerato, FP y enseñanzas de idiomas. Masterprof UMH/ Universitas Miguel Hernández. <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/32727/1/TFM%20Blanco%20Angulo%2c%20Carolina.pdf>
- Bramer, Max, (comp.) (2009). Artificial intelligence: an international perspective. Berlin: Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03226-4>
- Cárdenas, J. (2023). Inteligencia artificial, investigación y revisión por pares: escenarios futuros y estrategias de acción. (Editorial) *Revista española de sociología*. 32(4), 1-15. ISSN: 1578-2824. DOI: <https://doi.org/10.22325/fes/res.2023.184>
- Comisión Europea, Dirección General de Educación, Juventud, Deporte y Cultura (2022). *Directrices éticas sobre el uso de la inteligencia artificial (IA) y los datos en la educación y formación para los educadores*, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, <https://doi.org/10.2766/898>
- Consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación. *Perfiles educativos*, (2023). 45(180), 176-182. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2023.180.61303>
- Corvalán, J. G. (2018). Inteligencia artificial: retos, desafíos y oportunidades - Prometea: la primera inteligencia artificial de Latinoamérica al servicio de la Justicia. *Revista de Investigações Constitucionais*, 5(1), 295-316. <https://doi.org/10.5380/rinc.v5i1.5534> <https://revistas.ufpr.br/rinc/article/view/55334/35014>
- Ebers, M. (2023). El futuro marco jurídico europeo de la inteligencia artificial. *Revista general de legislación y jurisprudencia*, (2), 249-280. ISSN: 0210-8518. DOI: <https://doi.org/10.30462/rglj-2023-02-02-927>

- Fernández Enguita, M. (2024). Esta vez sí: con la IA nada será igual en la universidad. Desafíos y oportunidades para el futuro de la educación superior. *Papeles de economía española* (180), 21-37. ISSN: 0210-9107 http://www.funcas.es/wp-content/uploads/2024/07/PEE-180_Fernandez-Enguita.pdf
- Flores-Viva, J. M., & García-Peñalvo, F. J. (2023). Reflections on the ethics, potential, and challenges of artificial intelligence in the framework of quality education (SDG4). *Comunicar: Media Education Research Journal*, 31(74), 35-44 <https://doi.org/10.3916/C74-2023-03>
- Franganillo, J. (2023). La inteligencia artificial generativa y su impacto en la creación de contenidos mediáticos. *Methaodos. Revista de ciencias sociales* 11(2), 1-17. <http://dx.doi.org/10.17502/mrcs.v11i2.710>
- Gallent-Torres, C., Zapata-González, A., & Ortego-Hernando, J.L. (2023). El impacto de la inteligencia artificial generativa en educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica. *RELIEVE*, 29(2): 1-20 art. M5. DOI: <https://doi.org/10.30827/relieve.v29i2.29134>
- García-Peñalvo, F. J. (2024). Inteligencia artificial generativa y educación: Un análisis desde múltiples perspectivas. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 25, e31942. <https://doi.org/10.14201/eks.31942>
- Kranzberg, M. (1986). Technology and History: "Kranzberg's Laws". *Technology and Culture*, 27(3), 544-560. <https://doi.org/10.2307/3105385>
- Moreno Padilla, R. D. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *RITI Journal*, 7(14), 260-270. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.022>
- Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD (2022). Harnessing the power of AI and emerging technologies. Background paper for the CDEP ministerial

meeting. OECD digital economy papers, No. 340. [https://one.oecd.org/document/DSTI/CDEP\(2022\)14/FINAL/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DSTI/CDEP(2022)14/FINAL/en/pdf)

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2019). Principios de la OCDE sobre Inteligencia Artificial. <https://www.oecd-events.org/digital-ministerial/es/session/f0660adb-5b3e-ed11-819b-000d3ac24154/principios-de-ia-de-la-ocde-impacto-en-el-panorama-politico-mundial>.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, por sus siglas en inglés). (2019). Consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación. <https://www.unesco.org/es/articles/la-unesco-ha-publicado-el-primer-consenso-sobre-la-inteligencia-artificial-y-la-educación>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, por sus siglas en inglés). (2024). Guía para el uso de la IA generativa en educación e investigación. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389227>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2022). Uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe. <https://doi.org/10.1787/1f334543-en>

Peñalver-Higuera, M. (2023). El aprendizaje personalizado desatado: La IA como nuevo arquitecto de la educación universitaria. Revista arbitrada interdisciplinaria KOINONIA, VIII(2). Edición especial 2. ISSN: 2542.3088. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i2.2911>

Pegoraro, R., & Curzel, E. (2023). Convocatoria de Roma por la Ética de la IA: el nacimiento de un movimiento. Medicina y Ética, 34(2), 315-332. <https://doi.org/10.36105/mye.2023v34n2.01>

Rivera Berrío, J. G. (2024). *Inteligencias artificiales generativas*. Red Educativa Digital Descartes, Córdoba (España). ISBN:

- 978-84-18834-93-6 https://prometeo.matem.unam.mx/recursos/VariosNiveles/iCartesiLibri/recursos/Inteligencias_Artificiales_Generativas_2024/index.html?page=12
- Rodríguez, S. (2023). La revolución creativa: La historia completa de la Inteligencia Artificial Generativa. *BigDatamagazine*. <https://bigdatamagazine.es/la-revolucion-creativa-la-historia-completa-de-la-inteligencia-artificial-generativa/>
- Secretaría de Cultura Presidencia de la Nación. (2020). Alan Turing, el padre de la inteligencia artificial. Argentina.gob.ar. Recuperado el 25 de agosto de 2024, de <https://www.cultura.gob.ar/alan-turing-el-padre-de-la-inteligencia-artificial-9162/>
- Unesco. (2022). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>



4.

La IA generativa de uso científico en la industria y la academia

Dr. Jorge Luis García Alcaraz - Pedro García Alcaraz

Resumen

En este capítulo se discute el papel de la IA generativa en la creación de contenido original y su impacto en la investigación científica. A diferencia de otras formas de IA, la IA generativa puede producir texto, imágenes y otros formatos a partir de patrones aprendidos, lo que la hace valiosa en diversos sectores, desde el diseño hasta la educación y la investigación médica. Entre los beneficios destacados, se encuentran la aceleración de descubrimientos, la mejora en la precisión de análisis, el diseño de nuevos fármacos, la optimización de experimentos y la optimización del tiempo dedicado a tareas repetitivas, lo que permite a los investigadores concentrarse en problemas más complejos. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos éticos, culturales, técnicos y económicos. A pesar de ello, su aplicación en la investigación científica es vasta y revolucionaria.

Introducción

La IA generativa, es una rama de la inteligencia artificial enfocada en la creación de contenido nuevo y original. Esta es diferente a otros tipos de IA que analizan solamente datos existentes, en cambio, la IA generativa es capaz de generar texto, imágenes,

música, código y otros tipos de contenido a partir de los patrones que ha aprendido en grandes cantidades de datos y que hace en función a una orden que se le ha dado, comúnmente llamado “prompt” (Liu, 2023).

Las aplicaciones de la IA generativa se pueden agrupar en: creación de contenido relacionada con el texto, las imágenes, la música y el video. Pero también se aplican en el sector del diseño, la arquitectura, la moda y la generación de nuevos productos. Además, se reportan aplicaciones en el sector de la educación para crear materiales didácticos, simulaciones e incluso en el sector del entretenimiento, ya que son capaces de innovar en videojuegos e inventar escenas para videos y películas. Asimismo, se ha reportado su uso en los negocios al relacionarse con la generación de contenido en marketing, la atención a clientes y el desarrollo de productos. En el ámbito académico, una de las aplicaciones más importantes es la vinculada a la investigación científica, donde ha permitido la generación y el desarrollo de nuevos fármacos y materiales, entre otras (Pedró, 2020).

La aplicación de la IA generativa en el ámbito académico y científico es el tema central de este capítulo, donde se profundiza su relación en la generación de reportes y artículos científicos, los cuales son uno de los quehaceres de los investigadores para informar los avances y hallazgos de sus estudios, mismos que son una actividad rutinaria donde la IA generativa son de gran soporte.

Los beneficios de la IA generativa en investigación

Actualmente, se enuncian varios beneficios de la IA generativa en el campo de la investigación, entre estos beneficios tenemos los siguientes: (Hammood, 2023; Orchard y Tasiemski, 2023; Vafadar y Moradi Amani, 2024)

- Investigación rápida y mejores descubrimientos. Al analizar una gran cantidad de datos, la IA permite generar hipótesis y teorías, realizar simulaciones, elaborar modelos, diseñar y proponer nuevos experimentos, reducir costos y optimizar recursos.
- La IA generativa mejora la precisión y la confiabilidad de los análisis al reducir el error sistemático y automatizar tareas repetitivas. Además, permite validar los resultados generados por varios métodos para, con ello, elegir el mejor modelo o el que genere el menor error.
- La eficiencia en el uso del tiempo se ve notablemente mejorada por la IA generativa en una variedad de actividades de investigación. Por ejemplo, un experimento realizado con ChatGPT reveló una disminución del 40% en el tiempo necesario para completar las tareas de escritura, acompañada de un aumento del 18% en la calidad de los resultados. La eficiencia mencionada permite que los investigadores se enfoquen en aspectos más complejos de su labor, lo que contribuye a mejorar la productividad general.
- La revisión de la literatura y el análisis de datos son procesos fundamentales en la investigación académica. En este sentido, herramientas como Consensus, Semantic Scholar y Elicit se destacan por su capacidad para recopilar y resumir grandes volúmenes de datos en la literatura de manera eficiente y confiable. Estas herramientas permiten identificar rápidamente áreas del conocimiento que requieren mayor atención, y orientar los estudios de manera más precisa, objetiva y efectiva. Además, son útiles para el análisis y la representación gráfica de datos, lo que permite descubrir patrones que podrían pasar desapercibidos.

- La IA generativa asiste en la redacción y edición de trabajos de investigación, agilizando y optimizando el proceso. La creación de manuscritos gramaticalmente correctos se facilita con herramientas como Grammarly, Stylus y LanguageTool, lo cual resulta especialmente beneficioso para investigadores novicios o no angloparlantes nativos.
- En la gestión de proyectos de investigación multicéntrica, herramientas como SciNote y ProofHub facilitan la colaboración entre colegas e instituciones. Estas herramientas permiten administrar tareas, intercambiar archivos y configurar recordatorios de manera eficiente entre los integrantes de un grupo de investigación. La comunicación fluida y sin contratiempos de los proyectos garantiza un avance eficiente con colaboradores integrados en un mismo proyecto desde todo el mundo.
- La investigación interdisciplinaria se beneficia de la IA generativa porque facilita a los investigadores la comprensión e integración de enfoques de otros campos del saber. La IA generativa simplifica textos complejos que pueden ser comprensibles para personas con diferentes formaciones académicas y ofrece recomendaciones sobre las revistas más apropiadas para la publicación de dichos trabajos. Por ejemplo, Explainpaper explica fragmentos de un artículo, enfocándose en diferentes edades de las personas, incluido un niño de poca edad y sin conocimientos técnicos sobre el tema.
- La IA generativa contribuye a la generación de ideas y al desarrollo de metodologías de investigación. Además, permite analizar diversas alternativas, proponer enfoques novedosos y generar soluciones innovadoras al ejecutar una actividad o un proceso.

- En áreas como la investigación farmacéutica, la IA generativa se emplea en la generación de datos sintéticos, agilizando el proceso de desarrollo de nuevos medicamentos y tratamientos. Específicamente, optimiza la eficacia de los procedimientos que habitualmente requieren una considerable inversión de tiempo y recursos.

Como se describe, se reportan numerosos beneficios de la IA generativa en la investigación científica. Sin embargo, aún no resulta fácil su aplicación y se enfrentan a grandes desafíos no resueltos, los cuales se discuten a continuación.

Desafíos de la IA generativa en investigación científica

La aplicación de la IA generativa en la investigación científica aún presenta varios desafíos que deben analizarse, que abarcan desde cuestiones éticas hasta problemas políticos y sociales. Aunque no es el objetivo principal de este capítulo, por su importancia e impacto se detallan algunos de los mayores desafíos identificados a partir del análisis de los artículos de investigación proporcionados:

El primer problema se relaciona con aspectos éticos y de implementación. A pesar de recibir considerable atención, persiste una brecha entre la investigación académica y su aplicación en la práctica cotidiana (Kanont et al., 2024). El retraso en la implementación de avances tecnológicos, conocido como “brecha entre la publicación y la práctica”, constituye una preocupación relevante, y se encuentra influido por los principios éticos. En este contexto, las herramientas de IA diseñadas para solucionar problemas de producción crean dilemas éticos, y no son ampliamente adoptadas en la industria y academia. La responsabilidad moral de la comunidad científica experta en IA radica en, dedicar recursos a subcampos que promuevan la

transferencia de conocimientos científicos a soluciones aplicables en la sociedad.

Además, surgen desafíos en el proceso de desarrollo de teorías en el ámbito de la investigación cualitativa al integrar la IA (Swindell, Greeley, Farag, y Verdone, 2024). Aunque indudablemente la IA puede acelerar el proceso de generación de nuevas teorías al procesar grandes volúmenes de datos, es importante tener en cuenta que una dependencia excesiva de estas herramientas avanzadas podría llevar a subestimar la trascendencia de las habilidades cognitivas y evaluativas inherentes a los investigadores. Por lo anterior, existe una imperiosa necesidad de comprender de manera más profunda y detallada cómo la IA puede utilizarse de forma efectiva en el contexto de la construcción y el desarrollo de teorías científicas y filosóficas.

Otro problema es la interpretabilidad y confiabilidad en ciertos ámbitos como la investigación en agricultura y ganadería, ya que la carencia de interpretabilidad de ciertos modelos de IA puede obstaculizar la comprensión de las complejas relaciones biológicas subyacentes, generando así un impacto negativo en la confianza depositada en las predicciones que se derivan de dichos modelos (Ahmad et al., 2022). Además, debe tenerse en cuenta que el uso de modelos extremadamente complejos y sofisticados para realizar tareas relativamente sencillas puede ocasionar dificultades adicionales en términos de reproducibilidad y rendimiento. Así, es necesario disponer de métodos y prácticas que garanticen la confiabilidad, la integridad y la transparencia en la implementación y el uso de estas tecnologías en ciertas áreas del conocimiento.

La sostenibilidad ambiental y social se ve afectada por la IA generativa, ya que el avance acelerado ha generado impactos ambientales significativos debido a la demanda de recursos computacionales y energéticos extensos (Olatunde, 2024).

Además, la falta de equidad, inseguridad y privacidad de los datos aumenta de forma constante con el uso de la IA generativa, afectando tanto a usuarios como a no usuarios de estas plataformas. Para asegurar que los beneficios de la IA no afecten negativamente al medioambiente y a la equidad social, resulta fundamental la creación de metodologías y algoritmos que aborden de manera efectiva estos problemas y existe mucho debate al respecto. Por ejemplo, no se conoce cuánta energía se necesita para realizar una sola búsqueda en la IA.

Además, la creciente influencia de la industria en la investigación en IA está alterando el equilibrio tradicional entre el ámbito académico y el sector industrial. La industria controla los recursos fundamentales necesarios para la investigación contemporánea en IA, tales como la capacidad de cómputo, las grandes bases de datos y los profesionales altamente capacitados. La dominancia en este campo puede restringir las opciones de interés público en herramientas de IA fundamentales, generando inquietudes entre los encargados de formular políticas sobre la disponibilidad y la accesibilidad de estas tecnologías (Liu et al., 2021).

Otro problema son los sesgos, ya que la capacidad de los modelos de IA generativa para simular respuestas y comportamientos humanos plantea desafíos en cuanto a la precisión de los datos. La adaptación de las metodologías de investigación en diversas áreas con el fin de aprovechar las capacidades de la IA, al mismo tiempo que se garantice la transparencia y la replicabilidad, se presenta como un desafío que debe atenderse de manera inmediata.

Aplicaciones más comunes de la IA generativa en la investigación

Las aplicaciones de la IA generativa a la investigación son vastas y pueden ser tema de un capítulo aparte, pero en este apartado se resumen algunas de las más importantes. Por ejemplo, en

ciencias biológicas se reporta que, con ayuda de la IA AlphaFold y AlphaProteo de Google, se pueden diseñar moléculas con propiedades específicas, como la capacidad de unirse o de bloquear el sitio de unión de una proteína (Yin et al., 2021).

De la misma manera, se han diseñado proteínas con nuevas funciones, como enzimas que degradan contaminantes o proteínas que pueden utilizarse en terapias génicas (Ming et al., 2023). De manera específica, Levy y Ruohola-Baker (2023) indican que la aplicación de la IA a la epigenómica ha conducido al diseño de péptidos que pueden interactuar con la proteína dCas9 asociada a CRISPR para modular la expresión génica, mientras que Lin et al. (2024) han usado ingeniería de proteínas para modificar la secuencia del ADN. Además, recientemente la IA se utilizó para investigar las proteínas virales del SARS-CoV-2 de manera rápida, lo que permitió desarrollar vacunas. Los modelos generativos se utilizaron para predecir la toxicidad, la solubilidad y otras propiedades de estas proteínas, lo que aceleró el proceso de validación y comercialización de las vacunas (Danter y Spagnoli, 2023; Hammood, 2023).

También los modelos generativos pueden predecir la estructura 3D de las proteínas a partir de su secuencia, lo cual es fundamental para comprender su función y su aplicación y manejo subsecuentes. Por ejemplo, debido a que la resistencia a los antibióticos es una crisis global, la IA generativa ha ayudado a diseñar nuevas moléculas con propiedades antibacterianas, explorando un espacio químico mucho más amplio de lo que sería posible con métodos tradicionales (Xie, 2024) y ejemplos de esos antibióticos son Halicin (Lin et al., 2024), y el Abuacin (Awan, Zainab, Yousuf, y Mughal, 2024).

Finalmente, es importante mencionar que la IA generativa se ha utilizado para segmentar imágenes de microscopía, detectar patrones y generar nuevas imágenes para simular experimentos

y terapias, lo que evita errores de interpretación en campos como la radiología y la resonancia. Por ejemplo, Hu et al. (2024) usan la IA para la evaluación cuantitativa precoz de la enfermedad cerebral de pequeños vasos (ECVB) mediante resonancia magnética (RM) para mejorar el pronóstico de los pacientes.

En el área de la física, la IA generativa se ha usado en el diseño de nuevos materiales con propiedades específicas, tales como alta conductividad, resistencia a altas temperaturas o capacidad de almacenar energía. Además, se han podido predecir las propiedades de nuevos materiales sin necesidad de realizar costosos experimentos, lo que ha facilitado la realización de experimentos en aceleradores de partículas y ha ayudado a comprender mejor las leyes fundamentales de la física (Arias-Rosales y Osorio-Gómez, 2020). Por ejemplo, Kim et al. (2024) reporta el uso en el descubrimiento de nuevos materiales orgánicos para diodos emisores de luz (OLED), mientras que Maji Kim (2018) informa de la creación de nanopartículas recubiertas de AgInS_2 .

En áreas como la química, se han reportado aplicaciones en la generación de catalizadores más eficientes en la fabricación de productos químicos y energía; por ejemplo, Al-Akayleh et al. (2024) reportan el desarrollo de un catalizador bimetálico para la reducción de CO_2 . Además, la IA generativa ha permitido planificar rutas de síntesis eficientes para moléculas complejas, así como identificar su reactividad y estabilidad para determinar si son seguras o no; por ejemplo, se reportan modelos basados en transformadores para predecir rutas retrosintéticas que permiten identificar de manera eficiente posibles rutas de síntesis para moléculas complejas (Schwaller et al., 2020). Para una revisión sobre la aplicación de la IA en este campo, véase a Gricourt et al. (2024).

Existen numerosos campos de aplicación de la IA generativa que abarcan áreas interdisciplinarias, fusionando conocimientos provenientes de diversas ramas del saber. Por ejemplo, en el campo de las ciencias de la tierra, se han generado datos sintéticos de alta calidad con el objetivo de mejorar la precisión de los modelos climáticos utilizados en la actualidad; por ejemplo, Zhenchen et al. (2024) los ha usado para incrementar la resolución de imágenes satelitales. Estos nuevos datos han demostrado ser más fiables y precisos, lo que ha llevado a una notable mejora en la capacidad predictiva de dichos modelos y a una reducción de los márgenes de error asociados. Además, en colaboración con la IA generativa, se han realizado análisis exhaustivos de imágenes satelitales con el objetivo de identificar de forma anticipada posibles transformaciones en el entorno natural, así como supervisar la evolución de eventos catastróficos una vez que estos se materializan. Por ejemplo, Sunwoo, Nguyen, y Jun (2023) ha usado IA para crear productos de escorrentía cuadriculados de alta resolución, esenciales para la modelización hidrológica y la predicción climática.

La IA generativa en la generación de reportes científicos

La reciente irrupción y el desarrollo de la IA generativa han provocado una profunda reconfiguración del panorama de la producción científica a nivel global. Estas innovadoras herramientas, capaces de producir contenido escrito de excelente calidad de forma automatizada, tienen el potencial de transformar radicalmente la manera en que se redactan artículos, libros y capítulos. No obstante, la incorporación de la inteligencia artificial en el desarrollo de investigaciones científicas plantea desafíos significativos para garantizar la autenticidad, la exactitud y la transparencia en la creación de información y conocimiento (Tang et al., 2024).

A pesar de las interrogantes y dudas que puedan surgir, la IA generativa ofrece un potencial inmenso y prometedor para agilizar significativamente la búsqueda de información, generar hipótesis innovadoras y mejorar la comunicación de los hallazgos científicos, abriendo así nuevas y fascinantes fronteras en la exploración y expansión del conocimiento científico. A continuación, se describen brevemente algunas de las IA generativas utilizadas en la generación de reportes científicos, tales como artículos, libros y capítulos, ya que son los productos más comunes (Bozkurt, 2024).

La IA generativa para revisión de literatura

Para la revisión de la literatura científica, lo más importante es tener acceso a los documentos y artículos de investigación ya realizados. Por tal motivo, se sugiere utilizar bases de datos, que muchas veces no son gratuitas, pero afortunadamente existen alternativas gratuitas. Algunas opciones de búsqueda que se recomiendan son las siguientes:

- Google Scholar no es precisamente una IA generativa, sino un buscador de documentos científicos que permite acceder directamente a documentos clasificados como de libre acceso, entre los cuales se pueden encontrar artículos, capítulos de libros, libros y otros. De la misma manera, este buscador tiene acceso gratuito a muchos repositorios institucionales, por lo que permite consultar tesis y proyectos depositados allí. Para acceder a Google Scholar, use el siguiente enlace: <https://scholar.google.com/>
- Lens, anteriormente conocido como Patent Lens, es una herramienta en línea que actúa como un puente entre el mundo académico y el industrial. Es una base de datos gratuita que recopila y conecta millones de patentes con una vasta cantidad de publicaciones académicas, como

artículos, libros y tesis. Su entorno es muy intuitivo y permite búsquedas simples o estructuradas, y actualmente (enero de 2026) dispone de un total de 168,7 millones de registros de patentes y 295,2 millones de trabajos escolares. Sin embargo, debe mencionarse que, en la clasificación de trabajos escolares, se reportan no solo trabajos científicos, sino también tesis de todos los niveles académicos si han sido subidas a su repositorio. Los usuarios deben identificar los resultados que indican que son de acceso abierto y acceder al documento completo. Además, esta base de datos permite realizar filtros en las búsquedas, enfocándose, por ejemplo, en el tipo de documento, en un autor en específico o en una institución. De la misma manera, permite identificar los principales autores que estudian una línea de investigación en específico, las instituciones a las que se encuentran adscritos, la cantidad de documentos publicados por año, los países, entre otros. Para acceder a esta base de datos, use el siguiente enlace: <https://www.lens.org/>.

- Dimensions es una base de datos muy similar a Scopus y permite el registro de forma gratuita. Al momento (enero de 2026), cuenta con 159 millones de publicaciones en revistas científicas, 280 millones de citas, 938 mil ensayos clínicos, 170 millones de patentes, 2,5 millones de documentos políticos, 7,9 millones de subvenciones y 42 millones de bases de datos. Permite la búsqueda por título, resumen o DOI de los documentos, y permite usar operadores lógicos. Los resultados de una búsqueda aparecen en tres columnas. En la primera se ilustra una serie de filtros que pueden usarse, tales como años, investigadores, categorías, tipo de publicación, revistas y acceso abierto. La segunda columna indica el total de documentos encontrados, separándolos por publicaciones, bases de datos, subvenciones, patentes, casos clínicos y documentos políticos. Los documentos

pueden ordenarse por nivel de preferencia y mostrar el resumen. Se ilustran el título de los documentos, los autores, el año y la revista en la que fue publicado, las citas recibidas y el PDF asociado, y se permite añadirlo a las librerías. La tercera columna muestra un desglose de los filtros que aparecen en la primera columna; por ejemplo, se grafica la tendencia de las publicaciones, se indican en la gráfica de barras los principales autores y revistas. De manera personal, recomiendo esta opción por ser gratuita y como alternativa a Scopus, una base de datos de pago. Para acceder a esta base de datos, use el siguiente enlace: <https://www.dimensions.ai/>

- Semantic Scholar tiene acceso a más de 232 millones de documentos de todos los campos de la ciencia (enero de 2026). Preferentemente, deben ingresar con un perfil para guardar las búsquedas realizadas, que pueden ser para trabajos o tópicos específicos, o para buscar el perfil de un autor si se conoce su nombre, entre otros. Al hacer una búsqueda, recuerde que puede ingresar operadores lógicos. Los resultados obtenidos pueden ordenarse por el campo de estudio para enfocarse únicamente en algo muy específico; por un rango de fechas, si se desea conocer solamente documentos recientes o muy antiguos; por autores; y por si se trata de artículos publicados en revistas o en conferencias. Lo que Semantic Scholar reporta es el nombre del documento, los autores, la revista o conferencia en la que fue publicado y la fecha en que fue puesto en línea. Además, ofrece un breve resumen del documento, la cantidad de citas que ha recibido, si tiene un PDF asociado y, finalmente, permite exportar la referencia en formatos BibTex y EndNote para que sea leída por gestores de referencias. Para acceder a la plataforma, use el siguiente enlace: <https://www.semanticscholar.org/>.

- Research Rabbit es otra herramienta en línea diseñada para explorar y organizar la literatura académica de forma gratuita. Permite generar mapas personalizados para analizar el impacto de los artículos, sus autores y tópicos específicos, y todo ello de manera muy intuitiva. Esta plataforma utiliza algoritmos inteligentes para recomendar artículos relevantes sobre un tópico, autores influyentes y nuevas tendencias en un campo de estudio específico. Esta plataforma trabaja con colecciones a las que se les pueden agregar diferentes artículos, que se pueden compartir con un grupo de investigación cuando se realiza investigación colaborativa. Además, tiene una conexión directa con el gestor de referencia Zotero. La información que se proporciona para cada artículo incluye los autores, el título del artículo, el año, la revista de publicación y el número de citas recibidas. De la misma manera, permite observar los trabajos similares a los que se tienen en esa colección, los que se encuentran en prensa, los autores de los documentos en esa categoría y algunos otros autores que se recomienda investigar por tópicos afines o similares. La colección de artículos puede exportarse en formato BibTex, RIS o CVS para ser leída por algún gestor de referencias. Las colecciones pueden ser públicas o privadas; permiten compartir un enlace con otros colaboradores y recibir notificaciones cuando alguno de ellos haga alguna modificación. Sin embargo, lo mejor de esta plataforma es que permite analizar todos los documentos de la categoría y generar un mapa que muestra sus relaciones con otros, lo que permite ver cómo se han realizado las citas entre los autores de un mismo tópico. Para acceder a esta herramienta, use el siguiente enlace: <https://researchrabbitapp.com/home>.
- Consensus es una plataforma que permite formular preguntas que relacionen dos variables de investigación

o más, tiene la opción de sintetizar la información y tiene integrada la IA Copilot y todos sus beneficios. A esta fecha (enero de 2026) cuenta con más de 200 millones de documentos científicos. Además, permite usar filtros en los que se pueden seleccionar solamente ciertos años para la búsqueda, que los documentos tengan al menos cierta cantidad de citas, que se refieran a un cierto tipo de estudio, a una revista en específico, a áreas de la ciencia o a países. Los resultados de una pregunta arrojan un resumen de la pregunta realizada, basado en el análisis de 10 o 50 artículos en su versión de pago. De los artículos reportados, incluye en el informe el título del documento, una breve descripción del contenido, la revista donde fue publicado, el año de su publicación, los autores, el número de citas y el tipo de estudio. En su versión de pago incluye una sección llamada “Study Snapshot”, donde se extraen los principales atributos del estudio (p. Ej.: población de estudio, tamaño de la muestra, lugar donde se realizó el estudio, tipo de estudio, entre otros. Además, permite grabar las búsquedas, citar el documento o compartirlo con colegas; sin embargo, lo más importante es el resumen que genera en relación con el consenso alcanzado respecto de la pregunta realizada, ya que indica qué estudios han reportado que existe una relación entre variables y cuáles no. Para acceder a esta IA, use el siguiente enlace: <https://consensus.app/search/>.

- Elicit es una de las IA más completas por la cantidad de información que proporciona. A la fecha (enero de 2026) cuenta con alrededor de 138 millones de documentos científicos y 545 mil estudios clínicos controlados. En su interfaz, admite que se le realice una pregunta de investigación sobre cualquier tópico, permite extraer datos de los archivos PDF al subirlos a la plataforma y permite interactuar con ellos. De la misma manera, permite

identificar conceptos que pueden buscarse en los artículos de una búsqueda, lo que permite contar con referencias sólidas. En su versión gratuita, los resultados de una búsqueda son un resumen basado en 4 artículos en los que se pueden observar el nombre del documento, los autores, el año de publicación, las citas recibidas y el DOI del mismo. Es importante mencionar que el DOI se copia y que la búsqueda debe realizarse en un buscador externo a la página de Elicit. Sin embargo, lo más importante es el tipo de información que puede extraerse de los documentos encontrados en la búsqueda, ya que pueden activarse otras columnas relacionadas con los principales hallazgos, la metodología usada, el tipo de intervención, las limitaciones, las preguntas de investigación, las futuras investigaciones, entre otras. En su plan profesional, la aplicación puede utilizarse para realizar revisiones sistemáticas con un gran ahorro de tiempo. Además, permite ordenar la lista de documentos de una búsqueda según su relevancia, antigüedad o citas, lo que permite adecuar los reportes. De la misma manera, permite filtrar los resultados, limitándolos a ciertos años, si tiene un archivo PDF asociado, tipo de estudio o palabras clave. Semejante a Consensus, Elicit permite extraer los principales resultados, el tipo de metodología utilizada, el tamaño de la muestra, las limitaciones, las hipótesis, entre otras características de los documentos encontrados. Así, de manera rápida se puede realizar un análisis de las contribuciones realizadas o en diferentes tópicos. Para acceder a esta IA, use el siguiente enlace: <https://elicit.com/>.

- Litmaps permite, en su interfaz, realizar búsquedas por tópicos específicos y seleccionar un documento de interés. Ese documento seleccionado funciona como semilla y sobre la cual se genera un diagrama que ilustra cómo se relaciona

con otros documentos. Ese documento semilla también puede ser importado si se tiene el PDF, el DOI, el nombre del autor, las palabras clave o el título. La salida de Litmaps es una lista de documentos en los que se ilustran el autor, el año y la revista de publicación, así como el número de referencias y citas que tiene. Sin embargo, lo más interesante es el mapa interactivo que proporciona, ya que permite observar artículos similares usados como referencias y otros que ya lo han citado. Cada trabajo se representa por un círculo acompañado del nombre del primer autor y del año, y al pasar el cursor por encima de ellos, se puede observar el título completo y ver con precisión con qué autores se ha relacionado. Para acceder a esta IA, use el siguiente enlace: <https://app.litmaps.com/>.

- Connected Papers es una plataforma que permite buscar documentos sobre un tema específico y revisar cómo este se relaciona con otros del mismo tema. El documento buscado lo identifica como de origen, y el resto lo agrupa según su grado de similitud con el primero. La interfaz tiene tres columnas: en la primera se ilustra la lista de documentos relacionados con el documento de origen, en la que se ilustran el nombre de este, los nombres de los autores y el año de publicación. En la segunda columna se ilustra el gráfico que muestra la interconexión de los documentos mediante círculos, el nombre del primer autor y el año. Finalmente, en la tercera columna se presentan, además, el resumen del documento, el número de citas recibidas, el DOI y el sitio web donde se localizan los documentos seleccionados en la primera lista. Si el documento está en acceso libre, se observa la pestaña de acceso al PDF. Para acceder a esta IA, use el siguiente enlace: <https://www.connectedpapers.com/>.

- Scispace es muy similar a Elicit, pero con más funciones; por ejemplo, permite interactuar con archivos PDF, realizar revisiones de la literatura, encontrar conceptos, extraer datos de documentos, parafrasear textos, generar citas, detectar textos generados por IA, entre otras. Además, esta IA generativa permite generar librerías con conjuntos de documentos que luego pueden compartirse entre colegas. A la fecha (enero de 2026), esta IA generativa menciona tener acceso a más de 300 millones de documentos y generar más de 2300 estilos de citación. La interfaz es un cuadro de diálogo en el que se deben formular preguntas sobre un tema específico. Lo que Scispace genera es un reporte basado en 5 o 10 documentos y una lista de todos aquellos que considera importantes con base en el tópico buscado, mismos que pueden ser filtrados por: si tienen un PDF asociado, si son de acceso abierto, por años, palabras clave, revistas y tipos de conferencias. Además, pueden ser ordenados por relevancia, por número de citas recibidas o por antigüedad mayor o menor. Inicialmente, se reportan tres columnas: la primera reporta el título del documento y el tipo de publicación, autores, fecha, revista de publicación y DOI, lo cual lo lleva a un enlace externo de la casa editorial. La segunda columna contiene las perspectivas del documento y, en la tercera, una lista de columnas que pueden agregarse, tales como conclusiones, resultados, métodos usados, limitaciones y contribuciones, por mencionar solo algunas. En su plan premium, esta IA generativa permite chatear con documentos en PDF, expandir los párrafos con sugerencias y realizar paráfrasis de los textos para mejorar la redacción y disminuir la detección de escritura generada por IA. Estas características son vitales para realizar revisiones de literatura, ya que resumen en un cuadro todas las aportaciones y características de los documentos. Para acceder a esta IA, use el siguiente enlace: <https://typeset.io/>.

IA generativa de textos científicos

Otra de las funciones de la IA generativa es la generación de texto para reportes científicos, y muchas inteligencias artificiales han surgido para brindar ese apoyo a los investigadores. Sin embargo, es importante recalcar que ningún texto generado por IA generativa debe considerarse cierto sin una profunda revisión previa de los documentos citados. Además, el copiar y pegar puede ser fácilmente detectado por otras IA. Lo mejor es tomar solamente la idea, y el autor debe articularla, generar su propia historia y plasmarla en un texto propio. Entre las IA más usadas para este fin se encuentran las siguientes:

- Scite es una IA generativa con varias funcionalidades, entre las que destacan el asistente, la búsqueda de citas y la revisión de referencias en un documento. Tiene su propia extensión para Google Chrome y una integración directa con el administrador de referencias Zotero. El asistente permite realizar búsquedas por tópicos especializados y establecer una serie de configuraciones sobre el tipo de documentos que se buscan, el estilo de citación, el rango de años, entre otros. El resultado es un texto generado en el que aparecen las citas en relación con el cuestionamiento realizado, el cual consta de aproximadamente 250 palabras. Las citaciones en el texto son sensibles al cursor y al posarlo por encima de ellas, se genera una ventana emergente con toda la información relacionada con esa referencia. Esas referencias pueden descargarse en varias extensiones para ser analizadas o leídas mediante un gestor de referencias. En el texto generado se puede elegir el estilo de citación que se desee. De la misma manera, en el lado derecho de la página se ilustran los documentos citados en el texto, con el título del documento, los autores, el año y la revista en la que fue publicado. Además, se permite el acceso al texto

completo si se trata de un documento de acceso abierto; se puede agregar el documento PDF a una biblioteca o citarlo de forma individual. Sin embargo, como en otras plataformas, la información que esta IA generativa toma de los manuscritos no proviene necesariamente de los resultados de los artículos, sino de otras secciones, por lo que siempre es necesario revisar el texto completo de las citas. Para acceder a esta inteligencia artificial, puse el siguiente enlace: <https://scite.ai>.

- Aithor es una plataforma de IA generativa que genera un documento completo en 6 pasos. El primer paso consiste en preguntar por un título tentativo para ese documento, y es posible que la IA sugiera algunos cambios. En el paso 2 se pregunta por el tamaño del documento, que puede tener hasta 25 páginas o equivalente a aproximadamente 15.000 palabras. Es importante destacar que gran parte de ese texto generado puede resultar redundante. En el tercer paso se solicita el tono de voz que debe dársele al documento, el cual puede ser formal, informativo, objetivo, analítico, persuasivo, narrativo, descriptivo o informal, según los lectores a los que vaya dirigido. En el cuarto paso se indica el estilo de referencias que deben ser agregados y aquí, esta inteligencia se basa solamente en aquellas más comunes, tales como APA, IEEE, MLA, Chicago, Vancouver y Harvard. En el quinto paso se genera una tabla de contenidos o índice que debe revisarse para elaborar, en la sexta etapa, todo el documento. Es importante mencionar que esta sexta etapa puede llevar algunos minutos y puede verse en la parte superior del documento cómo se va ejecutando o desarrollando el progreso de esta. Además de generar texto nuevo, esta IA generativa permite refinar el texto previo y, según se indica en dicha aplicación, modificarlo para que resulte indetectable como contenido generado por IA. El

documento generado se puede exportar después a un editor de textos como Word para darle un toque final, buscando reeditar todos y cada uno de los párrafos, porque, de lo contrario, al ser revisado por un detector profesional de IA, el usuario podría ser sorprendido y el texto ser acusado de fraude. Para acceder a esta IA, use el siguiente enlace: <https://aithor.com/>.

- Jenni es otra IA generativa que genera texto y trabaja a partir de documentos científicos. Presenta una interfaz de tres columnas. En la primera columna se incluyen los documentos que se han ido generando, pudiendo incluir hasta 15 en su versión de paga. También aparecen tutoriales, una ventana de ayuda y un enlace a algunos atajos. Desde esta columna se puede crear un nuevo documento y, al hacerlo, se abre una ventana emergente que solicita un prompt para realizar el trabajo. Es importante observar la parte inferior de esa ventana emergente, ya que indica si Jenni ha entendido lo que quiere hacer el investigador, indicando si el prompt es débil, regular o fuerte. Aquí se tiene la opción de que Jenni proponga encabezados y genere una estructura para el manuscrito, la cual puede ser creativa o estándar. Se recomienda que permitan un sistema estándar, ya que es la estructura que más se asemeja a un artículo científico y genera secciones como introducción, metodología, resultados, discusión y conclusiones. Para generar texto, debe colocarse el cursor en la parte inferior del encabezado de la sección o subsección, y cada párrafo generado debe aceptarse para continuar con otro. Es decir, Jenni es una IA generativa que requiere interacción constante con el investigador, a diferencia de Aithor, que genera todo el texto al recibir instrucciones. Esto es de vital importancia, ya que permite generar textos más detallados y darles secuencia a los párrafos. Al seleccionar un texto generado en Jenni, se

pueden ingresar citas y aplicar comandos, como mejorar la fluidez del documento, parafrasear, simplificar, extender el párrafo, traducir, entre otros. En relación con las citas, se pueden obtener de dos fuentes: externas, que se refieren a que Jenni busca la cita más relacionada, o de la biblioteca, donde se pueden almacenar documentos en PDF; así, Jenni buscará la fuente más adecuada. Finalmente, es importante mencionar que todas las referencias insertadas en el texto aparecerán en la parte inferior del documento, en el estilo que el usuario elija, que puede ser APA, MLA 9, Harvard, IEEE o Chicago. También debe mencionarse que Jenni, en su versión de paga, es una plataforma que permite generar texto en 29 idiomas. Para acceder a ella, use el siguiente enlace: <https://app.jenni.ai/>.

La IA generativa para editar textos científicos

Una vez realizada la revisión de la literatura y creado un documento completo, es procedente revisarlo desde un punto de vista gramatical y con la estructura de un documento científico. Para dar soporte a los investigadores en este aspecto, también existen IA que proponen mejoras en los documentos. Aquí se describen dos de las más importantes.

- Grammarly es una plataforma que ayuda a corregir errores ortográficos y gramaticales en el idioma inglés. Siempre es propositiva y depende del usuario aceptar o rechazar una propuesta. En términos generales, esta plataforma ayuda a corregir los errores gramaticales que puedan encontrarse, relacionados con puntuación, estilo y tono; además, detecta plagio utilizando la plataforma Turnitin. Una de las ventajas de Grammarly es que cuenta con un complemento que puede añadirse al editor de Word de Microsoft office, por lo que el investigador puede realizar mejoras directas en el documento mientras se está trabajando. Esta

opción es muy importante cuando se tienen documentos excesivamente grandes, ya que la versión en línea permite subir únicamente documentos de hasta 4 megabytes, lo que puede ser una limitación. Sin embargo, conviene señalar que la versión en línea ofrece muchas más funciones que el complemento que se integra a Word. En la versión en línea, cuando se sube un documento en Word, se proponen sugerencias de corrección, claridad, involucramiento y entrega, las cuales se muestran con diferentes colores y el investigador debe decidir si las acepta o la rechaza. Siempre en la parte superior se indica el número de sugerencias para el documento y un índice globalizado para el mismo, el cual debe buscarse siempre que sea lo más cercano al 100%. A medida que se van corrigiendo y realizando los ajustes sugeridos, ese índice va incrementándose. Al terminar la revisión, el documento completo puede descargarse en formato de Word, donde podrá dársele una edición final. Para ingresar a esta aplicación en línea, use el siguiente enlace: <https://app.grammarly.com/>.

- Open Paperpal es un complemento que se añade a Word, aunque también tiene su versión en línea. Tradicionalmente, el uso que se le da a esa plataforma o complemento es para editar un documento ya finalizado, sin embargo, también permite reescribir párrafos con el apoyo de la IA, parafrasear ciertos contenidos, traducir aproximadamente en 17 idiomas; además, tiene integradas algunas plantillas que son usadas por algunas revistas. Al abrir un documento y activar el complemento de Open Paperpal, la IA efectúa una búsqueda de las sugerencias que puede realizar y que el investigador puede aceptar o rechazar de manera parcial o todas en su conjunto. La información que proporciona inicialmente es la cantidad de palabras que sugiere revisar, mismas que van disminuyendo a medida que se van

atendiendo. Al comparar Grammarly con Open Paperpal, considero que la primera tiene un enfoque muy genérico, aunque el tono académico forma parte de ella; sin embargo, la segunda es una inteligencia muy enfocada a la redacción de artículos científicos, sugiriendo siempre un lenguaje netamente académico. Para acceder a esta inteligencia artificial, use el siguiente enlace: <https://paperpal.com/>.

El futuro de las plataformas con IA generativa

No hay duda de que las plataformas con IA generativa están revolucionando la escritura académica y la forma en que se realiza la investigación científica, ya que ofrecen numerosas facilidades que incrementan la eficiencia y la productividad de los investigadores. También es verdad que existen muchos desafíos, que, desde un punto de vista académico y administrativo, deben legislarse y administrarse. Las inteligencias artificiales han llegado para quedarse, y es mejor que aprendamos a usarlas y manejarlas para obtener el mejor beneficio de ellas de manera ética y profesional.

Esta colaboración entre humano y máquina se verá altamente incrementada en el futuro entre los investigadores que buscan de manera rápida y eficiente generar nuevas teorías, hipótesis y proponer soluciones a problemas actuales. Así, se espera que con la IA generativa surjan nuevas disciplinas de investigación que anteriormente no podían ser analizadas o profundizadas por la incapacidad de analizar grandes bases de datos, por limitaciones computacionales y por no entender las interacciones entre diferentes disciplinas. Interacciones que se comienzan a observar gracias a la IA generativa. En este sentido, se están creando nuevas áreas de estudio, como son la ciencia de los datos, la bioinformática, la neuroinformática, la ciencia de los materiales computacionales, ingeniería de sistemas complejos y sin duda, la ética de la IA. Todo lo anterior se puede resumir en

que en corto tiempo se tendrá un mayor progreso científico, que la capacidad de generar nuevo conocimiento se incrementará de manera exponencial y que cada vez más personas tendrán acceso al conocimiento.

Hay que mencionar que también en el corto tiempo veremos legislaciones relacionadas con el uso de la IA generativa. Estas legislaciones irán encaminadas a hacer un uso ético de la IA generativa; en nuestro caso, en la investigación científica y que no reduzca las capacidades creativas de los investigadores.

Conclusiones

La IA generativa ha sido aplicada en varios campos de la investigación científica, facilitando a los investigadores tener mayor productividad y eficiencia debido a que ha permitido analizar una mayor cantidad de datos de manera simultánea, analizar modelos complejos y sus interacciones. Además, está siendo ampliamente aceptada en el mundo académico debido a los resultados positivos (p. ej., confiabilidad y ahorro de tiempo) que ha ofrecido, lo cual indica que cada vez más personas e investigadores estarán usándolas. Así, lejos de ver una disminución en el uso de la IA generativa, se espera un incremento. Es de esperarse también un incremento en el número de estas aplicaciones y con funciones mucho más específicas a las que existen actualmente.

Sin embargo, también debe aceptarse que su aplicación en las aulas y en la investigación enfrenta actualmente muchos problemas éticos que aquí se abordan en otros capítulos, por lo que su uso y manejo pueden ser una limitación para generaciones de investigadores de edad avanzada, lo cual no se observa en los jóvenes. Otra limitación que se observa es que las aplicaciones con IA generativa en sus versiones gratuitas están muy limitadas y los altos costos de las versiones de pago las vuelven, a veces,

inaccesibles. En el futuro, eso podría verse como una barrera que diferencie la investigación científica en países de primer y tercer mundo.

Por lo anterior, esperamos que en el futuro se legisle de manera adecuada para lograr aspectos como los siguientes:

- Un uso adecuado y ético de la IA generativa sin que se afecte la productividad y eficiencia de los investigadores.
- Garantizar el acceso de los investigadores a la IA generativa, por medio de convenios entre desarrolladores y centros de investigación.
- Desarrollar estrategias que eviten barreras que distancien la investigación entre países desarrollados y en vías de desarrollo.

Referencias

Ahmad, Md Fauzi, Husin, Noor Athirah Adila, Ahmad, Ahmad Nur Aizat, Abdullah, Huda, Wei, Chan Shiau, & Nawi, Mohd Nasrun Mohd. (2022). Digital Transformation: An Exploring Barriers and Challenges Practice of Artificial Intelligence in Manufacturing Firms in Malaysia. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 29(1), 110-117. doi:10.37934/araset.29.1.110117

Al-Akayleh, Faisal, Agha, Ahmed S. A. Ali, Rahem, Rami A. Abdel, & Al-Remawi, Mayyas. (2024). A mini review on the applications of artificial intelligence (AI) in surface chemistry and catalysis. *Tenside Surfactants Detergents*, 61(4), 285-296. doi:doi:10.1515/tsd-2024-2580

Arias-Rosales, Andrés, & Osorio-Gómez, Gilberto. (2020). Albatros Create: An Interactive and Generative Tool for the Design and 3D Modeling of Wind Turbines With Wavy Leading Edge. *International Journal on Interactive Design and*

- Manufacturing (IJIDeM)*, 14(2), 631-650. doi:10.1007/s12008-020-00655-y
- Awan, Roshanay E., Zainab, Syeda, Yousuf, Fizza J., & Mughal, Sanila. (2024). AI-driven Drug Discovery: Exploring Abaucin as a Promising Treatment Against Multidrug-resistant *Acinetobacter Baumannii*. *Health Science Reports*, 7(6). doi:10.1002/hsr2.2150
- Bozkurt, Aras. (2024). GenAI et al.: Cocreation, Authorship, Ownership, Academic Ethics and Integrity in a Time of Generative AI. *Open Praxis*. doi:10.55982/openpraxis.16.1.654
- Danter, Wayne R., & Spagnoli, Will. (2023). AI-Guided Discovery of Novel SARS-CoV-2 PLpro Inhibitors: Accelerating Antiviral Drug Development in the Fight Against COVID-19. doi:10.1101/2023.04.05.535700
- Gricourt, Guillaume, Meyer, Philippe, Duigou, Thomas, & Faulon, Jean-Loup. (2024). Artificial Intelligence Methods and Models for Retro-Biosynthesis: A Scoping Review. *ACS Synthetic Biology*, 13(8), 2276-2294. doi:10.1021/acssynbio.4c00091
- Hammood, Zuhair. (2023). Artificial Intelligence in Applied Medicine. *Barw Medical Journal*. doi:10.58742/xby1yt29
- Hu, Xiaofei, Liu, Li, Xiong, Ming, & Lu, Jie. (2024). Application of artificial intelligence-based magnetic resonance imaging in diagnosis of cerebral small vessel disease. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 30(7), e14841. doi:10.1111/cns.14841
- Kanont, Kraisila, Pingmuang, Pawarit, Simasathien, Thewawuth, Wisnuwong, Suchaya, Wiwatsiripong, Benz, Poonpirome, Kanitta, . . . Khlaisang, Jintavee. (2024). Generative-Ai, a Learning Assistant? Factors Influencing Higher-Ed Students' Technology Acceptance. *The Electronic Journal of E-Learning*, 22(6), 18-33. doi:10.34190/ejel.22.6.3196

- Kim, Hoilim, Kim, Seran, Yoo, Dongsun, Kim, Gyeounghun, Koh, Eunkyung, Kim, Jihye, ... Baek, Seungin. (2024). A Novel OLED Material Discovery Based on AI Technology. *Sid Symposium Digest of Technical Papers*, 55(1), 1176-1178. doi:10.1002/sdtp.17751
- Levy, S., & Ruohola-Baker, H. . (2023). AI-driven Designed Protein Epigenomics. 1(1), 1-3. doi:10.46439/oncology.1.01
- Lin, Luqi, Cui, Zhengrong, Wang, Sihao, Chen, Yizhi, & Zong, Yanqi. (2024). AI-driven Protein Engineering for DNA Sequence Modification. *Journal of Theory and Practice of Engineering Science*, 4(03), 183-190. doi:10.53469/jtpes.2024.04(03).17
- Liu, Liang, Yang, Kun, Fujii, Hidemichi, & Li, Jun. (2021). Artificial Intelligence and Energy Intensity in China's Industrial Sector: Effect and Transmission Channel. *Economic Analysis and Policy*, 70, 276-293. doi:10.1016/j.eap.2021.03.002
- Liu, Yitong. (2023). Implications of Generative Artificial Intelligence for the Development of the Media Industry. 1(1), 29-36. doi:10.54254//1/2023006
- Maji, Swarup Kumar, & Kim, Dong Ha. (2018). AgInS₂ - Coated Upconversion Nanoparticle as a Photocatalyst for Near-Infrared Light-Activated Photodynamic Therapy of Cancer Cells. *Acs Applied Bio Materials*, 1(5), 1628-1638. doi:10.1021/acsabm.8b00467
- Ming, Yongfan, Wang, Wenkang, Yin, Rui, Zeng, Min, Tang, Li, Tang, Shizhe, & Li, Min. (2023). A review of enzyme design in catalytic stability by artificial intelligence. *Briefings in Bioinformatics*, 24(3). doi:10.1093/bib/bbad065
- Olatunde, T. M., Okwandu, A. C., Akande, D. O., & Sikhakhane, Z. Q. (2024). Reviewing the role of artificial intelligence in energy efficiency optimization. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(4), 1243-1256.

- Orchard, Tim, & Tasiemski, Leszek. (2023). The Rise of Generative AI and Possible Effects on the Economy. *Economics and Business Review*, 9(2). doi:10.18559/ebr.2023.2.732
- Pedró, Francesc. (2020). Applications of Artificial Intelligence to Higher Education: Possibilities, Evidence, and Challenges. *Iul Research*, 1(1), 61-76. doi:10.57568/iulres.v1i1.43
- Schwaller, Philippe, Petraglia, Riccardo, Zullo, Valerio, Nair, Vishnu H., Haeuselmann, Rico Andreas, Pisoni, Riccardo, . . . Laino, Teodoro. (2020). Predicting Retrosynthetic Pathways Using Transformer-Based Models and a Hyper-Graph Exploration Strategy. *Chemical Science*, 11(12), 3316-3325. doi:10.1039/c9sc05704h
- Sunwoo, Woo-Yeon, Nguyen, Hoang Hai, & Jun, Kyung-Soo. (2023). Generation of High-Resolution Gridded Runoff Product for the Republic of Korea Sub-Basins From Seasonal Merging of Global Reanalysis Datasets. *Water (Switzerland)*, 15(21), 3741. doi:10.3390/w15213741
- Swindell, Andrew, Greeley, Luke, Farag, Antony, & Verdone, Bailey. (2024). Against Artificial Education: Towards an Ethical Framework for Generative Artificial Intelligence (AI) Use in Education. *Online Learning*, 28(2). doi:10.24059/olj.v28i2.4438
- Tang, Arthur, Li, Kin-Kit, Kwok, Kin On, Cao, Liujiao, Luong, Stanley, & Tam, Wilson. (2024). The importance of transparency: Declaring the use of generative artificial intelligence (AI) in academic writing. *Journal of Nursing Scholarship*, 56(2), 314-318. doi:10.1111/jnu.12938
- Vafadar, M., Moradi Amani, A. (2024). Academic Education in the Era of Generative Artificial Intelligence. *Journal of Electronics and Electrical Engineering*, 3, 117-133. <https://doi.org/10.37256/jeee.3120244010>
- Xie, Haoxuan. (2024). Comparison of Latest 3D Content Generation Models With Minimal Input Images. *Highlights*

in Science Engineering and Technology, 94, 39-47. doi:10.54097/w5m3fx19

Yin, Jian, Yu, Jia, Cui, Wenjin, Lei, Junkun, Chen, Wenhua, Satz, Alexander L., . . . Kuai, Letian. (2021). Assessment of AI-based Protein Structure Prediction for the NLRP3 Target. doi:10.1101/2021.11.05.467381

Zhenchen, Wang, Barbara, Draghi, Ylenia, Rotalinti, Darren, Lunn, & Puja, Myles. (2024). High-Fidelity Synthetic Data Applications for Data Augmentation. In Domínguez-Morales Manuel, Civit-Masot Javier, Muñoz-Saavedra Luis, & Damaševičius Robertas (Eds.), *Deep Learning* (pp. Ch. 7). Rijeka: IntechOpen.



5.

La IA generativa como herramienta de experimentación científica

Dr. Francisco Javier Olivas-Aguirre
Dr. Miguel Ángel Olivas-Aguirre
Dr. Marco Antonio Hernández-Lepe

Resumen

Desde sus inicios, en la década de 1950, los modelos computacionales con IA han evolucionado enormemente, alcanzando complejos refinamientos y grandes capacidades que le permiten procesar y generar información coherente y relevante. Su implementación en la ciencia facilita la búsqueda y síntesis de información, optimizando la revisión de literatura, la identificación de patrones y la generación de nuevas hipótesis. Este capítulo se centra en el papel transformador de los modelos de lenguaje en la investigación científica, apoyando el acceso y análisis de datos, la asistencia en redacción, la traducción de textos, la programación, entre otros beneficios. Estos avances no solo mejoran la eficiencia en la investigación, sino que también fomentan la colaboración interdisciplinaria. Sin embargo, la IA generativa es susceptible a la propagación de sesgos, por lo que es necesaria la supervisión humana constante para garantizar la veracidad de la información.

Introducción a los modelos de lenguaje en la ciencia

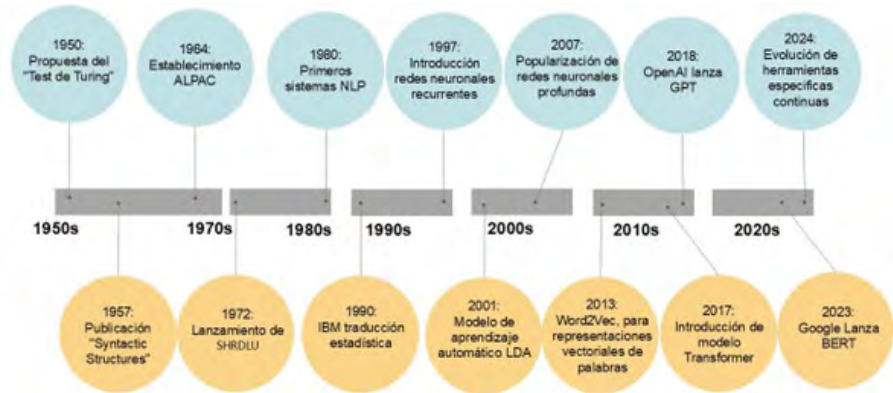
Breve historia y evolución de los modelos de lenguaje

Los modelos de lenguaje son herramientas digitales diseñadas para procesar y generar información de manera coherente y adecuada. Estos modelos son el resultado de un entrenamiento exhaustivo de la IA con grandes volúmenes de datos, lo que les permite ‘aprender’ tareas clave como la comprensión del significado de las palabras, la identificación de relaciones entre ellas y el reconocimiento de patrones sintácticos y semánticos en una oración. Gracias a estas capacidades, los modelos de lenguaje se han convertido en herramientas efectivas para generar textos, traducir información y responder con precisión y coherencia.

La evolución de los modelos de lenguaje comenzó en la década de 1950, con los primeros intentos de procesamiento del lenguaje natural (PLN) y la formulación de las bases teóricas. Lo anterior, a través de la gramática generativa de Noam Chomsky, que postula un conjunto de reglas y principios universales nativos a la estructura de todas las lenguas humanas. En las décadas siguientes, se desarrollaron sistemas básicos para el procesamiento de texto y se introdujeron modelos estadísticos que mejoraron la eficiencia en el manejo del lenguaje. Estos avances culminaron en la década de 2010 con la llegada de las redes neuronales profundas y de los modelos de aprendizaje automático (también llamados “Transformer”), que transformaron la capacidad de las máquinas para procesar y comprender el lenguaje humano de manera eficaz. En la última década, los modelos de lenguaje han alcanzado un nivel de sofisticación sin precedentes, destacándose arquitecturas como el Transformador Generativo Preentrenado (GPT, por sus siglas en inglés) y las Representaciones de Codificadores Bidireccionales basadas en Transformadores (BERT, por sus siglas en inglés), las cuales han

redefinido los patrones en la generación y comprensión del texto (Young et al., 2017).

Figura 1
Línea de eventos en la evolución de los modelos de lenguaje.



Fuente: Elaboración propia, enero (2026)

La introducción de estas herramientas ha conducido a una integración masiva de estas tecnologías en diversas aplicaciones, comenzando en los ámbitos comercial y de consumo, y marcando una etapa significativa en la gestión de la información en la era moderna. Actualmente, se anticipa que estos modelos sigan evolucionando, ampliando sus capacidades para analizar, sintetizar y acceder a grandes volúmenes de datos en múltiples disciplinas, como la ciencia, y continuar con la transformación radical de la manera en que interactuamos con la información.

Importancia de los modelos de lenguaje en el contexto actual de la ciencia

Los modelos de lenguaje son fundamentales en el ámbito científico, ya que facilitan el análisis y la síntesis de grandes volúmenes de datos textuales, acelerando la búsqueda de información relevante, la identificación de patrones en la literatura científica, y la generación de nuevas hipótesis. Estos modelos no solo

mejoran el acceso al conocimiento al automatizar procesos como la revisión y el resumen de artículos, sino que también impulsan la colaboración interdisciplinaria, lo que vuelve más eficiente la comunicación y la interpretación de los hallazgos científicos. Su integración en la investigación moderna representa un avance notable en la gestión y el uso del conocimiento científico. A continuación, se presentan algunas áreas de oportunidad:

Tabla 1
Áreas de oportunidad de los modelos de lenguaje en la investigación científica

Área de Impacto	Descripción
Acceso y análisis de información	Permite acceder y analizar literatura científica. Adicionalmente, es posible obtener explicaciones puntuales basándose en información relevante.
Asistencia en la redacción científica	Apoyo en la forma y estilo de redacción, pero también en la claridad, cohesión y precisión del texto.
Traducción de textos científicos	Facilita la traducción precisa de documentos científicos, indirectamente favorece el acceso a los tópicos.
Análisis de datos	Apoyo en la generación de interpretaciones complejas de datos cualitativos y cuantitativos como entrevistas, sentimientos y o grandes conjuntos de datos.
Desarrollo de nuevas hipótesis	Identifican conexiones entre declaraciones y es posible sugerir nuevas perspectivas de investigación.
Automatización de procesos administrativos	Soporte en procesos administrativos como la revisión ortográfica o gestión de referencias.

Fuente: Elaboración propia.

Exploración de grandes bases de datos científicos

Tradicionalmente, las tareas fundamentales en la investigación científica, como la revisión de la literatura, la identificación de patrones y la toma de decisiones basadas en evidencia, se realizaban mediante procesos manuales que dependían en gran medida del esfuerzo individual de los investigadores. La revisión

de artículos científicos implicaba un análisis detallado y exigente en términos de tiempo, conocimiento del tema y capacidad para identificar patrones y tendencias en un área específica, y estaba limitada por la cantidad de información que una persona podía procesar. Por si esto fuera poco, el acceso al conocimiento científico estaba restringido debido a la complejidad del lenguaje técnico y las barreras lingüísticas, mismas que dificultaban la colaboración entre disciplinas y la disseminación del conocimiento. Así, la toma de decisiones basada en evidencia era susceptible a sesgos derivados de la accesibilidad, la comprensión y la interpretación manuales de estudios dispersos, así como de la experiencia particular de los investigadores.

Con la incorporación de los modelos de lenguaje modernos, estas actividades han experimentado una evolución significativa, en gran parte asociada a la automatización y a las capacidades de análisis avanzadas de la inteligencia artificial. Hoy en día los modelos de lenguaje permiten realizar revisiones y síntesis de grandes volúmenes de literatura de manera rápida y eficiente. Además, el acceso al conocimiento científico se potencia, pues la traducción y la simplificación del lenguaje técnico facilitan la comprensión para un público más amplio, incluyendo la interdisciplinariedad. Así, para la toma de decisiones, estos modelos ofrecen análisis objetivos y reducen el sesgo, mejorando la calidad y la precisión de las conclusiones.

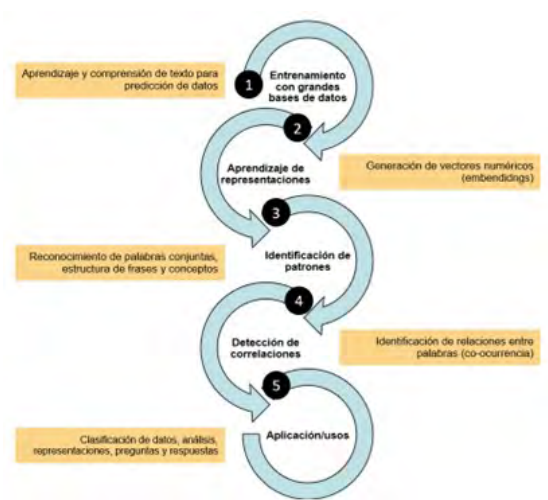
A continuación, se presentan algunos ejemplos específicos de cómo los modelos de lenguaje pueden optimizar el aprendizaje en bases de datos científicas:

Búsqueda semántica optimizada. En la actualidad, es común que estudiantes e investigadores realicen búsquedas en bases de datos científicas utilizando palabras clave o descriptores específicos, los cuales se organizan y gestionan mediante tesauros como el Medical Subject Headings (MeSH). Estos tesauros proporcionan

un vocabulario controlado que estandariza la terminología empleada en la indexación y recuperación de información, garantizando así la coherencia y precisión en la búsqueda de literatura científica. No obstante, esta metodología, aunque eficaz, presenta la limitación de requerir que el usuario conozca los términos exactos o los sinónimos controlados adecuados para acceder a los resultados más pertinentes, lo que puede restringir el alcance de la búsqueda.

Con la evolución de la tecnología, los modelos de lenguaje han introducido una nueva dimensión en las búsquedas, permitiendo la exploración semántica del conocimiento. A diferencia de las búsquedas tradicionales que dependen de la coincidencia exacta de términos, los modelos como Scientific Bidirectional Encoder Representations from Transformers (SciBERT, por sus siglas en inglés) son entrenados para analizar semántica y sintácticamente oraciones de textos científicos para facilitar el conocimiento (Beltagy y Cohan, 2019). El diagrama general del proceso se presenta en la Figura 2.

Figura 2
Proceso general del desarrollo y operación de modelos de lenguaje.



Fuente: Elaboración propia, enero (2026)

En primer lugar, estos modelos se entrenan con vastas cantidades de texto, lo que les permite desarrollar un conocimiento amplio del lenguaje en diversos contextos. Durante el entrenamiento, el modelo traduce las palabras en vectores numéricos llamados embeddings, que no solo reflejan el significado de las palabras, sino también las relaciones contextuales entre ellas. A medida que el modelo se familiariza con el lenguaje, comienza a reconocer patrones, como la coocurrencia de palabras y las estructuras gramaticales. Además, el modelo es capaz de identificar correlaciones complejas, es decir, relaciones entre conceptos que se presentan en contextos similares. Estos conocimientos se aplican posteriormente en tareas como la clasificación de textos, el análisis de información, la definición de conceptos, la generación de representaciones, etc.

De esta manera, la búsqueda tradicional de “nuevas terapias para la ansiedad” implicaría buscar coincidencias exactas para palabras clave como “New therapies YAnxiety”. Sin embargo, los modelos de lenguaje pueden identificar terminología relacionada e interpretar “nuevas terapias” como “intervenciones innovadoras” o “estrategias de tratamiento avanzadas”, ofreciendo así resultados más pertinentes y contextualizados para el investigador.

Generación de resúmenes. Los modelos de lenguaje han demostrado ser herramientas valiosas para la generación automatizada de resúmenes de artículos científicos, lo que facilita a los usuarios cribar rápidamente investigaciones relevantes o establecer un contexto completo. Hipotéticamente, un investigador que cuenta con una lista de 100 artículos potencialmente pertinentes para su tópico puede apoyarse en ella para generar resúmenes significativos. Este apoyo optimiza el proceso de revisión de la literatura, permitiendo al investigador aprovechar mejor su tiempo y concentrar su atención en los trabajos de mayor importancia, sin necesidad de leer cada

artículo en su totalidad. Los mecanismos y algoritmos detrás de la síntesis de información son complejos, pero, de manera general, involucran las siguientes estrategias (Vaswani, 2017).

Tabla 2
Mecanismos y algoritmos empleados por los modelos de lenguaje para la síntesis automática de información.

Mecanismo/Algoritmo	Descripción
1. Transformers y atención	Utilizan un mecanismo de atención que permite a los modelos enfocarse en las partes relevantes del texto para comprender y resumir la información de manera más efectiva.
2. Codificación y decodificación.	Los modelos convierten el texto en vectores numéricos (codificación) y luego generan nuevo texto (decodificación), como resúmenes o respuestas, basados en esos vectores.
3. Preentrenamiento y ajuste fino	El modelo se entrena inicialmente con grandes cantidades de datos para aprender el lenguaje (preentrenamiento) y luego se ajusta para tareas específicas, como resumir textos.
4. Comprensión del contexto	Modelos bidireccionales como <i>BERT</i> leen el texto en ambas direcciones para captar mejor el contexto, mientras que modelos unidireccionales como <i>GPT</i> generan texto secuencialmente.
5. Predicción de palabras	Algunos modelos enmascaran palabras y predicen su contenido para entender mejor las relaciones entre ellas; otros predicen la siguiente palabra para crear texto coherente.
6. Decodificación inteligente	Utilizan algoritmos como <i>Búsqueda de Haz</i> para elegir la mejor continuación del texto y muestreo de opciones para generar resúmenes variados y naturales.
7. Redes neuronales profundas	Las redes con millones de “neuronas” digitales permiten a los modelos aprender patrones complejos del lenguaje, esenciales para la síntesis de información efectiva.

Fuente: Elaboración propia, enero (2026)

Los resúmenes generados por modelos de lenguaje ofrecen ventajas significativas en comparación con los realizados por humanos, especialmente en términos de velocidad y eficiencia. Hoy en día, con IA, se pueden procesar y sintetizar grandes volúmenes de texto en cuestión de segundos, lo cual resulta invaluable cuando se necesita revisar una gran cantidad de documentos en poco tiempo. Además, estos resúmenes tienden a ser consistentes en formato y estilo, ya que no están sujetos a las variaciones que pueden introducir los resúmenes generados por humanos debido a diferencias en la interpretación o el estado emocional. Además de ello, la IA puede acceder e integrar rápidamente información de múltiples fuentes, proporcionando una visión más amplia y objetiva del contenido. Finalmente, la imparcialidad es un punto fuerte de la IA, ya que sus resúmenes están libres de los sesgos personales que los humanos pueden introducir, ofreciendo una visión más neutra y equilibrada de la información. En contrapartida, las desventajas de los resúmenes generados por IA son considerables. Uno de los principales problemas es la falta de comprensión profunda y la dificultad para captar las sutilezas y los significados implícitos de textos complejos. Esto puede llevar a que los resúmenes carezcan de la precisión y el contexto que los humanos pueden aportar. Además, la IA puede generar textos que, aunque consistentes, no siempre son coherentes o apropiados, e incluso pueden incluir información innecesaria o no captar del todo el propósito del resumen. Otra limitación es la falta de creatividad y de juicio crítico: la IA no puede priorizar ni interpretar la información de manera innovadora, como lo haría un humano con experiencia en el tema. Finalmente, la IA puede cometer errores contextuales, especialmente al no captar la ironía, el sarcasmo o las referencias culturales, lo que puede llevar a malentendidos o a resúmenes que no reflejan fielmente el contenido original. Algunos aspectos de las complicaciones en el entrenamiento o en el abastecimiento de información y de la mala práctica de IA se discuten en el apartado de retos y consideraciones éticas.

Extracción de entidades. La extracción de entidades es un proceso que permite identificar y clasificar automáticamente palabras o frases dentro de un texto, asignándolas a categorías específicas como población, materiales, genes, enfermedades o compuestos químicos. Este proceso es esencial en el ámbito científico, ya que organiza grandes volúmenes de información textual, lo cual resulta especialmente útil en revisiones sistemáticas, donde la estructuración de datos de múltiples estudios es fundamental para identificar patrones y relaciones. Además, la extracción de entidades facilita la interdisciplinariedad al conectar conocimientos de distintas áreas, lo que puede conducir a la formulación de nuevas hipótesis de investigación. Un ejemplo destacado es DisGeNET, una plataforma que recopila datos sobre genes y enfermedades de diversas fuentes. Gracias a la extracción de entidades, DisGeNET permite a los investigadores identificar asociaciones entre genes y enfermedades que podrían explorarse más a fondo, lo que impulsa avances en la biomedicina y el desarrollo de terapias personalizadas (Piñero et al., 2017).

Diversas instancias internacionales, como la National Library of Medicine (NLM) con su herramienta MetaMap, y el National Center for Biotechnology Information (NCBI) con PubTator, han implementado estas avanzadas tecnologías de extracción de entidades para impulsar aplicaciones científicas, facilitando la investigación y el análisis de grandes volúmenes de datos biomédicos.

Similitudes. La adopción de la IA como herramienta esencial para la detección de plagio en documentos es cada vez más común en la comunidad científica; este proceso asegura la integridad y originalidad de los trabajos publicados. La IA facilita la comparación exhaustiva de textos con vastas bases de datos, permitiendo identificar coincidencias y posibles casos de plagio con una precisión inigualable gracias a los algoritmos y métodos previamente discutidos. Herramientas especializadas, como

iThenticate, son ampliamente utilizadas en el ámbito académico para este propósito, aunque existen otras opciones gratuitas para la comunidad científica que ofrecen versiones limitadas, como Quetext, Duplichecker y Plagiarism Checker de Small SEO Tools. Esta especialización proporciona a los investigadores una capa adicional de verificación, contribuyendo a mantener altos estándares éticos en la investigación (Condurache, 2022).

ChatBots. Los chatbots ofrecen múltiples beneficios en la gestión de grandes volúmenes de datos científicos, sobresaliendo en aspectos como la búsqueda rápida y precisa, el acceso multilingüe a la información y la gestión de referencias en múltiples formatos. Al proporcionar una búsqueda eficiente y específica en extensas bases de datos, los chatbots permiten a los investigadores obtener respuestas relevantes de forma rápida, lo que optimiza el tiempo dedicado al análisis y a la interpretación de los datos. Esto, junto con su capacidad para manejar diferentes idiomas, facilita el acceso a investigaciones en diversas lenguas. Por si esto fuera poco, los chatbots pueden desempeñar un papel crucial en la gestión de referencias bibliográficas, automatizando y simplificando diversas tareas esenciales. Estos sistemas permiten generar citas automáticamente en el formato adecuado, lo que ahorra tiempo y reduce errores. También pueden verificar la exactitud de las citas en un documento o sugerir publicaciones adicionales basadas en el contenido que se esté desarrollando (Kooli, 2023).

Ejemplos de descubrimientos científicos que han surgido de la combinación de datos de distintos campos.

En los últimos años, la IA ha emergido como una herramienta poderosa para unificar distintos campos de la ciencia, facilitando la generación de descubrimientos innovadores. Un ejemplo trascendental es la identificación de la Halicina, un nuevo antibiótico descubierto por investigadores del MIT, quienes

utilizaron IA para integrar conocimientos de química, biología y farmacología, a fin de identificar una molécula efectiva contra bacterias resistentes a múltiples medicamentos (Valavanidis y Valavanidis, 2020). Por su parte, el esfuerzo conjunto entre Google AI y la NASA empleó técnicas de aprendizaje profundo para analizar datos astronómicos y físicos, lo que permitió el descubrimiento de exoplanetas que habían pasado desapercibidos en análisis humanos previos (Shallue y Vanderburg, 2018). Estos casos ilustran cómo la IA puede interconectar disciplinas diversas e impulsar avances científicos que antes resultaban difíciles de alcanzar mediante métodos tradicionales.

Retos y Consideraciones Éticas.

Los modelos de lenguaje, aunque efectivos en la síntesis de información científica, presentan varios desafíos en términos de precisión y confiabilidad. Entre estos se encuentran la tendencia a reproducir sesgos presentes en los datos de entrenamiento, su limitada comprensión profunda de conceptos científicos, y el riesgo de propagar errores de las fuentes originales. Además, pueden tener dificultades para discernir la calidad de las fuentes y mantenerse actualizados sobre los últimos avances del área. Estos desafíos destacan la importancia de emplear estos modelos como herramientas de apoyo, siempre bajo la supervisión de expertos humanos, para asegurar la precisión y la relevancia de los resultados.

IBM Watson for Oncology es un ejemplo de la necesidad de cautela en el uso de la inteligencia artificial en medicina. Esta herramienta fue diseñada para recomendar tratamientos contra el cáncer; sin embargo, en algunos casos proporcionó sugerencias inadecuadas, lo que generó preocupaciones sobre su precisión y confiabilidad. Esto destaca que la IA debe utilizarse como una herramienta complementaria, siempre bajo la supervisión de médicos que puedan interpretar y contextualizar

sus recomendaciones, asegurando así decisiones seguras y bien fundamentadas (Mujwar y Shah, 2023).

De esta manera, el uso de la IA en la comunidad científica plantea consideraciones éticas cruciales que deben abordarse con cuidado para asegurar interacciones responsables. Es fundamental que los investigadores puedan comprender la información generada, pero también que cuenten con el juicio necesario para justificar, de manera responsable, las recomendaciones generadas por la IA, teniendo en consideración sus posibles implicaciones sociales y éticas.

Simulaciones y modelos virtuales: Usar la IA generativa para crear entornos experimentales, realistas y seguros.

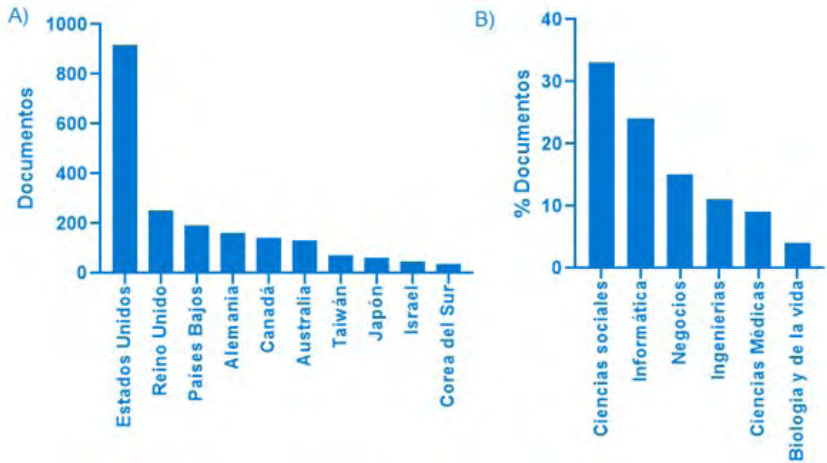
En la actualidad digital, la inteligencia artificial generativa se ha consolidado como una herramienta de gran impacto, con el potencial de transformar profundamente tanto la creación de contenido como la práctica científica y educativa. Al posibilitar la generación de entornos experimentales a la vez realistas y seguros, esta tecnología ofrece una plataforma innovadora para la simulación de escenarios complejos, permitiendo a científicos y educadores realizar exploraciones y experimentos en condiciones que replican fielmente la realidad, pero sin los riesgos y restricciones inherentes al entorno físico. En los siguientes apartados se analiza cómo la inteligencia artificial generativa puede impulsar una transformación en el diseño de entornos experimentales, proporcionando un espacio controlado y adaptable para la investigación científica y la educación, donde la seguridad y la accesibilidad no comprometen la profundidad ni la autenticidad de las experiencias de aprendizaje y descubrimiento.

Tendencia y aplicaciones de la IA generativa en simulaciones y modelos virtuales

Hoy en día, el análisis bibliométrico sobre simulaciones para el aprendizaje revela que Estados Unidos lidera en investigaciones, con el 32.6% de las publicaciones, seguido por el Reino Unido (8.9%), los Países Bajos (6.79%) y Alemania (5.7%). Otros países como Canadá (5.0%), Australia (4.7%), Taiwán, Japón, Israel y Corea del Sur también han hecho importantes contribuciones. Este patrón muestra que las investigaciones sobre simulaciones educativas están dominadas por países angloamericanos y europeos, mientras que las regiones de América Latina, África y algunas áreas de Asia están menos representadas (Hallinger y Wang, 2020). Este aumento del interés por todo tipo de comunidades o profesionistas destaca la búsqueda de estrategias innovadoras para mejorar el aprendizaje en la era moderna.

Las profesiones que muestran un mayor interés en los modelos de aprendizaje basados en simulaciones incluyen las ciencias sociales, ciencias de la computación, negocios, ingenierías, y las ciencias médicas y biológicas. En estas áreas, se han explorado diversas estrategias educativas como las simulaciones realistas, los entornos virtuales inmersivos y los juegos serios, con el objetivo de mejorar la enseñanza y el aprendizaje. Estas herramientas permiten que los estudiantes y profesionales enfrenten situaciones complejas y cercanas a la realidad, lo que facilita la comprensión de conceptos teóricos y su aplicación práctica.

Figura 4
A) Principales países que exploran aprendizajes basados en simulaciones. B) Principales áreas que emplean aprendizajes basados en simulaciones.



Nota. Visualización creada por los autores. Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

Beneficios de la IA generativa en Simulaciones

La inteligencia artificial generativa tiene el potencial de transformar tanto la educación como la investigación, ofreciendo entornos más accesibles, seguros y eficientes para la experimentación y el aprendizaje. Además de los beneficios expuestos en la Tabla 3, el uso de la inteligencia artificial generativa facilita una colaboración remota sin precedentes, permitiendo que investigadores y estudiantes trabajen simultáneamente en entornos virtuales compartidos, superando las limitaciones geográficas y promoviendo la innovación colectiva. Esto habilita la generación de ideas nuevas y la experimentación en campos previamente restringidos por barreras físicas o económicas (Dai y Ke, 2022).

Tabla 3
Beneficios del aprendizaje basado en simulaciones

Beneficio	Descripción
Incremento en la motivación y compromiso	Las simulaciones y juegos interactivos crean un entorno de aprendizaje inmersivo y atractivo, lo que fomenta una mayor participación por parte de los estudiantes.
Provisión de entornos seguros	Permiten la práctica de habilidades y toma de decisiones en situaciones simuladas, sin los riesgos asociados a la práctica en entornos reales, como en la medicina o en la gestión de desastres.
Mejora en la transferencia de conocimientos	Ofrecen un contexto realista y relevante que facilitan la aplicación de los aprendizajes en situaciones reales, lo que contribuye a una mayor retención y transferencia de conocimientos.
Reducción de la sobrecarga cognitiva	Las simulaciones guían el proceso de toma de decisiones de los estudiantes, permitiéndoles enfocarse en los aspectos críticos del aprendizaje sin sentirse abrumados.
Evaluación en tiempo real de habilidades	Permiten la recolección de datos detallados sobre las decisiones y acciones de los estudiantes, lo que posibilita una retroalimentación inmediata y una evaluación precisa de competencias.
Ahorro de recursos	Disminuye la necesidad de utilizar recursos físicos, lo que es especialmente útil en experimentos que requieren materiales costosos o escasos

Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

Simulaciones o entornos virtuales de mayor empleo en la actualidad

El uso de simulaciones y entornos virtuales ha experimentado un crecimiento significativo en distintos sectores; algunas de las áreas en las que su aplicación es más común se esquematizan en la Figura 5.

Figura 5
 Principales herramientas de simulación o generación de entornos virtuales para la educación.



Nota. Visualización creada por los autores. Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

Simulaciones o entornos virtuales médicos. Las simulaciones y entornos virtuales en el ámbito médico abarcan tanto el entrenamiento clínico como la práctica profesional. En el ámbito de la práctica quirúrgica, la IA generativa ha permitido el desarrollo de plataformas como Touch Surgery y Osso VR, que recrean procedimientos quirúrgicos en entornos virtuales detallados. Esto permite a los cirujanos mejorar sus habilidades antes de operar a pacientes, incrementando la precisión y reduciendo los riesgos en el quirófano. En cuanto al diagnóstico clínico, plataformas como Fundamental Surgery y SIMTICS utilizan simulaciones interactivas que reproducen enfermedades complejas, brindando a los profesionales de la salud la oportunidad de practicar el reconocimiento de síntomas y la toma de decisiones en escenarios clínicos simulados. Estas herramientas contribuyen a un diagnóstico más preciso y a una mejor capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.

Otro uso destacado en la supervisión remota y la realidad aumentada, donde plataformas como Proximie permiten a los médicos colaborar a distancia, brindando asistencia y orientación en tiempo real durante procedimientos quirúrgicos. Esto resulta especialmente valioso en áreas con acceso limitado a especialistas, lo que facilita una formación de calidad y apoyo en tiempo real (Truong et al., 2020).

Simulaciones o entornos virtuales en ingeniería y arquitectura. La IA generativa ha transformado los sectores de la ingeniería y la construcción al introducir herramientas innovadoras que incrementan la precisión, la eficiencia y la seguridad a lo largo de todas las fases de un proyecto. En el área del diseño y modelado, plataformas como Autodesk, Revit y Bentley Systems han implementado el Modelado de Información de Construcción (BIM), una tecnología que, apoyada por IA generativa, permite a ingenieros y arquitectos crear modelos tridimensionales detallados de estructuras. Estas herramientas no solo facilitan la visualización del proyecto completo antes de su construcción, sino que también optimizan el uso de materiales y ayudan a evitar errores de diseño que podrían generar retrasos y costos adicionales. En el análisis de rendimiento estructural, simulaciones avanzadas con plataformas como ANSYS y SimScale permiten a los ingenieros predecir el comportamiento de las estructuras ante diversas condiciones de estrés, como sismos, viento o cargas pesadas. La IA generativa permite anticipar estos comportamientos, lo que posibilita ajustes en el diseño que mejoran la resistencia y la seguridad de las construcciones.

La realidad virtual y aumentada ha ganado terreno en la construcción gracias a herramientas como Trimble Connect y Fuzor, que permiten visualizar y colaborar en proyectos en tiempo real. Estos entornos virtuales facilitan la coordinación entre los diferentes actores involucrados, permitiendo identificar

y resolver problemas antes de que afecten el desarrollo de la obra, lo que contribuye a reducir errores y costos.

En cuanto a la planificación logística, plataformas como Alice Technologies emplean IA para simular y optimizar la secuencia de actividades en el sitio de construcción, lo que permite prever desafíos logísticos y mejorar el uso de recursos, disminuyendo el tiempo de ejecución de los proyectos. Además, la capacitación en maquinaria pesada y seguridad se ha beneficiado de simuladores basados en IA, como los de CM Labs Simulations, que permiten a los operadores entrenar en un entorno virtual seguro antes de utilizar equipos en el campo. Estos simuladores también enseñan protocolos de seguridad, lo que reduce riesgos y mejora el rendimiento operativo (Singh et al., 2020).

Simulaciones o entornos virtuales de educación. En el ámbito de los entornos inmersivos de aprendizaje, plataformas como ClassVR y zSpace combinan realidad virtual y aumentada con IA Generativa para crear experiencias educativas tridimensionales. Estas tecnologías permiten a los estudiantes interactuar en entornos virtuales donde pueden explorar fenómenos naturales o históricos, lo que facilita no solo una mayor atención, sino también un refuerzo de la retención del conocimiento. Por ejemplo, los alumnos pueden navegar por el cuerpo humano en una clase de anatomía o realizar viajes virtuales por antiguas civilizaciones, lo que hace que el aprendizaje sea más concreto y memorable.

En el caso de plataformas como Moodle y Blackboard, aunque tradicionalmente se utilizan para la gestión de cursos en línea, han comenzado a incorporar simulaciones colaborativas en las que los estudiantes trabajan en conjunto para resolver problemas complejos. La IA ayuda a personalizar el contenido y las tareas según el avance y las necesidades específicas de cada estudiante,

asegurando que el aprendizaje se ajuste a las habilidades individuales, lo que optimiza el proceso educativo.

Además, en el ámbito de los tutores virtuales y agentes de aprendizaje, plataformas como Squirrel AI y Cognii han desarrollado sistemas que ofrecen tutorías personalizadas basadas en IA. Estos tutores utilizan algoritmos de aprendizaje automático para detectar las dificultades de los estudiantes y ofrecer ejercicios adaptados a sus necesidades, lo que permite un progreso más rápido y eficiente. Este enfoque personalizado facilita un aprendizaje más efectivo y una mayor retención de los contenidos. Por último, en cuanto a las evaluaciones automáticas, herramientas como Pearson's Revel emplean IA para crear evaluaciones adaptativas y proporcionar retroalimentación inmediata basada en el rendimiento del estudiante. Esto no solo ayuda a los docentes a ajustar sus estrategias pedagógicas, sino que también permite a los estudiantes recibir comentarios en tiempo real, fomentando un ciclo de aprendizaje continuo y eficiente (Chen et al., 2020).

Simulaciones o entornos virtuales en química. Proporcionando entornos seguros y accesibles para la realización de experimentos, plataformas como Labster permiten a los estudiantes realizar prácticas de laboratorio virtuales, en las que pueden observar reacciones químicas y manipular sustancias sin los riesgos asociados a un laboratorio físico. ChemCollective Virtual Labs ofrece simulaciones con retroalimentación inmediata, guiando a los estudiantes en la correcta ejecución de experimentos. Otra plataforma, Beyond Labz, reproduce experiencias de laboratorio físico, permitiendo experimentos avanzados como titulaciones y espectroscopía. Por su parte, Molecular Workbench ayuda a visualizar el comportamiento molecular, facilitando la comprensión de procesos complejos a nivel atómico (Baum et al., 2021).

Simulaciones o entornos virtuales en agricultura. Las simulaciones y entornos virtuales basados en IA generativa están desempeñando un papel fundamental en la educación agrícola, ofreciendo herramientas innovadoras que facilitan el aprendizaje práctico y la toma de decisiones informadas. Plataformas como DSSAT y CROPSIM permiten a los estudiantes simular el crecimiento de cultivos en diferentes condiciones de clima y suelo, proporcionando una comprensión más completa de los factores que influyen en la productividad agrícola. Asimismo, FieldView y John Deere Operations Center enseñan sobre agricultura de precisión, optimizando el uso de insumos como agua y fertilizantes. Además, Climate FieldView ayuda a los estudiantes a anticipar el impacto del clima en los cultivos, mientras que Taranis y Skycision ofrecen herramientas para la detección y gestión de plagas y enfermedades mediante imágenes satelitales. Por último, AgriTech Simulator permite a los futuros operadores de maquinaria agrícola adquirir experiencia práctica en un entorno seguro, preparándolos para operar equipos de manera eficiente y responsable en el campo (Ruiz-Real et al., 2020).

Simulaciones o entornos virtuales en negocios o mercadotecnia. En esta área, la IA generativa está transformando el sector de los negocios y la mercadotecnia, ofreciendo herramientas que mejoran la toma de decisiones estratégicas y la eficiencia operativa. Un claro ejemplo de su aplicación es en las simulaciones empresariales. Plataformas como SimulTrain y Capsim permiten a las organizaciones ensayar decisiones clave en áreas como gestión y finanzas, brindando a los líderes la capacidad de prever el impacto de sus estrategias antes de implementarlas en el mundo real. Esto les permite ajustar sus planes y minimizar riesgos en la ejecución.

En el ámbito del marketing digital, herramientas como la Simulación de Marketing de HubSpot y Markstrat emplean inteligencia artificial generativa para simular campañas en redes

sociales y publicidad, permitiendo a los profesionales ajustar sus estrategias en tiempo real. Estas simulaciones contribuyen a optimizar los resultados de las campañas y a maximizar el retorno de la inversión mediante la prueba de diferentes enfoques antes de invertir en acciones específicas. Otra ventaja fundamental es el análisis predictivo de mercado, en el cual plataformas como Tableau e IBM Watson Analytics utilizan inteligencia artificial para analizar grandes conjuntos de datos y anticipar tendencias de consumo. Esta capacidad de predecir comportamientos futuros brinda a las empresas una ventaja competitiva al facilitar ajustes en sus estrategias de negocio en función de los cambios del mercado, lo que en última instancia mejora la toma de decisiones.

En el ámbito de ventas y negociación, herramientas como Rehearsal VRP y Salesforce Sales Cloud permiten a los vendedores practicar técnicas de cierre de ventas en simulaciones realistas. Estas plataformas brindan retroalimentación personalizada, lo que mejora las habilidades de los equipos comerciales y les permite enfrentarse con mayor confianza a las interacciones con clientes reales. Finalmente, en la gestión de crisis y la experiencia del cliente, plataformas como CrisisSim y Qualtrics permiten a las empresas simular situaciones de crisis y mejorar sus interacciones con los consumidores. Estas simulaciones ayudan a prever desafíos y a optimizar la satisfacción del cliente, preparando mejor a las empresas para enfrentar situaciones complejas y mejorar la percepción de su marca (Loureiro et al., 2021).

Simulaciones o entornos virtuales de seguridad y de milicia. Herramientas como VBS (Virtual Battlespace) permiten a las tropas practicar tácticas de combate en escenarios virtuales que simulan situaciones de alto riesgo, mejorando sus habilidades de toma de decisiones en tiempo real. En la aviación militar, plataformas como Pilot Training Next (PTN) y CAE proporcionan simulaciones de vuelo que incluyen condiciones climáticas

complejas y maniobras de aviones enemigos generadas por IA, lo que refuerza las capacidades de los pilotos para responder a situaciones críticas. Adicionalmente, programas como XVR Simulation permiten entrenar a las fuerzas de seguridad en la gestión de crisis, generando escenarios dinámicos, como rescates o enfrentamientos con terroristas, en los que la toma de decisiones rápida es crucial. Por otro lado, Bohemia Interactive Simulations (BISim) facilita el entrenamiento en combate urbano, recreando entornos urbanos detallados que exigen tácticas específicas para proteger a los civiles y neutralizar las amenazas. Finalmente, dispositivos de realidad aumentada como Microsoft HoloLens y el Integrated Visual Augmentation System (IVAS) combinan entornos físicos con elementos virtuales generados por IA, lo que permite a los usuarios visualizar y responder a amenazas en tiempo real durante sus operaciones. Estas plataformas han mejorado significativamente la preparación de las fuerzas de seguridad y militares, brindándoles simulaciones seguras y efectivas que fortalecen tanto sus habilidades tácticas como su capacidad de respuesta ante situaciones críticas (Bistrón y Piotrowski, 2021).

Simulaciones o entornos virtuales, políticos o económicos. Dentro de las más exploradas herramientas de IA generativa se encuentran PoliSim y SimCity EDU las cuales permiten evaluar los impactos de políticas públicas en áreas como salud, empleo y educación, mientras que GAMS y MATLAB simulan el comportamiento de los mercados financieros para prever efectos de políticas fiscales. Además, GTAP y TradeSim se han empleado para analizar el impacto de los tratados comerciales a escala global. Adicionalmente, plataformas como H2O.ai e IBM Watson facilitan el análisis predictivo en elecciones y tendencias políticas, mientras que CrisisSim capacita a los gobiernos para gestionar crisis y diseñar estrategias de respuesta efectivas (Osoba y Davis, 2019).

Eficiencia de simulaciones o entornos virtuales en estudiantes

A pesar de las inquietudes que aún persisten sobre la implementación de la IA generativa en el ámbito educativo, los datos evidencian que su uso aporta beneficios claros en la mejora del aprendizaje. Un estudio reciente demostró que los estudiantes que utilizaron su plataforma adaptativa vieron un aumento del 62% en sus calificaciones en comparación con quienes no la utilizaron. De manera similar, se encontró que los sistemas de tutoría inteligente no solo mejoraron el rendimiento académico en un 30%, sino que también redujeron la ansiedad de los estudiantes en un 20%, lo que evidencia un impacto positivo tanto en los resultados como en el bienestar emocional. Además, casi la mitad de los estudiantes y docentes, 47% y 48% respectivamente, coincidieron en que las tecnologías de IA han mejorado la experiencia educativa, especialmente al personalizar el aprendizaje y ofrecer retroalimentación inmediata. Estos resultados subrayan que, aunque existan reservas iniciales, la IA generativa tiene el potencial de hacer que el aprendizaje sea más eficiente y personalizado, mejorando el rendimiento académico de los estudiantes.

Visualización de conceptos complejos: generar imágenes y animaciones que faciliten la comprensión de fenómenos científicos.

El uso de la IA generativa ha surgido como una herramienta innovadora para representar visualmente fenómenos complejos en campos como la medicina, la física, la biología, la ingeniería y las ciencias ambientales. A través de algoritmos avanzados, es posible generar imágenes y animaciones precisas que permiten observar procesos que, de otro modo, serían difíciles de visualizar o comprender. Hoy en día, fenómenos abstractos como el movimiento de partículas subatómicas o la evolución

de las galaxias pueden representarse con claridad y detalle. Esta capacidad para generar visualizaciones no solo facilita la comprensión de estos fenómenos, sino que también impulsa la investigación y el desarrollo en áreas donde la representación precisa es clave.

Históricamente, la visualización de fenómenos complejos se ha basado en métodos tradicionales, como la creación de gráficos estáticos, modelos físicos o simulaciones computacionales limitadas. Estos enfoques, aunque útiles, presentaban restricciones en cuanto a precisión, detalle y tiempo de producción. Además, a menudo requerían recursos costosos y estaban reservados para especialistas con acceso a infraestructura avanzada. Sin embargo, la era digital, junto con los avances en inteligencia artificial, ha transformado este panorama. Hoy en día, las herramientas basadas en IA permiten no solo emular fenómenos con gran exactitud, sino también hacerlo de manera accesible para una amplia audiencia. Esto ha democratizado el acceso a simulaciones avanzadas, facilitando su uso en la enseñanza y la investigación y mejorando la comprensión de fenómenos complejos en diversas disciplinas.

El propósito de este apartado es explorar cómo las plataformas basadas en IA generativa pueden servir como alternativas valiosas para mejorar tanto la investigación científica como la educación. En el ámbito científico, estas plataformas permiten a los investigadores modelar y analizar fenómenos complejos con mayor rapidez y precisión, contribuyendo al avance del conocimiento. En la educación, ofrecen una oportunidad única para enriquecer el aprendizaje, permitiendo a los estudiantes visualizar conceptos abstractos de manera clara e interactiva. Algunas plataformas serán enunciadas en turno y se espera que el lector adquiera conocimientos clave para mejorar la comprensión, la innovación en la enseñanza y el desarrollo de competencias científicas para sí o para las nuevas generaciones.

Plataformas disponibles para la visualización de conceptos

En la actualidad, aunque existe un sinnúmero de plataformas para la generación de recursos visuales, se estima que entre 7 y 10 son las principales basadas en IA generativa empleadas para la creación de contenido visual en el ámbito científico y educativo. Estas herramientas permiten generar visualizaciones mediante diferentes metodologías, como la creación a partir de texto, los bocetos o la combinación de imágenes preexistentes. A continuación, se describen en detalle estas tres metodologías, con ejemplos de plataformas que implementan cada una.

Plataformas como DALL-E 2, de OpenAI, utilizan modelos de lenguaje entrenados con grandes conjuntos de datos para interpretar el texto introducido y generar imágenes correspondien-

Figura 6

Ejemplo de representación mediante modelos de lenguaje entrenados.



Nota. Visualización creada por IA generativa. Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

tes. Estos modelos analizan el texto para identificar los objetos y sus características y generan una imagen que refleja la descripción. Por ejemplo, si un usuario describe “un ecosistema acuático con arrecifes de coral y peces tropicales”, la plataforma generará una representación visual acorde. Esta funcionalidad es extremadamente útil en contextos educativos, donde se pueden generar ilustraciones personalizadas para explicar conceptos difíciles de manera más visual y accesible (Wu et al., 2023).

Otra metodología comúnmente utilizada por las plataformas de IA generativa es la generación de imágenes detalladas a partir de bocetos o dibujos simples. Herramientas como DeepArt.io y las basadas en redes generativas adversariales (GANs) permiten transformar un boceto básico, que actúa como esquema inicial, en una imagen completa. Este proceso consiste en que la IA interprete las líneas y formas del boceto, añadiendo texturas, colores y detalles que dan como resultado una imagen acabada. Este método es útil en diversos campos, desde el arte hasta la ciencia. Por ejemplo, un investigador puede realizar un boceto simple de una estructura molecular y la IA completará la imagen con detalles precisos para su uso posterior en investigaciones o presentaciones (Mao et al., 2017).

Figura 7
Ejemplo de representación mediante bocetos generados por una IA intuitiva.



Nota. Visualización creada por IA generativa. Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

Por último, muchas plataformas de IA generativa permiten crear imágenes combinando elementos de imágenes preexistentes o mediante técnicas de rotoscopía. Plataformas como Runway ML permiten a los usuarios cargar imágenes existentes y fusionarlas mediante algoritmos que analizan y combinan sus características visuales, como formas y colores. Esto genera nuevas imágenes que integran elementos de las originales. En un contexto educativo, esto podría aplicarse, por ejemplo, para crear una visualización que combine varios procesos biológicos en una única imagen

representativa. El rotoscopiado, por su parte, es una técnica que tradicionalmente se ha utilizado para crear animaciones mediante el trazado de imágenes en movimiento. Con el uso de IA, este proceso se ha automatizado en plataformas como DeepMotion, lo que permite generar animaciones precisas y rápidas a partir de videos preexistentes y constituye una herramienta valiosa para crear simulaciones educativas o científicas (Siarohin et al., 2019).

Tabla 4
Plataformas de uso común para generar visualizaciones de elementos complejos.

Plataforma	Gratuito o de pago	Pros	Descripción
Artbreeder	Gratuito (con opciones de pago)	Aplicaciones de predicción, volúmenes, rostros, etc.	Generador de imágenes que permite combinar imágenes existentes.
Blender - IA	Gratuito	Es posible automatizar modelos	Plataforma de modelado 3D con integración de IA para generar animaciones.
DALL·E 2	De pago (con opciones gratuitas)	Visualizaciones detalladas con base a instrucciones	OpenAI que genera imágenes a partir de descripciones textuales.
DeepArt.io	De pago (con algunas funcionalidades gratuitas)	Capacidad generativa sin requerir formación especializada	Plataforma que utiliza redes neuronales para generar imágenes estilizadas.
Google DeepMind (AlphaFold)	Gratuito (AlphaFold)	Aplicaciones en salud	Desarrollada por DeepMind, predice la estructura de proteínas en 3D.
MidJourney	De pago (con opciones gratuitas)	Calidad artística de visualizaciones	Plataforma de generación artística que crea imágenes a partir de indicaciones textuales.
NVIDIA GauGAN	Gratuito	Interfaz intuitiva	Herramienta que transforma bocetos en imágenes detalladas con IA.

Runway ML	De pago (con opciones gratuitas)	Edición avanzada Colaboración tiempo real	Plataforma que permite generar imágenes y videos basados en modelos de IA.
Synthesia	De pago	Accesibilidad multilingüe Personalización con avatares	Generador de videos animados a partir de texto utilizando IA.
VFX - IA	Varía según la herramienta VFX	Automatización Eficiencia en rotoscopiado Efectos realistas	Efectos visuales generados por IA para crear simulaciones realistas.

Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

De esta manera, estas plataformas de IA generativa brindan múltiples beneficios para la difusión y divulgación científica. Solo para mencionar un ejemplo adicional, plataformas como VideoGen permiten generar videos, tanto cortos como largos, que pueden utilizarse en redes sociales o en formatos más complejos para fines didácticos, y ofrecen soporte en múltiples idiomas. Esto contribuye significativamente al acceso al conocimiento, facilitando la comunicación efectiva de contenidos científicos a audiencias globales de manera visual y accesible.

Figura 8
Ejemplo de contenido audiovisual generado a partir de texto.



Nota. Visualización creada por IA generativa. Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

En conclusión, el impacto transformador de la IA generativa se propone en tres áreas fundamentales del conocimiento científico y educativo: la búsqueda de información, la simulación de entornos virtuales, y la creación de representaciones en pro del aprendizaje, la divulgación y difusión científica. A lo largo de cada sección, se ha demostrado cómo la IA generativa no solo ha optimizado la eficiencia y la precisión en la gestión del conocimiento, sino que también ha permitido explorar nuevas formas de interacción y de representación visual que potencian tanto el aprendizaje como la comunicación de los descubrimientos científicos. Su aplicación en la búsqueda de información, la simulación de entornos virtuales y la divulgación científica no solo está redefiniendo las metodologías tradicionales, sino que también está configurando un nuevo paradigma en la forma en que se genera, comunica y difunde el conocimiento en el siglo XXI.

Referencias

- Baum, Z. J., Yu, X., Ayala, P. Y., Zhao, Y., Watkins, S. P., & Zhou, Q. (2021). Artificial intelligence in chemistry: current trends and future directions. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 61(7), 3197-3212. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c00619>
- Beltagy, I., Lo, K., & Cohan, A. (2019). SciBERT: A pretrained language model for scientific text. *arXiv preprint arXiv:1903.10676*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1903.10676>
- Bistrón, M., & Piotrowski, Z. (2021). Artificial intelligence applications in military systems and their influence on sense of security of citizens. *Electronics*, 10(7), 871. <https://doi.org/10.3390/electronics10070871>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *Ieee Access*, 8, 75264-75278. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2988510

- Condurache, I. A., & Bolboacă, S. D. (2022). Comparison of plagiarism detection performance between some commercial and free software. *Applied Medical Informatics*, 44(2), 73-86. <https://orcid.org/0000-0002-2342-4311>
- Dai, C. P., & Ke, F. (2022). Educational applications of artificial intelligence in simulation-based learning: A systematic mapping review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100087. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100087>
- Devlin J, Chang MW, Lee K, Toutanova K. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. el 10 de octubre de 2018; Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1810.04805>
- Hallinger, P., & Wang, R. (2020). The evolution of simulation-based learning across the disciplines, 1965–2018: A science map of the literature. *Simulation & Gaming*, 51(1), 9-32.
- Kooli, C. (2023). Chatbots in education and research: A critical examination of ethical implications and solutions. *Sustainability*, 15(7), 5614.
- Liu, Y., Ott, M., Goyal, N., Du, J., Joshi, M., Chen, D., ... & Stoyanov, V. (1907). RoBERTa: a robustly optimized BERT pretraining approach. CoRR 2019. *arXiv preprint arXiv:1907.11692*.
- Loureiro, S. M. C., Guerreiro, J., & Tussyadiah, I. (2021). Artificial intelligence in business: State of the art and future research agenda. *Journal of business research*, 129, 911-926.
- Mao, H., Cheung, M., & She, J. (2017, October). Deepart: Learning joint representations of visual arts. In *Proceedings of the 25th ACM international conference on Multimedia* (pp. 1183-1191).
- Mujwar, S. and Shah, K. (2023). Application of Artificial Intelligence in Drug Design and Development. In *Sustainable Approaches in Pharmaceutical Sciences* (eds K. Shah, D.N. Chauhan and N.S. Chauhan). <https://doi.org/10.1002/9781119889878.ch6>

- Osoba, O., & Davis, P. K. (2019). An artificial intelligence/machine learning perspective on social simulation: New data and new challenges. *Social-behavioral modeling for complex systems*, 443-476.
- Piñero J, Bravo Á, Queralt-Rosinach N, Gutiérrez-Sacristán A, Deu-Pons J, Centeno E, et al. (2017). DisGeNET: A comprehensive platform integrating information on human disease-associated genes and variants. *Nucleic Acids Res.* el 1 de enero de 2017;45(D1):D833-9.
- Ruiz-Real, J. L., Uribe-Toril, J., Torres Arriaza, J. A., & de Pablo Valenciano, J. (2020). A look at the past, present and future research trends of artificial intelligence in agriculture. *Agronomy*, 10(11), 1839.
- Shallue, C. J., & Vanderburg, A. (2018). Identifying exoplanets with deep learning: A five-planet resonant chain around kepler-80 and an eighth planet around kepler-90. *The Astronomical Journal*, 155(2), 94. <http://arxiv.org/abs/1712.05044>
- Siarohin, A., Lathuilière, S., Tulyakov, S., Ricci, E., & Sebe, N. (2019). Animating arbitrary objects via deep motion transfer. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 2377-2386). <https://github.com/AliaksandrSiarohin/monkey-net>
- Singh, S. K., Rathore, S., & Park, J. H. (2020). Blockiotintelligence: A blockchain-enabled intelligent IoT architecture with artificial intelligence. *Future Generation Computer Systems*, 110, 721-743.
- Truong, G. V., Prasad, P. W. C., Maag, A., & Bhuiyan, M. (2020). Mobile-Enabled Virtual Reality Visualisation Improves Learning And Training In Health Care. In *2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA)* (pp. 1-9). IEEE.

- Valavanidis A, Valavanidis A. (2020). SCIENTIFIC REVIEWS Artificial Intelligence Application with Machine-learning Algorithm Identified a Powerful Broad-Spectrum Antibiotic. [Internet]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/339999699>
- Vaswani, A. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA.
- VideoGen, 2024. Consultado en línea. Disponible en: <https://app.videogen.io>
- Wu, C., Yin, S., Qi, W., Wang, X., Tang, Z., & Duan, N. (2023). Visual chatgpt: Talking, drawing and editing with visual foundation models. *Computer Science*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.04671>
- Young, T., Hazarika, D., Poria, S., & Cambria, E. (2018). Recent trends in deep learning based natural language processing. *IEEE Computational intelligence magazine*, 13(3), 55-75.; Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1708.02709>



6.

Inteligencia Artificial Generativa como potenciador del aprendizaje personalizado

Dr. Jorge Luis Márquez López
M.C. Edgar Francisco Ordoñez Bencomo
M.R.M. Ramón Anchondo Pérez

Resumen

Este capítulo analiza el rol de la IA generativa en la educación moderna, destacando su capacidad para personalizar el aprendizaje en los siguientes cuatro procesos educativos: Tutores Adaptativos: sistemas que ajustan el ritmo y las estrategias de aprendizaje según las necesidades individuales de los estudiantes y brindan un acompañamiento continuo 24/7. Evaluación Formativa: herramientas como Coursebox y Gradescope optimizan la retroalimentación y diversifican los métodos de evaluación. Aprendizaje Basado en Proyectos: la IA facilita desde la definición de los objetivos hasta la creación de productos multimedia (ej. DALL-E, Synthesia). Aprendizaje Basado en Problemas: generación de escenarios personalizados y soporte en trabajo colaborativo virtual, con la IA simulando soluciones y monitoreando el progreso de los estudiantes en tiempo real. Se concluye que es necesaria una implementación ética y contextualizada de la IA en el aula, apoyada por un docente con formación en aspectos técnicos y pedagógicos, aunque su

implementación exige supervisión constante para evitar la dependencia y garantizar la veracidad.

Introducción

En las últimas décadas, el sector educativo ha experimentado importantes transformaciones debido a la incorporación de tecnologías digitales avanzadas, entre las cuales destaca la IA. Entre sus diversas aplicaciones, la IA generativa ha surgido como una de las herramientas más prometedoras para la personalización del aprendizaje, gracias a su capacidad para crear contenido, adaptarse a las necesidades específicas de los estudiantes y proporcionar retroalimentación en tiempo real. Estas características han consolidado a la IA generativa como un elemento fundamental en las discusiones actuales sobre innovación educativa. El presente capítulo tiene como propósito analizar el potencial de la inteligencia artificial generativa para enriquecer y transformar el aprendizaje personalizado. Metodológicamente, se llevó a cabo una revisión documental de fuentes académicas recientes, complementada con herramientas que ilustran la aplicación de esta tecnología en contextos educativos.

A lo largo del capítulo, se examinan cuatro enfoques pedagógicos en los que esta tecnología tiene un impacto significativo: Tutores adaptativos, evaluación formativa, aprendizaje basado en proyectos y aprendizaje basado en problemas. Cada sección abordará el marco teórico que sustenta estas estrategias, los hallazgos derivados de su aplicación y los principales desafíos y oportunidades que plantea su integración en el aula (Corredera, 2023). Finalmente, se presentarán conclusiones y recomendaciones orientadas a una implementación ética, efectiva y contextualizada de la IA generativa en entornos.

Tutores Adaptativos

El uso de la IA generativa está transformando significativamente la labor docente al ofrecer herramientas que complementan y mejoran la calidad educativa. Estas tecnologías permiten optimizar procesos repetitivos y contribuyen a la personalización de las actividades, fomentando un mayor interés en los estudiantes. En este contexto, la IA generativa tiene el potencial de ajustar con precisión el contenido académico, adaptando tanto el ritmo de enseñanza como las estrategias de aprendizaje a las necesidades individuales de cada alumno (Da Silva et al., 2024).

Además, la IA generativa facilita el diseño de tutores virtuales que pueden brindar un acompañamiento continuo en la realización de actividades académicas. Estos tutores son capaces de ofrecer información adicional y resolver dudas que puedan surgir durante el estudio, lo que enriquece la experiencia educativa. Asimismo, pueden calificar cuestionarios y proporcionar retroalimentación en tiempo real sobre el desempeño de cada estudiante, lo que constituye un apoyo invaluable para los docentes.

Una de las ventajas clave de estos tutores inteligentes es que no necesitan descanso, lo que les permite estar disponibles a cualquier hora del día. Esto es especialmente beneficioso para los estudiantes que suelen realizar sus tareas en horario nocturno, pues ofrece una forma complementaria y eficaz de adquirir conocimientos fuera del horario escolar tradicional (Norman-Acevedo, 2023).

Concepto y Evolución de los Tutores Adaptativos

En las últimas dos décadas, el desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha experimentado un avance significativo, y estas han sido ampliamente adoptadas en el ámbito educativo. Este crecimiento ha alimentado la ambición de crear entidades que imiten la inteligencia humana, con el

objetivo de enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. Como resultado de esta convergencia entre inteligencia artificial (IA) y TIC, surge la instrucción asistida por computadora (CAI, por sus siglas en inglés, Computer-Assisted Instruction). Este sistema de instrucción utiliza la computadora como medio para facilitar el aprendizaje del alumno, lo que ha llevado al desarrollo de sistemas tutoriales inteligentes, los cuales representan una evolución en la manera en que se apoya y personaliza la educación. (Hernández y Rengifo, 2015).

Los tutores adaptativos representan una de las aplicaciones más avanzadas de la inteligencia artificial en el ámbito educativo. Estos sistemas son capaces de ajustar dinámicamente el contenido y las actividades de aprendizaje en función de las necesidades individuales de los estudiantes, creando un entorno educativo altamente personalizado. Según estudios recientes, los tutores adaptativos han evolucionado desde simples algoritmos de recomendación hasta sistemas complejos que emplean IA generativa para ofrecer experiencias de aprendizaje personalizadas en tiempo real (Rodríguez, 2021).

La IA generativa, en particular, ha revolucionado estos sistemas al permitir la creación de contenido educativo personalizado. Mediante modelos de lenguaje avanzados, los tutores adaptativos pueden generar explicaciones adicionales, ejemplos y ejercicios que se ajusten al nivel de comprensión del estudiante. Este enfoque no solo mejora la adquisición de conocimientos, sino que también incrementa la motivación de los estudiantes al sentir que su proceso de aprendizaje está adaptado a sus necesidades y a su ritmo de aprendizaje.

Aplicaciones Prácticas

Las aplicaciones de los tutores adaptativos basados en IA generativa son vastas y diversas. En el ámbito de la educación superior, el uso de la IA generativa se ha implementado en varias

áreas de aprendizaje, como las matemáticas, donde se ha logrado mejorar la tasa de aprobación de los estudiantes universitarios. Otra de estas áreas, muy de moda en la actualidad, es el uso de la IA generativa para la enseñanza de idiomas. Estos sistemas pueden generar ejercicios de práctica lingüística personalizados, adaptándose al ritmo y al estilo de aprendizaje del estudiante. Se están promocionando varias aplicaciones para celular que ofrecen el aprendizaje del idioma inglés mediante la práctica con IA, que mantiene una conversación con el estudiante y es capaz de realizar correcciones de pronunciación o del uso correcto de palabras según la situación.

Existen diversas metodologías para implementar un Sistema de Tutoría Inteligente (STI). En un entorno web, un STI suele integrarse con un sistema gestor de aprendizaje (SGA). Este enfoque sugiere, en primer lugar, la selección de la plataforma de gestión de aprendizaje. La elección de la plataforma depende de la administración del departamento de TI; en las escuelas públicas, la opción más común es Moodle, ya que es de código abierto y completamente personalizable.

El segundo paso en esta metodología es el diseño del módulo del alumno, que se desarrolla mediante un análisis detallado de sus debilidades y fortalezas, así como de la forma en que asimila el contenido de la asignatura. Esta información se vincula estrechamente con los contenidos y el método pedagógico del módulo del tutor.

En tercer lugar, se diseña el módulo del tutor, que alberga el motor de ejecución del sistema adaptativo. Este módulo selecciona la intervención educativa más adecuada para cada alumno, basándose en su conocimiento y estilo de aprendizaje, así como en el dominio que se desea desarrollar.

Finalmente, se diseña el módulo de dominio, que integra una red neuronal de aprendizaje profundo mediante librerías de IA. Este módulo ayuda a definir y estructurar una serie de actividades, como tareas, cuestionarios, encuestas y foros, diseñadas específicamente para el curso ofrecido al estudiante (Sánchez et al., 2023).

Desafíos y Consideraciones Éticas

A pesar de sus numerosos beneficios, la implementación de tutores adaptativos basados en IA generativa enfrenta desafíos y plantea consideraciones éticas importantes. Uno de los principales retos es el equipamiento necesario para adoptar estas tecnologías, ya que se requiere infraestructura robusta, como servidores capaces de manejar grandes volúmenes de información estudiantil, que pueden variar de cientos a miles de registros. Además, es crucial asegurar una conectividad a Internet confiable para el funcionamiento continuo de estos sistemas.

Otro aspecto fundamental es la capacitación de los docentes, quienes deben estar preparados para integrar tutores adaptativos en sus asignaturas y utilizar la IA de manera ética y responsable. Esta formación no solo abarca el dominio técnico de las herramientas, sino también la comprensión de las implicaciones éticas y de las mejores prácticas para garantizar que el uso de la IA beneficie a todos los estudiantes sin comprometer su privacidad ni su equidad (Sánchez et al., 2023).

Por otro lado, uno de los principales problemas es la privacidad de los datos. Estos sistemas requieren acceso a grandes volúmenes de datos personales para personalizar la experiencia de aprendizaje, lo que plantea preocupaciones sobre la seguridad y el manejo adecuado de dicha información.

Asimismo, se debe considerar el riesgo de sesgos algorítmicos, ya que los sistemas de inteligencia artificial pueden reproducir e

incluso intensificar las desigualdades estructurales en el ámbito educativo. Para mitigar estos riesgos, es fundamental que los desarrolladores de tutores adaptativos implementen prácticas de diseño ético y transparencia en el manejo de los datos. También es crucial realizar evaluaciones continuas para identificar y corregir cualquier sesgo en los algoritmos utilizados.

Evaluación formativa

Definición e importancia de la evaluación formativa.

La evaluación formativa es un proceso continuo de generación de evidencias sobre cómo se está impartiendo la enseñanza hacia el objetivo definido. Todos estos datos deben brindar la información necesaria para tomar decisiones y, en su caso, modificar la acción pedagógica (Secretaría de Educación Pública, 2024, pp. 3-10).

Según Rosales (2014), algunos principios a tomar en cuenta en la recolección y evaluación de información son los siguientes:

- **Sistemática.** Las acciones tomadas responden a un plan. La información debe generarse de forma sistemática, de modo que facilite la supervisión constante del avance académico.
- **Integral.** La información se obtiene de todos los entes relacionados con el desarrollo básico del sistema educativo.
- **Formativa.** Siempre con la meta de mejorar la acción educativa. Debe enriquecer a los evaluadores, a los evaluados y, en general, a todo el sistema gracias a la información continuamente presentada y a su valoración.
- **Continua.** Es un proceso que acompaña todo el recorrido educativo del estudiante, y no se limita a momentos específicos o previamente establecidos. Su propósito es guiar el aprendizaje en tiempo real, adaptándose a las necesidades que surgen a lo largo del proceso.

- Flexible. Toda o parte de la planificación y ejecución puede cambiar de acuerdo con las circunstancias dadas.
- Recurrente. Es un proceso constante, perfectible al analizar los resultados que se van alcanzando.
- Decisivo. Los datos y la información obtenidos, al ser analizados e integrados correctamente, arrojarán resultados valiosos para la toma de decisiones acertadas que llevarán a una mejora de todo el proceso.

La principal herramienta para la toma de decisiones es la observación planeada, con un propósito claro: saber hacia dónde dirigir la mirada y obtener los datos importantes que indicarán el avance (o estancamiento) de los estudiantes.

Algunos detalles que se pueden observar son:

- Comportamiento diario.
- Lo que escriben en sus libretas.
- La manera de responder a las preguntas planteadas, tanto por escrito como de forma verbal.
- Los trabajos que desarrollan.

Entonces, el objetivo principal es otorgar una retroalimentación específica y oportuna al estudiante para que pueda corregir su proceso de aprendizaje y, en caso de ser necesario, al maestro también cambiar las técnicas de enseñanza de acuerdo con los resultados obtenidos.

Herramientas basadas en la IA para la evaluación formativa.

La IA generativa destaca por su capacidad para generar contenido original a partir de datos existentes y ofrece un sinfín de posibilidades para mejorar la manera en que interactuamos

con nuestros estudiantes, ya que, casi de manera instantánea, puede proporcionar respuestas y caminos adecuados. Esta tecnología tiene el potencial de mejorar significativamente la forma en que los docentes evalúan los trabajos de sus estudiantes, especialmente mediante rúbricas de evaluación.

Aspectos de la IA generativa que ayudan a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

- Detecta copias de documentos.
- Realiza una revisión objetiva.
- Agiliza el proceso de calificación.
- Puede hacer las pruebas más interesantes.
- Se puede identificar a los estudiantes dotados.
- Se puede adaptar a distintos estilos de aprendizaje.
- Su disponibilidad es de 24x7.
- Se adapta fácilmente a los sistemas de gestión de aprendizaje.

La práctica en el aula cumple una función formativa cuando permite obtener evidencias claras del aprendizaje y progreso del estudiante, lo que orienta la retroalimentación y el acompañamiento docente, y facilita la interpretación y el uso de esa información para tomar decisiones sobre los siguientes pasos en la instrucción, pasos que probablemente sean mejores o mejor fundamentados que las decisiones que se habrían tomado en ausencia de la evidencia que, de esa forma, se ha obtenido (Zapata-Ros, 2023). En la tabla 1 se presenta una clasificación de herramientas de IA generativa con potencial de uso educativo según García et al. (2024).

Tabla 1
Clasificación de Herramientas con IA generativa.

Categoría de herramienta	Funcionalidad	Herramientas
Generación de Texto	Apoyo a la investigación	Klavier, SciSpace Copilot, Scite Assistant,
	Chatbot	ChatGPT, ChatSonic, Claude
	Creación de contenidos	Jasper, Notion
	Enseñanza de idiomas	Twee
	Generador de currículum personal	Resume Builder
	Generador de exámenes	Conker, Monic
	Herramientas ofimáticas	Google Workspace, Microsoft 365 Copilot
	Motor de búsqueda	Microsoft Bing, Perplexity, You
	Parafraseado de texto	Quillbot
	Generación de grafos	GraphGPT
Generación de video	Generación de imágenes	Adobe Firefly, Bing Image Creator, Craiyon, DALL-E 2, Deep Dream Generator, Dream by Wombo, Leap, Midjourney, NightCafe, Stable Diffusion Online, Starryai, Stockimg, Visual ChatGPT.
	Generación de presentaciones	ChatBA, Decktopus, GPT for Slides, SlidesAI
	Conversor de video a texto	YoutubeDigest

	Generación de videos	Fliki, Gencraft, Imagen video, Make a video
Generación de objetos 3D	Generación de objetos 3D	DreamFusion, GET3D, Imagine 3D
Generación de audio	Conversor de voz a texto	Otter, Transkriptor
	Generación de audio	AudioLM, Lovo, Murf.ai, Voicemaker
	Modulador de voz	Voicemod
Generación de Código Fuente	Depuración de código	Adrenaline, Code GPT
	Generación de código	Amazon Q developer, Codeium, GitHub Copilot, Text2SQL
Detección de texto generado con IA	Antiplagio	Turnitin
	Detección de textos generados con IA	AI Text Classifier, GPTZero

Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

A continuación, algunos puntos importantes para la elección de una herramienta de evaluación basada en IA generativa:

- **Privacidad de la información.** La herramienta debe dejar en claro qué datos recopila, cómo los utiliza y si se comparten con terceros. La herramienta debe contar con una garantía de protección de datos personales, como la Ley FERPA (Family Educational Rights and Privacy Act), publicada por el Departamento de Educación de los Estados Unidos de Norteamérica (U.S. Department of Education, 2021).

- **Facilidad de uso.** Es importante que la herramienta sea fácil de comprender y utilizar tanto para profesores como para estudiantes.
- **Respuestas coherentes y útiles.** La IA generativa no solo debe generar y recopilar datos, sino también interpretarlos y brindar retroalimentación a los maestros para mejorar el curso. A los estudiantes dar puntos de oportunidad para mejorar sus trabajos, adjuntando información oportuna y actualizada.
- **Integración y escalabilidad.** La herramienta deberá poder escalarse para grupos de cualquier tamaño y facilitar la integración con otras herramientas existentes.
- **Diversificación.** La herramienta deberá brindar múltiples opciones de evaluación, como cuestionarios cortos o extensos, simulaciones, preguntas frecuentes, revisión de puntos débiles, entre otras.
- **Soporte adecuado de la herramienta.** Se debe seleccionar una herramienta que esté respaldada por un equipo que garantice el funcionamiento, la atención a problemas simples y urgentes, y que cuente con tutoriales, atención a los clientes, foros, etc. En conclusión, la herramienta debe estar bien soportada.

Algunas herramientas de evaluación de IA generativa para profesores y estudiantes

Coursebox

Esta herramienta permite transformar documentos, vídeos y sitios web en cursos bien organizados. Esta plataforma favorece notablemente el rendimiento académico de los estudiantes, ofreciendo acceso móvil para que tanto docentes como alumnos

puedan realizar evaluaciones desde cualquier lugar. Entre sus funcionalidades, destaca un generador de evaluaciones basado en inteligencia artificial que permite crear preguntas, rúbricas y cuestionarios de forma automática. Además, facilita la colaboración y la toma de decisiones en el proceso de diseño instruccional.

Características:

- Generador de cuestionarios.
- Mecanismos que mejoran la participación de los estudiantes.
- Se integra perfectamente con el LMS existente.
- Compatibilidad con dispositivos móviles.
- Le permite personalizar sus cursos.

Magic School

Magic School AI es otra plataforma diseñada para profesores y alumnos. Ayuda a los profesores a crear sus cursos, generar rúbricas, revisiones, etc. Cuenta con una pantalla principal en la que hay diferentes opciones creativas. Magic School AI cumple con la Ley FERPA y otras leyes estadounidenses que protegen los datos de los estudiantes.

Características:

- Más de 60 herramientas.
- Una interfaz sencilla y fácil.
- Varios recursos de capacitación.
- Se integra fácilmente con su LMS.

Gradescope

Gradescope es una herramienta de IA para crear proyectos educativos, hojas de trabajo, cuestionarios, exámenes rápidos y mucho más. Puede calificar en varias materias y trabaja de manera impecable en proyectos de programación y en escritura hecha a mano. Tan fácil como escanear los documentos y subirlos a la plataforma para su calificación. El programa analiza y califica el contenido rápidamente, proporcionando información valiosa basada en las estadísticas obtenidas de las rúbricas. Los maestros pueden enviar la retroalimentación a los alumnos con un clic, lo que les ahorra tiempo de trabajo.

Características:

- Califica todas las materias.
- Trabaja con asignaturas escritas o en programación.
- Provee datos analíticos.

Classpoint

Classpoint es una herramienta popular entre maestros de todo el mundo. Está totalmente integrada con PowerPoint, lo que significa que se puede utilizar sin cambiar de aplicación. Algunas herramientas incluyen cuestionarios interactivos revisados por la IA, generadores de juegos de preguntas y respuestas, ludificación y herramientas de presentación.

Los maestros pueden enganchar a los estudiantes con cuestionarios interactivos que incluyen preguntas de opción múltiple, nubes de palabras, videos y más. De la misma manera, se pueden incluir elementos de premiación en PowerPoint, como estrellas, niveles y placas.

Características

- Herramientas de presentación y cuestionarios interactivos en tiempo real.

- Generador de juego de preguntas y respuestas para PowerPoint.
- Ludificación en PowerPoint para mejorar las presentaciones.

Quizgecko

Quizgecko es una aplicación que utiliza la IA para generar automáticamente cuestionarios, pruebas y exámenes en línea. Todo a partir del contenido que se ingresa. Esta IA puede convertir documentos en un cuestionario completo, con sus respectivas respuestas y explicaciones. Permite subir archivos en los formatos PDF, DOC y PPT para crear cuestionarios, exámenes y tarjetas de estudio. Genera preguntas de opción múltiple, verdadero o falso, respuestas cortas, empareja y rellena espacios en blanco.

Características.

- Aprendizaje optimizado.
- Retroalimentación personalizada.
- Transformación rápida de archivos a preguntas.
- Genera sesiones de práctica para el afianzamiento de los temas.

Cabe mencionar que las mejores características de todas estas herramientas se encuentran en las versiones de suscripción o de pago, que incluyen las más avanzadas.

Impacto en el Aprendizaje

La implementación de la evaluación formativa asistida por IA tiene un impacto significativo en el aprendizaje. Además, la IA generativa permite que los estudiantes reciban retroalimentación inmediata, lo cual es crucial para corregir errores en tiempo real y reforzar los conceptos aprendidos. Este tipo de evaluación

continua y adaptativa no solo mejora el desempeño académico, sino que también fomenta una mayor motivación y compromiso por parte de los estudiantes, al sentir que su progreso es monitoreado y apoyado de manera constante.

La IA generativa brinda oportunidades que mejoran el proceso de revisión para los estudiantes, aprovechando las rúbricas de evaluación. Sin embargo, es importante considerar los límites y los problemas asociados a esta tecnología. Por lo cual se debe tener cuidado al integrar la IA generativa en la educación, para aprovechar su potencial y mejorar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje conforme esta tecnología evoluciona.

Aprendizaje Basado en Proyectos

Introducción al Aprendizaje Basado en Proyectos

Las TIC, y más en específico Internet, son herramientas de innegable ayuda que han permeado muchos aspectos de la vida cotidiana.

La evolución tecnológica se encuentra en un punto en el que las IA nos asisten en diversas tareas. Los asistentes de voz equipados con inteligencia artificial pueden controlar el clima, la iluminación y hasta la ambientación del hogar con comandos de voz. Se pueden obtener datos precisos mediante la formulación de preguntas dirigidas sobre cualquier tema, lo que permite a los usuarios consultar información incluso mientras realizan otras tareas. Es así como esta evolución evoca los filmes de ciencia ficción de los años 60 y 70, donde la imaginación dejaba ver indicios del camino que la tecnología seguiría, pero que parecían lejanos.

Ahora esa ciencia ficción la tenemos a la mano. Hoy en día, los dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes y tabletas, están disponibles para todos y desde edades tempranas. Los niños, adolescentes y jóvenes están tan familiarizados con las

tecnologías de la información y la comunicación que las utilizan con gran destreza en cualquier situación que se les presente, incluidos los quehaceres académicos.

En el ámbito escolar, la integración de la IA no solo ha facilitado el proceso de aprendizaje, sino que también lo está transformando. La inmediatez y la precisión de la información, así como la sencillez para realizar tareas, trabajos y presentaciones, hacen que los estudiantes se sientan necesitados de nuevos desafíos que los inciten a buscar sus propios conocimientos.

Para los maestros, el reto no es menor: las presentaciones en procesadores de diapositivas han quedado obsoletas, hasta el punto de que el estudiante se distrae fácilmente con cualquier otra actividad ajena a la clase, y principalmente con los propios dispositivos móviles. Los profesores no deben ser ajenos al uso de las inteligencias artificiales, ya que estas herramientas facilitan los procesos de desarrollo de los contenidos y materiales necesarios para sus clases, haciéndolos simultáneamente más dinámicos y atractivos para los estudiantes.

Por lo tanto, el docente debe estar dispuesto a conocer el funcionamiento de las IA, tener la iniciativa para comprenderlas e incorporarlas en el aula como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje (Grané, 2024).

De esta manera, el aprendizaje basado en proyectos resulta un método eficiente en este contexto, ya que se complementa a la perfección con las inteligencias artificiales actuales, lo que hace que el proceso de aprendizaje sea relevante para los estudiantes.

El aprendizaje basado en proyectos no es una metodología reciente; de hecho, sus primeras manifestaciones datan de la segunda mitad del siglo XIX. Durante este período, la creciente complejidad de la modernidad llevó a los educadores a enfocar su enseñanza en el desarrollo de habilidades y competencias

prácticas, en lugar de centrarse únicamente en la memorización. Entre 1850 y 1865, este enfoque se implementó inicialmente en el ámbito universitario, en particular en la carrera de arquitectura en Europa. A partir de 1865, el aprendizaje basado en proyectos comenzó a aplicarse también en las escuelas públicas (Antelo et al., 2020). Esta metodología de aprendizaje se caracteriza por la realización de actividades en las que el estudiante se enfrenta a la realidad, lo que le permite apropiarse de su proceso de enseñanza-aprendizaje (Cajo-Torres et al., 2024).

Este aprendizaje se fundamenta en “el hacer”, que inicia con la elección de alguna actividad que despierte el interés de las personas, con el fin de dar solución a algún problema o realizar tareas. El estudiante es el protagonista en el proceso de aprendizaje, dado que se le confiere autonomía y autogestión (Antelo et al., 2020).

Durante el desarrollo de un proyecto, los estudiantes deben involucrarse en una gama de actividades clave: plantear preguntas, debatir ideas, realizar predicciones, planificar y diseñar experimentos. También deben recolectar datos que luego analizarán e interpretarán para extraer conclusiones, las cuales deben comunicarse de manera efectiva a otros. Además, en algunos casos, los estudiantes pueden diseñar dispositivos o modelos e incluso generar nuevas preguntas que den paso a futuros proyectos (Antelo et al., 2020). El profesor debe dar el papel principal al alumno en la construcción de su aprendizaje, ser consciente de los logros que consigue, ejercer de guía, tutor y facilitador del aprendizaje, acudir a ellos cuando lo necesitan, ofrecerles diversas oportunidades de aprendizaje, ayudarles a pensar críticamente, orientar sus reflexiones y formular cuestiones importantes, así como realizar sesiones de tutoría (Zambrano et al., 2022). Por lo tanto, el uso de la IA facilita ambos roles; las herramientas como ChatGPT permiten al estudiante enfocarse en ser él mismo quien obtiene la información,

procesarla con otras IA y presentar los resultados de aprendizaje. Por su parte, el maestro tiene la facilidad de preparar las sesiones con presentaciones que van más allá de simples exposiciones, sino que explotan la creatividad del docente al asumir el reto de mantener la atención de los alumnos. En la tabla 1 se presentan algunas inteligencias artificiales y sus posibles usos en el ámbito académico.

Tabla 1
Aplicaciones de inteligencia artificial y su uso.

Herramienta	Uso
ChatGPT	Herramienta de creación de contenido en forma de texto.
Grammarly	Herramienta de escritura que permite mejorar la gramática, la ortografía, verificador de plagio y generador de citas.
Tuta.ai	IA que responde preguntas y generador de explicaciones de temas variados.
Google Bard	IA parecida a ChatGPT, con la característica de siempre estar conectada a internet.
DALL-E	Generador de imágenes a partir de descripciones textuales.
Frase.io	Compara términos en línea, genera resúmenes y analiza en tiempo real lo que se está escribiendo.
DeepL	Traductor de texto hasta en 26 idiomas.
Synthesia	Generador de videos con avatares en más de 120 idiomas.
Transcribe	Para la transcripción y traducción de audio y video
Book Creator	Para crear recursos de enseñanza, crear y publicar contenidos
Chat PDF	Permite resumir documentos en formato PDF, así como hacer preguntas sobre el contenido del documento
GPT Zero	Permite detectar si un texto es generado por IA
CopyLeaks	Permite detectar si un texto es generado por IA

Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

ChatGPT

Al día de hoy, la IA más popular es, sin duda, ChatGPT. Se estima que tan solo ChatGPT-4o fue entrenada con más de un petabyte de datos. Responde a las consultas con información estructurada, generalmente en un lenguaje académico, pudiendo proporcionar referencias creíbles, aunque en su mayoría inexistentes. Desde el punto de vista académico y científico, ChatGPT no es una base de datos confiable, solo intenta resolver dudas que le agradan al usuario. Cuando se hacen las preguntas correctas, responde lo mejor posible. Sin embargo, se espera que las nuevas versiones presenten información más verídica y confiable. Por ello los profesores deben advertir a los estudiantes que, sin conocimiento suficiente, podemos caer en una trampa tecnológica al creer que la IA ofrece datos precisos, aunque no siempre sean ciertos o completos (Grané, 2024). Cu y Hochman encuestaron a casi 5000 estudiantes de Stanford; el 17% afirmó usar ChatGPT en sus trabajos del primer trimestre, principalmente para obtener ideas. Solo el 5% presentó un trabajo 100% generado por ChatGPT (Grané, 2024).

IA Generativa como Facilitadora en el Aprendizaje Basado Proyectos

Ahora bien, ¿cómo se adaptan las inteligencias artificiales a los aprendizajes basados en proyectos? Recordemos las fases de esta metodología:

- Establecimiento de los objetivos
- Organización de equipos de trabajo y distribución de las responsabilidades
- Búsqueda, recuperación, análisis y tratamiento de información
- Seguimiento (docente - alumno)

- Creación de producto final (a elegir el formato deseado)
- Publicación del producto
- Retroalimentación colectiva.

Establecimiento de objetivos

Los objetivos constituyen la parte medular de todo proyecto. El planteamiento adecuado de los objetivos ayuda a establecer las metas y a delimitar el proyecto, pues, de no ser así, no se tendría claridad sobre lo que se pretende lograr. Es en esta parte del proyecto donde generalmente no se cuenta con la confianza para iniciar y se presenta dificultad para acordar la elección de los temas y los propósitos del proyecto. Es aquí donde la IA puede dar un empujón a la creatividad del grupo, pues se pueden plantear cuestionamientos que permitan definir uno o varios temas y sus objetivos pertinentes.

Organización de equipos de trabajo y distribución de las responsabilidades

Una vez establecidos los objetivos, toca la organización del grupo, en la que se deben asignar responsabilidades individuales y grupales. En este segundo paso del aprendizaje basado en proyectos, la inteligencia desempeña un papel importante, ya que a través de ella se puede planificar y controlar mejor los tiempos y el desarrollo de las actividades.

Búsqueda, recuperación, análisis y tratamiento de información

En esta fase, la IA juega un papel clave en el aprendizaje basado en proyectos. La IA ayuda a buscar información y a analizarla, potenciando su uso. Herramientas como ChatPDF permiten interactuar con PDFs, ofreciendo resúmenes y preguntas. Además, la IA facilita la traducción de textos, eliminando barreras idiomáticas.

Seguimiento (docente - alumno)

En esta cuarta etapa, el docente es quien tiene un rol más activo en el aprendizaje basado en proyectos, pues debe orientar al estudiante hacia el cumplimiento de los objetivos al mismo tiempo que se asegura que no se incurra en el uso y abuso de las inteligencias artificiales de tal forma que sean estas herramientas las que generen el proyecto en su totalidad. Afortunadamente, las mismas IA pueden ser un aliado para el maestro, ya que herramientas como GPTZero y CopyLeaks pueden detectar si un documento es generado por alguna inteligencia artificial, de forma parcial o en su totalidad.

Es importante remarcar en esta etapa la importancia que tiene el conocimiento sobre alguna materia o tema en específico, pues la IA no son perfectas, cometen errores que, si se tiene la preparación adecuada, son fácilmente detectados, pero si se confía en exceso, se puede desarrollar trabajos y proyectos fallidos. Se debe hacer énfasis en la idea de que la IA es una herramienta que conoce sobre cualquier tema, y no un asistente que evitará las responsabilidades.

Creación de producto final (a elegir el formato deseado)

Aquí la creatividad de los estudiantes se torna ilimitada en las formas de presentar el producto final. Y la IA son las herramientas que les permitirán a los estudiantes materializar todas esas ideas que se gestan casi desde el inicio del proyecto. Desde plataformas como Canva que incorpora IA para la creación de presentaciones, DALL-E que puede generar imágenes a partir de una descripción determinada, hasta la generación de videos con avatares que presentan los resultados obtenidos del proyecto, a través de la herramienta Synthesia. Aquí puede ser conveniente, a criterio

del docente, permitir la diversidad de formas de presentación de un proyecto, con el fin de enriquecer y favorecer el aprendizaje.

Publicación del producto

El penúltimo paso del aprendizaje basado en proyectos invita a los estudiantes a dar a conocer su trabajo, y es un paso tan relevante que es donde se puede generar cierta expectativa y nerviosismo. Sin embargo, la IA pueden garantizar cierto éxito al incorporarlas en la publicación del producto final. Algunas IA como Grammarly aseguran una buena gramática y ortografía en el texto del proyecto.

Retroalimentación colectiva

Al final del proyecto se tiene la retroalimentación por parte de los mismos estudiantes como del profesor, con el fin de brindar opiniones y sugerencias con el fin de mejorar en futuros proyectos. En esta fase final, la IA puede ser utilizada para realizar resúmenes, y compartirlos entre los mismos estudiantes ya sea que se decida tomar audio o video de la sesión, la IA permite hacer resúmenes posteriores de forma escrita, o en el caso de que se esté tomando notas, Frase.io genera resúmenes y analiza en tiempo real lo que se está escribiendo. Es así como la IA puede asistir en el método de aprendizaje basado en proyectos. Aunque aún existe cierta resistencia entre la comunidad docente en permitir a los estudiantes su uso. La verdad es que, esta es una herramienta tecnológica que llegó para quedarse, y seguirá creciendo y evolucionando y cada vez más será parte de nuestro día a día, por lo que es mejor conocer la IA y obtener el mayor provecho posible, incorporándolas en las aulas como aliados en lugar de restringir su uso.

Aprendizaje Basado en Problemas

Introducción

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es una táctica educativa que se centra en la resolución de problemas complejos como una forma de adquirir conocimientos y desarrollar habilidades. Esta metodología de aprendizaje propone identificar un problema contextual que permite a los estudiantes crear su propio conocimiento con base a las soluciones que se proponen, analizado y seleccionando, la más eficiente. Este enfoque es particularmente eficaz en disciplinas como la medicina, la ingeniería y las ciencias sociales, donde los estudiantes deben aprender a aplicar teorías y conceptos en contextos prácticos, aunque esto quiere decir que no sea efectivo en otros ámbitos (Ruiz-Meza et al., 2021).

Se puede decir que el Aprendizaje Basado en Problemas se caracteriza por hacer al alumno el protagonista del proceso enseñanza-aprendizaje, así como desarrollar las competencias necesarias para la solución de problemas de su entorno, también involucra al estudiante de forma activa en su aprendizaje y facilita su autorregulación, en este proceso los docentes actúan como facilitadores del aprendizaje organizando las problemáticas enfocadas al objeto de aprendizaje y estimulando a los estudiantes para que estos adopten posturas proactivas en la resolución de problemas (Gil-Galván, 2018).

La IA generativa ha ampliado las posibilidades del ABP al permitir la creación de problemas y escenarios de aprendizaje personalizados, ya que tomando en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes puede adaptar las problemáticas y su grado de dificultad según las habilidades y conocimientos previos. Esto no solo facilita un aprendizaje más efectivo, sino

que también hace que la experiencia de aprendizaje sea más relevante para el estudiante (Moya y Eaton, 2023).

IA Generativa como Facilitadora en el ABP

Si bien es verdad que existen varios planteamientos sobre cómo llevar a cabo un ABP, tomaremos el de Ruiz Meza, quien realizó una síntesis de varios modelos ABP y los resume en los siguientes cinco pasos (Ruiz-Meza et al., 2021): 1) Identificación y diseño de situaciones problema, 2) Organización de equipos para el aprendizaje colaborativo, 3) Seguimiento y apoyo al autoaprendizaje, 4) Construcción de soluciones aplicadas, 5) Evaluación y retroalimentación.

1. Identificación y diseño de situaciones problema

Este proceso puede desarrollarse de dos maneras principales. En la primera, el docente asume un rol más directivo al proporcionar el título de la problemática o el material relacionado con ella. Esto puede incluir la redacción de un texto que describa el problema, la presentación del problema en formato de diapositivas, la narración del problema en formato de audio, o la presentación de un video que ilustre la situación problemática (Ruiz-Meza et al., 2021).

En la segunda opción, el docente adopta un enfoque más participativo al pedir a los alumnos que formulen una problemática sobre un tema específico. En este caso, son los propios estudiantes quienes proponen un problema relacionado con el tema asignado. Este proceso puede facilitarse a través de una lluvia de ideas, que puede realizarse de manera grupal, en equipos, o de forma individual (Morales y Landa, 2004).

Es importante destacar que en esta etapa tanto los docentes como los estudiantes suelen encontrar dificultades al plantear el problema de manera efectiva. Aquí es donde la IA puede

desempeñar un papel crucial, ofreciendo sugerencias e indicando el camino a seguir para investigar el tema de manera más profunda. Este enfoque es similar al utilizado en el Aprendizaje Basado en Proyectos, donde la tecnología se integra como una herramienta para enriquecer el proceso educativo.

2. Organización de equipos para el aprendizaje colaborativo

Uno de los propósitos fundamentales del Aprendizaje Basado en Problemas es fomentar el trabajo en equipo, por lo que es necesario prestar atención a la creación y organización de los equipos. Si en la etapa anterior los estudiantes definieron la problemática trabajando en equipo, en esta fase nos centraremos en la estructuración de los grupos (Ruiz-Meza et al., 2021).

Para facilitar este proceso, se pueden emplear dos listas: una en la que se registre lo que se conoce sobre el tema, y otra en la que se anote lo que se desconoce. Además, estas listas pueden incluir la información necesaria para resolver el problema, así como las posibles fuentes o métodos para obtenerla. Este enfoque estructurado no solo ayuda a organizar el trabajo en equipo, sino que también guía a los estudiantes en la identificación de brechas de conocimiento y en la planificación de estrategias efectivas para abordar la problemática planteada (Morales y Landa, 2004).

Esta etapa puede resultar especialmente desafiante al implementarse con estudiantes de modalidad virtual, ya que formar equipos de trabajo se complica cuando los alumnos no se conocen previamente. Además, muchos cursos en esta modalidad son autogestivos, lo que significa que los estudiantes aprenden a su propio ritmo, completan las tareas en el tiempo que tienen disponible y se ajustan a las fechas de entrega establecidas. Es común que los estudiantes en entornos virtuales sean personas que trabajan o viven en localidades donde no se ofrece la carrera que desean cursar. Estos estudiantes, motivados por el deseo de

superarse y completar sus estudios de nivel básico o universitario, suelen optar por esta modalidad, que les resulta atractiva por su flexibilidad (da Silva et al., 2024).

A pesar de estas dificultades, las numerosas herramientas de trabajo colaborativo disponibles hoy en día hacen posible que los estudiantes desempeñen tareas en equipo de manera efectiva en la modalidad virtual. Tienen a su disposición aplicaciones para videollamadas, procesadores de texto, herramientas para la elaboración de presentaciones, así como para crear mapas mentales, mapas conceptuales e infografías. Estas herramientas permiten trabajar tanto de forma asíncrona como síncrona, facilitando la colaboración y la comunicación entre los integrantes del grupo, sin importar su ubicación o disponibilidad horaria.

3. Seguimiento y apoyo al autoaprendizaje

Durante esta etapa, se realiza un seguimiento detallado del proceso de aprendizaje de los estudiantes, brindándoles apoyo y orientación para el desarrollo de sus estrategias de investigación. Es fundamental asegurar que el tema se cubra de manera exhaustiva, por lo que se reformulan las preguntas clave para ayudar a los alumnos a mejorar y profundizar en su trabajo. A lo largo de este proceso, los estudiantes se encargarán de localizar, recopilar y organizar información de diversas fuentes (Morales y Landa, 2004), lo que fortalecerá su capacidad de autoaprendizaje y les permitirá construir un conocimiento más robusto y fundamentado.

En este contexto, la implementación de una IA generativa resulta invaluable para dar seguimiento al trabajo de los estudiantes y proporcionar retroalimentación en tiempo real. Esto no solo facilita la ampliación del conocimiento mediante una interacción continua, sino que también permite a la IA Generativa identificar vacíos en el conocimiento y ofrecer recursos que mejoren la

calidad de las soluciones propuestas. De esta manera, la IA se convierte en una herramienta clave para optimizar el proceso de aprendizaje y asegurar un desarrollo más profundo y completo del conocimiento (González et al., 2023).

4. Construcción de soluciones aplicadas

Durante esta etapa, los estudiantes presentan en equipo las posibles soluciones a la problemática planteada. Dependiendo del problema, la solución puede variar en su aplicación y resultado; en algunos casos, las soluciones se proponen únicamente en un marco teórico (Ruiz-Meza, 2021). Los equipos realizan predicciones, ofrecen recomendaciones e inferencias, o bien cualquier otro análisis pertinente para la resolución del problema (Moya y Eaton, 2023). Si se presentan múltiples soluciones, el equipo deberá justificar cuál es la más adecuada para su implementación.

La incorporación de la IA generativa en esta fase puede ser de gran valor, ya que permite analizar las propuestas presentadas e incluso simular los planteamientos sugeridos para la solución. La efectividad de esta simulación dependerá de la capacidad computacional de la IA para procesar los datos y generar modelos precisos que reflejen las posibles consecuencias de cada solución propuesta.

5. Evaluación y retroalimentación

Después de presentar las posibles soluciones, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva del proceso. Si los resultados son favorables y se considera que el propósito se ha alcanzado satisfactoriamente, se proporciona retroalimentación a los estudiantes, destacando tanto las áreas de oportunidad en su trabajo como los aspectos que se desarrollaron con éxito. Además, se incentiva a los estudiantes a realizar una autoevaluación, reflexionando sobre las áreas de mejora, tanto en el trabajo en

equipo como en las posibles problemáticas que surgieron durante el ejercicio. Este enfoque integral de evaluación no solo reconoce los logros, sino que también promueve un aprendizaje continuo, ayudando a los estudiantes a perfeccionar sus habilidades para futuras actividades.

La evaluación en un entorno de ABP asistido por IA es continua y adaptativa. La IA puede monitorear el progreso del estudiante en tiempo real, ofreciendo retroalimentación inmediata y ajustando la dificultad de los problemas según sea necesario. Este enfoque no solo mejora los resultados del aprendizaje, sino que también reduce la ansiedad del estudiante al proporcionar un apoyo constante durante el proceso de resolución de problemas (García et al., 2024). Además, la IA generativa puede plantear problemas específicos adaptados a las necesidades de cada estudiante, creando un entorno de aprendizaje que desafía y estimula el pensamiento crítico (da Silva et al., 2024).

Conclusión

Es importante destacar que la IA generativa se ha consolidado como una aliada clave en la transformación educativa actual. Su incorporación en el ámbito académico no solo permite optimizar tareas y procesos, sino que también facilita una enseñanza más personalizada, dinámica y centrada en las necesidades individuales de cada estudiante. Herramientas como los tutores adaptativos y los sistemas de evaluación automatizada enriquecen significativamente la experiencia de aprendizaje, brindando apoyo constante y retroalimentación oportuna y fortaleciendo la autonomía del alumno. Sin embargo, para aprovechar al máximo su potencial, es imprescindible que el personal docente reciba una formación adecuada que considere tanto los aspectos técnicos como los éticos de su aplicación. Así, la inteligencia artificial no debe entenderse como una simple innovación tecnológica, sino como una oportunidad para replantear y mejorar los modelos

educativos contemporáneos, con miras a una educación más equitativa, flexible y orientada al futuro.

Referencias

- Antelo, M., Diamant, A., Klimavicius, S., Pellegrino, V., Vique, M., & Vomero, I. (2020). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): nueva tendencia con reminiscencias del pasado. *Educación En Ciencias Biológicas*, 1(1), 6-10. <https://ojs.cfe.edu.uy/index.php/RevEdCsBiol/article/view/640>.
- Cajo-Torres, M., Ochoa-Icaza, S., Marín-Figuera, M., & Yáñez Cando, X. O. (2024). ChatGPT como herramienta pedagógica en la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos. *593 Digital Publisher CEIT*, 9(4), 197-209. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.4.2493>
- Corredera, J. C. (2023). Inteligencia artificial generativa. In *Anales de la Real Academia de Doctores*, 8(3), 475-489. <https://www.rade.es/imageslib/PUBLICACIONES/ARTICULOS/V8N3%20-%2001%20-%20ED%20-%20CASAR.pdf>
- da Silva Franqueira, A., de Moura, C. C., da Silva Martins, F. M., da Cruz Chagas, J., da Silva Miranda, M. A., y da Silva Teodoro, W. (2024). Ambientes de aprendizaje adaptativos: IA no centro da transformação. *COGNITIONIS Scientific Journal*, 7(2), e396-e396. <https://doi.org/10.38087/2595.8801.396>
- da Silva, A., de Moura, C. C., da Silva, F. M., da Cruz, J., da Silva, M. A., y da Silva, W. (2024). Ambientes de aprendizagem adaptativos: IA no centro da transformação. *COGNITIONIS Scientific Journal*, 7(2), e396-e396. DOI: <https://doi.org/10.38087/2595.8801.396>
- García, F. J., Llorens-Largo, F., & Vidal, J. (2024). The new reality of education in the face of advances in generative artificial intelligence. [La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa]. *RIED-Revista*

- Iberoamericana de Educación a Distancia, 27(1), 9-39. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- Gil-Galván, Rosario. (2018). El uso del aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria. Análisis de las competencias adquiridas y su impacto. *Revista mexicana de investigación educativa*, 23(76), 73-93. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662018000100073&lng=es&tlng=es.
- González, J. L., Villota, F. R., Moscoso, A. E., Garces, S. W., y Bazurto, B. M. (2023). Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior. *Dominio De Las Ciencias*, 9(3), 1097-1108. <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3488>
- Hernández, J. A. D., y Rengifo, Y. S. P. (2015). Los sistemas tutores inteligentes y su aplicabilidad en la educación. *Horizontes Pedagógicos*, 17(2), 104-116. <https://www.rade.es/imageslib/PUBLICACIONES/ARTICULOS/V8N3%20-%2001%20-%20ED%20-%20CASAR.pdf>
- Morales, P., y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13(1), 145-157. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29901314>
- Moya, B. A., y Eaton, S. E. (2023). Examinando Recomendaciones para el Uso de la Inteligencia Artificial Generativa con Integridad desde una Lente de Enseñanza y Aprendizaje. *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 29(2), 1-23. <https://doi.org/10.30827/relieve.v29i2.29295>
- Norman-Acevedo, E. (2023). La inteligencia artificial en la educación: una herramienta valiosa para los tutores virtuales universitarios y profesores universitarios. *Panorama*, 17(32), 1-11. <https://www.redalyc.org/journal/3439/343975993001/>
- Ribera, M., & Díaz Montesdeoca, O. (Coords.). (2024). *ChatGPT y educación universitaria: Posibilidades y límites de ChatGPT como*

herramienta docente. Ediciones Octaedro, IDP/ICE - Universitat de Barcelona. <http://doi.org/10.36006/15224-1>

Rodríguez Chávez, M. H. (2021). Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/848>.

Rosales, M. (2014). Proceso evaluativo: evaluación sumativa, evaluación formativa y Assesment su impacto en la educación actual. In *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*, 4, 662. https://www.academia.edu/40282888/Proceso_evaluativo_evaluaci%C3%B3n_sumativa_evaluaci%C3%B3n_formativa_y_Assesment_su_impacto_en_la_educaci%C3%B3n_actual

Ruiz-Meza, J., Castellanos-Adarme, M., Alzate-Ortiz, F., y Flórez-Gutiérrez, A. (2021). Aplicación del aprendizaje basado en problemas en el programa de Ingeniería Industrial: caso de estudio aplicado en el curso de Gestión de Cadenas de Suministro. *Revista científica*, (41), 169-183 <https://doi.org/10.14483/23448350.16248>.

Sánchez, J. L. G., Garcia, F. R. V., Parra, A. E. M., Calva, S. W. G., y Arévalo, B. M. B. (2023). Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior. *Dominio de las Ciencias*, 9(3), 1097-1108. <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3488>

Secretaría de Educación Pública. (2024). Evaluación Formativa en el MCCEMS. [citado el 30 de agosto de 2024]. https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/work/models/sems/Resource/13634/1/images/Evaluacion_formativa%20en%20el%20MCCEMS.pdf

- U.S. Department of Education. (2021). *A parent guide to the Family Educational Rights and Privacy Act (FERPA)*. <https://studentprivacy.ed.gov/resources/parent-guide-family-educational-rights-and-privacy-act-ferpa>
- Zambrano, M., Hernández, A., y Mendoza, K. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Conrado*, 18(84), 172-182. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000100172&lng=es&tlng=es.
- Zapata-Ros, M. (2023). Inteligencia artificial generativa y aprendizaje inteligente. Preprint. <https://doi.org/10.35542/osf.io/86ykm>.



7.

Evaluación formativa: La IA generativa para retroalimentar al estudiante en tiempo real, identificando puntos fuertes y débiles.

Dra. Alejandra Villalpando Sifuentes

Resumen

Este capítulo explora la importancia de la evaluación formativa en el quehacer educativo, destacando su capacidad para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje mediante la retroalimentación constante. Se define la evaluación formativa frente a la sumativa, enfatizando su carácter dinámico, dialógico y centrado en los procesos más que en los productos finales. Se subraya la problemática de la retroalimentación tardía y de la carga de trabajo docente, que dificultan la entrega oportuna de comentarios personalizados. Como solución innovadora, se propone integrar la IA generativa para ofrecer retroalimentación individualizada e inmediata, apoyada en el análisis de patrones y en la personalización del proceso evaluativo. Además, se presenta un estudio de caso con 42 participantes de una institución de educación superior. Los resultados revelan que la retroalimentación generada por IA favorece un aprendizaje autorregulado, aumenta la participación estudiantil y optimiza

el uso del tiempo docente. Sin embargo, emergen desafíos éticos, de confiabilidad de privacidad y accesibilidad tecnológica que el docente debe gestionar. Se concluye que, para potenciar el aprendizaje significativo, es indispensable que los profesionales de la educación se involucren en el dominio y uso responsable de la IA generativa.

Introducción

Dentro de los procesos educativos, la evaluación juega un rol preponderante debido a que ofrece información valiosa con respecto al avance académico de los estudiantes; además, favorece la toma de decisiones de la institución educativa o de los docentes en relación con las estrategias didácticas a desarrollar. Esta evaluación se puede implementar de las siguientes maneras:

1) En diferentes momentos: inicial, procesual o final; 2) Por distintos actores: autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación interna o externa; 3) De acuerdo con la intención: diagnóstica, formativa o sumativa; 4) Según su extensión: global o parcial; 5) Considerando la metodología: cuantitativa, cualitativa o mixta; y, finalmente, 6) Con base en el estándar de comparación: de criterio o normativa.

En varios casos, la evaluación y la entrega de comentarios sobre el desempeño académico de los estudiantes no siempre se otorgan de manera inmediata ni personalizada, lo que se percibe como un área de oportunidad en el quehacer docente. Este panorama obedece, por una parte, al problema de gestión de tiempo que está íntimamente relacionado con la carga académica y administrativa que deben atender los docentes. Por otra parte, se debe al requerimiento de los ritmos y a las necesidades de aprendizaje de los alumnos. Este panorama refleja una preocupación que aqueja a docentes y estudiantes, pues la retroalimentación tardía se presenta como un obstáculo

para el mejoramiento del desempeño académico de los alumnos y la optimización de la tarea docente. A fin de brindar una solución innovadora, la IA generativa surge como una herramienta capaz de llevar a cabo una evaluación formativa en menor tiempo, aunado a ello, otorga alguna apreciación constructiva para los estudiantes. Sin embargo, de la mano de las ventajas mencionadas, es prioritario que el docente identifique la validez y confiabilidad de la evaluación que realiza esta herramienta, ya que se reconoce la existencia de limitaciones y desafíos éticos que pueden surgir al ceder la responsabilidad de evaluar el desempeño a un ente artificial, acción que le corresponde al docente. De ahí surge la pregunta de investigación: ¿Cuál es el papel de la integración de la IA generativa en el proceso de evaluación formativa para retroalimentar a sus estudiantes?

Cabe señalar que, la estrategia metodológica empleada en la presente investigación tiene un posicionamiento paradigmático interpretativo, desde el cual se desarrolla un estudio de caso de una institución educativa en el nivel superior. A fin de recolectar información, se emplean la técnica de entrevista a los docentes y un grupo focal con estudiantes, dando un total de 42 sujetos de la investigación. Como resultados relevantes del estudio, se reconoce que el papel de la integración de la IA generativa en el proceso de evaluación formativa para retroalimentar a los estudiantes es conveniente en los actos educativos, debido a que ofrece elementos indispensables para un cambio positivo en las aulas.

El papel de la evaluación formativa en los procesos educativos

El proceso evaluativo que se despliega durante el desarrollo de la enseñanza y el aprendizaje es trascendental en el contexto educativo, debido a que, recupera información significativa que ayuda a identificar el progreso y las debilidades académicas de

los educandos. Por otro lado, permite al docente reconocer la efectividad de las acciones pedagógicas diseñadas para dar vida a los contenidos escolares. Además, la información surgida de la evaluación ayuda al docente a modificar su quehacer y, en el caso del estudiante, le da la oportunidad de reflexionar y actuar sobre su propio proceso de construcción del conocimiento.

Entre los distintos tipos de evaluación, la formativa es uno de los más significativos para el proceso educativo, pues favorece la interacción entre la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes. Uno de sus principales intereses se centra en valorar los procesos más allá de los productos finales, lo cual reconoce el carácter dinámico de la educación. Esta evaluación en particular se caracteriza por su tendencia a mejorar y a ayudar a autorregular el quehacer docente y el desempeño de los estudiantes, independientemente del nivel educativo en el que se despliegue. La evaluación formativa es contraria a la evaluación sumativa común y restrictiva, que se relaciona con tareas de rendición de cuentas, sobre todo a nivel administrativo, y generalmente se ubica al final de un módulo, curso o carrera. La finalidad de la evaluación sumativa es dar vida a los mecanismos de control de actividades burocráticas, en el caso del ámbito educativo, sirve para acreditar alguna asignatura o curso, o para certificar a los estudiantes (Perazzi, y Celman, 2017). En contraste con la sumativa, la evaluación formativa es más compleja, humanística e integral que la evaluación del desempeño de los educandos a lo largo del curso, del semestre o de la carrera.

Las evidencias recuperadas durante el proceso educativo y los resultados obtenidos de las distintas actividades pedagógicas que se realizan dentro del aula constituyen el soporte que da vida a la evaluación del proceso educativo y posibilita el acrecentamiento del conocimiento de las competencias y habilidades que se van moldeando en el alumnado. Cada una de estas evidencias brinda información sustancial para la toma de decisiones a nivel

académico, ya que, su análisis permite identificar áreas que requieren de atención. La dirección que lleva esta evaluación no es lineal ni unidireccional; por el contrario, debe tener un componente dialógico que ayude a construir la retroalimentación dentro de los procesos académicos (Herbas, 2024), de manera tal que los estudiantes sean partícipes de la tarea evaluativa y de la construcción de su futuro profesional. En este mismo sentido, el enfoque formativo está conectado con el desarrollo continuo e interactivo de los sujetos que participan de él. Además, encamina a los sujetos (educando y educador) a mejorar las tareas educativas y de apropiación del conocimiento, acciones propias del proceso de enseñanza-aprendizaje. Este panorama sugiere la necesidad de un monitoreo constante de dichos quehaceres, pues esta evaluación demanda una orientación y valoración puntuales sobre la implementación de las decisiones tomadas en el acto educativo, lo que favorece tanto a estudiantes como a docentes al momento de ajustar las estrategias y dinámicas a fin de alcanzar el mejoramiento constante de los procesos formativos.

Vale la pena enfatizar que, la vida educativa en las instituciones y sus aulas requiere de procesos críticos para evaluar la calidad y empoderamiento de los conocimientos y habilidades formativas que se realizan, con ello ayudar a conocer el estado en el que se encuentra la institución y sus integrantes en sus diferentes momentos a lo largo de cada semestre y de su historia, por lo que, cada uno de los distintos modos de evaluación juega un rol esencial. Esto se debe a que la información y los datos que la evaluación ofrece dan la pauta para que los actores educativos tomen decisiones en cuanto al rumbo que ha de seguir la educación en los espacios escolares de cada plantel. Lo que, al final de cuentas, se traduce en políticas que transforman las acciones de índole educativa.

La IA generativa y la retroalimentación académica

La función formativa de la evaluación brinda la oportunidad de valorar cualquier situación académica que así lo requiera, ofreciendo una diversidad de evidencias que deben ser revisadas y analizadas para considerarlas en la toma de decisiones. Con la intención de hacer este proceso más atractivo, se sugiere la incorporación de herramientas tecnológicas (Otto et al., 2023). La IA generativa, en este punto, se presenta como una herramienta potencialmente adecuada para retroalimentar los procesos educativos en tiempo real. La esencia de la retroalimentación consiste en proveer a los estudiantes información relevante sobre el alcance de su desempeño, que los docentes pueden analizar con el objetivo de efectuar ajustes tendientes a optimizar los aprendizajes. Para lograr el propósito de la retroalimentación es indispensable que ésta sea entregada en el tiempo adecuado a fin de que los educandos puedan aprovecharlo y hacer los ajustes pertinentes, y así, encaminarse al mejoramiento de construcción de sus conocimientos (Ossa, y Willatt, 2023). Desafortunadamente, no siempre llega a tiempo dicha retroalimentación. Con el fin de atender esta área de oportunidad, la IA generativa proporciona a los docentes varias herramientas digitales que facilitan la entrega oportuna de la retroalimentación. Como ejemplos se citan: “*EDpuzzle, Flipgrid, Genially, Mentimeter, Nearpod, Quizlet, Piazza, WebAssign, Wheeldecide*” (Auriolles, 2021).

Cabe indicar que, uno de los aspectos que actualmente caracterizan a la IA generativa es la capacidad para desplegar acciones cognitivas propias para cada persona. En este caso, a través del análisis de la información solicitada por la instrucción que se proporciona al modelo de IA (*prompt*), la IA puede reconocer patrones en el *prompt*, siendo más versátil en sus respuestas que el ser humano. Gracias a estas acciones de análisis y reconocimiento de patrones, la IA es capaz de ofrecer

retroalimentación personalizada, e identificar necesidades específicas de los estudiantes. En este sentido, la valoración y asesoramiento se vuelve eficaz y relevante, ya que optimiza el aprendizaje autónomo, le da profundidad y lo puede volver más significativo. Aunado a ello, se encuentra como otra ventaja la inmediatez con la que los alumnos reciben las diferentes críticas en relación con el desempeño de su trabajo.

En la evaluación formativa, la IA generativa proporciona a los educandos avances inmediatos y continuos en sus tareas, reconociendo sus fortalezas y áreas de oportunidad. Esta tarea invita a los estudiantes a revisar y modificar las acciones que emprenden durante la construcción de sus conocimientos con la intención de mejorar su proceso formativo. Con ello, y gracias a estas herramientas, el rol del alumno se vuelve más activo y con mayor compromiso con su aprendizaje, lo que favorece y promueve un aprendizaje autorregulado.

Sin embargo, a pesar de las bondades señaladas en la implementación de la IA generativa, emergen simultáneamente serios desafíos que requieren atención. Uno de los más preocupantes tiene que ver con la privacidad y la seguridad de los datos y, además, la accesibilidad de las tecnologías por parte de los estudiantes es un gran reto. El aspecto educativo humanista no puede pasarse por alto, pues la IA generativa no lo proporciona y se requiere en una evaluación formativa; es decir, hay necesidades que el maestro debe atender, entre ellas los aspectos emocionales y el entorno en el que se desarrolla el aprendizaje.

Paradigma, ruta de investigación del estudio de caso

Después de una revisión ontológica, epistemológica y metodológica del objeto de estudio (la integración de la IA generativa como herramienta para retroalimentar los aprendizajes en tiempo real), se considera adecuado para

el desarrollo de la presente investigación posicionarse en el paradigma interpretativo. Ontológicamente hablando, se concibe la realidad como una realidad compleja y dinámica. En cuanto al aspecto epistemológico, se valora la relación existente entre sujeto y objeto (sujetos), y, en el ámbito metodológico, el enfoque cualitativo guiará la implementación de instrumentos para la recolección de datos (de Franco y Solórzano, 2020).

En consonancia con el paradigma interpretativo, se opta por seguir la ruta cualitativa, debido a que la finalidad es llegar a la comprensión de este hecho educativo. Para ello, se busca recuperar la parte subjetiva de los informantes de esta investigación dentro de un contexto natural. La indagación desde esta visión busca conocer la manera en que estos individuos perciben, en este caso, el proceso de evaluación formativa con ayuda de la IA generativa a través de sus interpretaciones y experiencias.

Concretamente, el presente proceso indagatorio se desarrolla bajo un estudio de caso, pues éste permite examinar el hecho educativo en cuestión desde su propia complejidad, buscando a su vez el conocimiento de la interacción que se da dentro del entorno donde surge la integración de la IA generativa para retroalimentar los aprendizajes. Cada una de las personas interpreta y da significado a la conexión que existe entre ellas y la retroalimentación de sus aprendizajes, y es precisamente esta interpretación la que interesa a este enfoque de investigación.

Técnicas e instrumentos de recogida de datos

La presente investigación es de corte transversal y cualitativo, con el propósito de conocer la manera en que estudiantes y docentes perciben el proceso de evaluación formativa con ayuda de la IA generativa. Para recolectar datos significativos para el presente estudio, se utilizaron técnicas e instrumentos diseñados para tal efecto. En primera instancia, la entrevista dirigida a

docentes que laboran en una licenciatura tuvo la intención de recuperar sus experiencias en cuanto a la evaluación formativa, así como las ventajas y desafíos que ellos identifican durante su implementación en la dinámica educativa. Además, se analizó la manera en que empleaban la IA generativa; con ello, se ofrece una crítica constructiva del desempeño académico de los estudiantes.

En segunda instancia, se conjuntó un grupo focal con los alumnos de los docentes entrevistados; se recogió su voz, recuperando las vivencias sobre la retroalimentación que reciben de sus docentes y de la IA generativa, los tiempos de entrega de la retroalimentación por parte de ambos y el uso que dan a los resultados proporcionados por los docentes e IA generativa. Esto es, el impacto que tienen tales comentarios en su proceso de aprendizaje.

Delimitación del estudio

La delimitación de este estudio constituye el recorte de una realidad educativa digna de ser abordada para su comprensión. La presente investigación se desarrolla en una institución de educación superior ubicada en la capital del Estado de Chihuahua, concretamente en un grupo de 17 estudiantes de licenciatura del turno matutino, quienes, junto con algunos de sus docentes, constituyen los sujetos de investigación. Para su selección, se empleó el muestreo por conveniencia, considerando que los sujetos tenían tiempo disponible y estaban interesados en participar en esta investigación, lo que alcanzó un total de 42 informantes clave.

Estrategia de análisis de datos

Un investigador con experiencia en sociología efectuó las entrevistas semiestructuradas a los docentes y se creó un grupo focal con los estudiantes. Tanto las entrevistas como el grupo focal se audiograbaron con la finalidad de analizarlas posteriormente.

Las respuestas se codificaron y categorizaron utilizando el software Atlas.ti.

Análisis y discusión de resultados

La función formativa de la evaluación

Para los sujetos de la presente investigación, la evaluación constituye un proceso de valoración indispensable en todo acto educativo. De acuerdo con los docentes, la participación en el quehacer evaluativo, tanto de profesores como de estudiantes, es indispensable, pues se requiere una evaluación integral. Al respecto, un participante menciona en su entrevista: “Personalmente, siempre agrego a mis actividades en clase por lo menos una autoevaluación, coevaluaciones cuando deben trabajar en equipo y, pues, la evaluación que yo emito” (Entrevista₁₁). Idea que recupera la importancia de conocer las impresiones valorativas de los sujetos respecto del desempeño académico.

Los profesionales de la educación desarrollan la evaluación formativa de diversas maneras, sin embargo, la finalidad siempre es la misma: mejorar los procesos educativos. En este punto, se recupera de la voz de los integrantes de la institución los siguientes testimonios: “Yo llevo un registro en mis clases de todas las actividades, tareas, exposiciones y demás ejercicios que hacen mis estudiantes” (Entrevista₀₅). “Mira, la evaluación formativa requiere mucho trabajo y te demanda muchísimo tiempo, pero vale la pena, porque es una manera de ir acompañando a los chicos en su aprendizaje” (Entrevista₁₃). “Una de las maestras nos entrega una tarjetita y ahí escribe mensajes positivos cuando exponemos bien” (GpF₀₁).

Como se puede apreciar, la finalidad de la evaluación formativa está vinculada a la necesidad de conocer el progreso académico de cada estudiante, a fin de mejorar tanto los procesos de enseñanza

como los de aprendizaje. Por otro lado, los maestros reconocen la importancia de dar vida a un acto dialógico entre ellos mismos, ya que, a través de éste, se busca revisar y analizar constantemente el desarrollo de las tareas académicas dentro de la dinámica áulica. Aunado a ello, los docentes saben que este acto favorece la retroalimentación (Herbas, 2024). En cuanto a esta última, se encuentran diferentes experiencias.

“Pues, a nosotros, una de las maestras, siempre nos da esa retroalimentación. Cada vez que termina un tema, nos dice cómo lo hicimos y en qué debemos mejorar, para que la próxima vez ya no repitamos el mismo error” (GpoF₁₇). “Que yo recuerde, no todos los maestros dan retroalimentación; bueno, más bien, algunos sí la dan, pero como que la dan tiempo después de que terminaron el tema, y así como si no la hubieran dado” (GpoF₀₇). “Para ser sincero, si trato de retroalimentar a los chavos, a veces lo hago ahí en la clase, de manera oral, pero en ocasiones, es tanta la carga académica y administrativa que no siempre me es posible hacerlo” (Entrevista₀₄).

El propósito de la evaluación formativa es que los estudiantes reciban información oportuna y constante de su progreso con la intención de actuar con prontitud para atender las áreas de oportunidad identificadas, o para optimizar las fortalezas con las que se cuentan. Al respecto se presentan estas opiniones:

“Cuando los maestros me entregan los exámenes, o cualquier evaluación, yo la reviso en ese momento, pero no vuelvo a revisarla más adelante, y a veces vuelvo a cometer el mismo error. Y lo sé porque los maestros me dicen y me repiten dónde me fue mal” (GpoF₁₄).

“Mi intención es poder apoyar a mis estudiantes en la construcción de sus conocimientos, por eso reconozco lo importantes que son las evaluaciones para ellos y para mí. Siempre registro los

progresos o retrocesos que presentan para poder ayudarlos a comprender los contenidos y que no estén batallando en los siguientes semestres” (Entrevista₀₈).

De manera general, docentes y estudiantes consideran que la información y retroalimentación surgidas de las evaluaciones formativas sirven para tomar decisiones en ambos procesos. Por su parte, los profesionales de la educación las emplean para modificar las estrategias diseñadas para impartir las clases, es decir, para mejorar su quehacer. Por otro lado, en teoría, esta información les sirve a los estudiantes para reflexionar sobre su actuar, su progreso y sus áreas de oportunidad, con la intención de transformar su propio aprendizaje. Pero no todos aprovechan esta información para hacer algún cambio en la práctica de sus estudios.

El papel de la retroalimentación generada por la IA generativa

La transformación de los diálogos, los ajustes pedagógicos y las estrategias de estudio que realizan los profesores y estudiantes obedecen al análisis de la información obtenida del proceso de evaluación formativa. No obstante, es necesario señalar que, debido a la alta demanda de actividades académicas y administrativas, este proceso de evaluación formativa continua no es sistemático para los docentes. En atención a esta realidad, aunada al interés de motivar y atraer a los estudiantes a procesos valorativos más interesantes, se propone apoyarse de herramientas tecnológicas en las evaluaciones (Otto et al., 2023). Para ello, la IA generativa se visualiza en este aspecto como un apoyo inigualable en la retroalimentación de las actividades académicas que los estudiantes ejecutan dentro de la dinámica educativa, ya que les ofrece información significativa sobre sus avances y retrocesos, lo que les permite hacer una reflexión de su

propio actuar ante su aprendizaje. En este punto, algunos jóvenes comentan:

“Pues obvio que es más divertido cuando trabajamos con alguna aplicación que te retroalimenta de inmediato, porque luego luego sabes en qué estás fallando” (GpoF₁₇). “Cuando trabajamos con IA, por ejemplo, te evalúa y te retroalimenta, entonces corriges tu error, lo aprendes y, cuando la IA te da la oportunidad de volverlo a intentar, corriges la respuesta y listo” (GpoF₀₆). “Pienso que es muy importante durante la clase que recibas retroalimentación para conocer cómo vas, qué necesitas aprender de lo que no sabes, y así” (GpoF₀₂).

Como puede apreciarse, la entrega inmediata de la retroalimentación permite que los estudiantes aprovechen la información a través de la evaluación formativa, esto, para poner atención en las áreas de oportunidad y en las fortalezas del desempeño académico, la intención es mejorar sus procesos de aprendizaje (Ossa, y Willatt, 2023). En el caso de los docentes, la retroalimentación que brinda la IA generativa se reconoce como un apoyo en el quehacer docente. No obstante, la ventaja está relacionada sobre todo con aprovechar el tiempo que emplean los docentes en este proceso de evaluación, realidad que se refleja en estos comentarios: “Gracias al uso de la IA generativa puedo aprovechar el tiempo y los jóvenes reciben su evaluación” (Entrevista₀₈). “No, no siempre trabajamos con esa retroalimentación en clases... cada alumno recibe su evaluación de manera personal” (Entrevista₀₅).

La retroalimentación oportuna que reciben los estudiantes les ayuda en el reconocimiento y atención de los errores cometidos al responder en alguna evaluación. Tal panorama se puede identificar cuando se trabaja con herramientas tecnológicas como lo son: “EDpuzzle, Flipgrid, Genially, Mentimeter, Nearpod, Quizlet, Piazza, WebAssign, Wheeldecide” (Auriolles, 2021), las cuales

favorecen un aprendizaje con mayor profundidad. Al respecto, uno de los alumnos de la institución en estudio comenta:

“Por ejemplo, a mi maestra de español le gusta usar cosas novedosas en sus clases, a mí me gusta mucho. Yo no conocía; bueno, nunca habíamos trabajado con *Nearpod ni Flipgrid*, y la maestra nos enseñó. La verdad es que es muy divertido. Siempre estás atento a trabajar y a tener que responder las preguntas que te pide. Es como trabajar jugando, y así vas aprendiendo... y luego, con el *Flipgrid*, hasta tienes que saber organizar la información que te piden en los minutos que te asignan, porque grabas un video. Y así son maneras que usa la maestra para irte evaluando en las clases. A mí sí me gusta mucho su clase porque es muy diferente” (GpoF₀₃).

Resulta interesante conocer experiencias exitosas de la incorporación de la IA generativa en los procesos de valoración en el ámbito educativo. No obstante, es imperante no invisibilizar los desafíos inherentes al uso de las nuevas tecnologías, pues estos requieren atención concreta para evitar que afecten la educación de los jóvenes. “A mí a veces sí me da miedo tener que meter mis datos, porque como están las cosas, qué miedo” (GpoF₁₇). “Una de las desventajas que yo veo es que algunos de los alumnos, aunque son pocos, en ya varias ocasiones han tenido problemas para conectarse y trabajar con algunas herramientas, y pues no reciben retroalimentación” (Entrevista₁₂). Realidad que el docente debe considerar en la valoración del desempeño de sus estudiantes.

Conclusiones

El presente estudio de caso aborda el tema de la evaluación formativa, particularmente el papel que desempeña la IA generativa para identificar, en tiempo real, las áreas de oportunidad y las fortalezas a partir de la retroalimentación

brindada a los estudiantes. A lo largo de estas líneas, se reconocen, en teoría, los beneficios inherentes de la IA generativa en la tarea de retroalimentar el proceso académico. Asimismo, se subrayan las ventajas de valorar los procedimientos desarrollados durante el aprendizaje (evaluación formativa) más que los productos finales, como ocurre con la evaluación sumativa, no recomendada.

Gracias a las ventajas que ofrece la metodología de corte cualitativo, fue posible llevar a cabo un proceso indagatorio con estudiantes de nivel superior, a fin de responder a la pregunta: ¿Cuál es el papel de la integración de la IA generativa en el proceso de evaluación formativa para retroalimentar a los estudiantes? Se observa que, indiscutiblemente, la evaluación formativa ofrece información valiosa y significativa para la toma de decisiones, principalmente por parte del docente, orientando el cambio que requieren las acciones pedagógicas emprendidas para favorecer el aprendizaje. Dentro de este tipo de evaluación, la interacción y el diálogo entre docente y discente se fortalecen, pues con frecuencia, y con ayuda de las evidencias registradas, se logra una retroalimentación personalizada. En particular, la retroalimentación ofrecida por la IA generativa posibilita la valoración del desempeño académico en tiempo real, de forma constante e individualizada, lo que, en teoría, puede entenderse como que esta herramienta potencia el aprendizaje de los estudiantes.

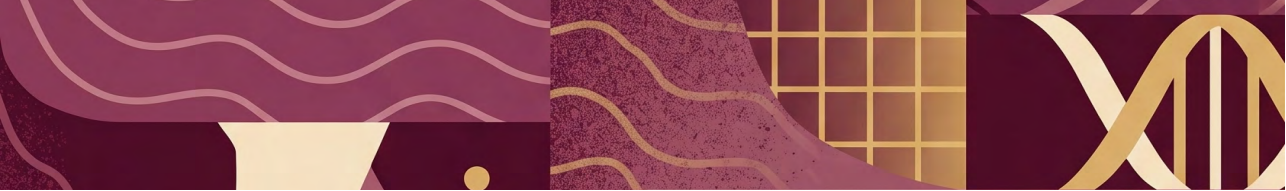
Afortunadamente, según el análisis realizado aquí, se reconoce que los estudiantes valoran la retroalimentación inmediata. Sin embargo, algunos de ellos revisan sus anotaciones iniciales solo para cambiar el resultado de su evaluación en el segundo intento que ofrece la IA generativa. En cambio, otros ponen atención a la clase para obtener un puntaje alto en la evaluación. Por otro lado, algunos docentes emplean la retroalimentación generada por la IA generativa para recuperar algo del tiempo que demandan las actividades académicas y administrativas.

Sin lugar a dudas, el papel que desempeña la integración de la IA generativa en el proceso de evaluación formativa para retroalimentar a los estudiantes es conveniente dentro de los actos educativos, pues, como se ha venido manejando, ofrece elementos indispensables para un cambio positivo en las aulas. No obstante, para que la IA generativa potencie el aprendizaje significativo, los profesionales de la educación tienen el compromiso y la responsabilidad de involucrarse de manera activa en conocer y dominar estas herramientas y, no permitir que estas se utilicen de manera indiscriminada.

Referencias

- Auriolles, M. (2021). Diez herramientas digitales para facilitar la evaluación formativa. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, (18), 127-139. <https://doi.org/10.51302/tce.2021.575>
- de Franco, M., y Solórzano, J. (2020). Paradigmas, enfoques y métodos de investigación: análisis teórico. *Mundo recursivo*, 3(1), 1-24. Recuperado el 16 de agosto de 2024 de <https://www.atlantic.edu.ec/ojs/index.php/mundor/article/view/38>
- Herbas, M. (2024). La evaluación formativa en los entornos virtuales de aprendizaje: Una revisión de la literatura. *RebE Revista Boliviana de Educación*, 5(9), 7-22. <https://doi.org/10.61287/rebe.v5i9.1>
- Ossa, C., y Willatt, C. (2023). Uso de Inteligencia Artificial Generativa para retroalimentar escritura académica en procesos de Formación Inicial Docente. *European Journal of Education and Psychology*, 16(2), 1-16. <https://doi.org/10.32457/ejep.v16i2.2412>.
- Otto, A., Bakieva, K., y García, L. (2023). Evaluación formativa a través de herramientas informáticas: nuevos enfoques y perspectivas. *Revista Tecnología, Ciencia Y Educación*, (26), 7-8. Recuperado el 23 de agosto de 2024 de <https://www.tecnologia-ciencia-educacion.com/index.php/TCE/article/view/19285>

Perazzi, M., & Celman, S. (2017). The evaluation of learning in university classrooms: a research on the practices. *Praxis Educativa*, 21(3), 23-31. DOI: <https://doi.org/10.19137/praxiseducativa-2017-210303>



8.

La inteligencia artificial generativa en la evaluación formativa

Dr. César Sánchez Olavarría
Dra. Ana Bertha Luna Miranda

Resumen

El avance tecnológico ha tenido un gran impacto en la sociedad. En este sentido, la irrupción de la IA generativa en la educación, en particular en la evaluación formativa, ha causado revuelo por su flexibilidad y adaptabilidad en los procesos educativos. El objetivo de esta investigación fue conocer la percepción que tienen los estudiantes en educación sobre el papel de la IA generativa en los procesos de aprendizaje, el desempeño académico y la evaluación formativa. Este estudio tuvo un enfoque mixto de tipo analítico, valorativo e interpretativo. Se encuestó a 120 estudiantes de dos instituciones educativas mediante la plataforma Google Forms y un instrumento de ocho dimensiones, con preguntas cerradas y abiertas. Se concluye que la IA generativa ofrece herramientas que satisfacen las necesidades de aprendizaje de los estudiantes, ya que personaliza, monitorea, fomenta la interactividad y brinda retroalimentación, lo que favorece la evaluación formativa.

Introducción

Desde el inicio de la civilización, los humanos han buscado satisfacer sus necesidades básicas, como alimentación, vestido

y vivienda, por lo que, a lo largo del tiempo, el hombre ha desarrollado técnicas y herramientas que le faciliten cubrir esas necesidades. En la actualidad, el avance vertiginoso de la tecnología ha tenido un gran impacto en la sociedad, y la irrupción de la IA generativa en la educación no ha sido la excepción, debido a su capacidad para analizar una gran cantidad de información en tiempo mínimo e identificar patrones de uso comparables a la generación de información que un humano puede producir para dar respuestas a un cuestionamiento o resolver un problema. La IA generativa tiene el potencial para transformar la enseñanza y facilitar los procesos educativos al crear experiencias de aprendizaje personalizadas, reducir el tiempo de preparación de materiales y asistir al profesorado en las tareas de investigación.

Con la incorporación de esta tecnología en la educación, se debe prestar especial atención a sus impactos y, sobre todo, a las transformaciones que se generan en las relaciones de enseñanza-aprendizaje y de evaluación. La IA generativa fortalece el aprendizaje personalizado, el monitoreo constante, la actualización de contenidos y la retroalimentación específica. El futuro ya está aquí y no viene solo, por lo que es necesario adaptarse y encontrar estrategias que potencien el aprendizaje de los estudiantes.

El manejo de la IA generativa con una postura ética adquiere relevancia para utilizarla como herramienta que no limite la creatividad, sino que, a su vez, fomente el pensamiento crítico y cuestione los resultados obtenidos, con el objetivo de fortalecer el aprendizaje de los estudiantes y la enseñanza de los profesores.

Antecedentes

Un posible origen de la inteligencia artificial (IA) se remonta a los constantes cuestionamientos sobre si las máquinas en algún momento podrían pensar. Los primeros indicios de la IA

se remontan a los años cuarenta con la presentación del modelo de neuronas artificiales creado por McCulloch y Pitts. En la década de los 50, Alan Turing planteaba la posibilidad de que las máquinas pudieran pensar si los algoritmos con los que se alimentaban fueran lo suficientemente claros y específicos como para responder a lo que demandaba un usuario. Cada uno de esos cálculos que almacena la máquina proporciona información que puede utilizarse para “pensar como humano” y resolver alguna demanda del usuario. Este autor creó un test de inteligencia mecánica en el que se evaluaba qué tan humana podría ser una máquina como para confundir a una persona. En esa misma época, McCarthy introduce el término inteligencia artificial para describir la ciencia y la ingeniería de hacer máquinas inteligentes (Giletta, et al., 2020). Por su parte, Minsky consideraba que el cerebro era una máquina y, como tal, sus funciones podrían replicarse, por lo que definió la IA como “la ciencia de hacer que las máquinas realicen tareas que requerirían inteligencia si las hicieran los humanos” (Fajardo de Andara, 2021: 4). La IA es el resultado de la articulación entre la informática, la ciencia cognitiva y la filosofía.

En 1960 se inició la primera etapa de la IA, basada en un lenguaje de programación de reglas. Con el avance de la tecnología y el interés por financiar su progreso, se desarrollaron lenguajes más complejos, basados en técnicas de aprendizaje automático, en las siguientes dos décadas. En esta misma década, se realiza el primer intento de generar lenguaje humano a través de ELIZA, el primer chatbot que utilizaba técnicas básicas de procesamiento del lenguaje, lo que le permitía generar respuestas “naturales” en texto a preguntas sencillas y sentó las bases para una interacción más coherente con los usuarios a través de la inteligencia artificial (Weizenbaum, 1966). Era el inicio de la llamada IA generativa.

En la década de los 80, la IA experimenta un nuevo auge en dos vertientes. La primera fue el uso del lenguaje natural mediante

modelos estadísticos basados en probabilidades (Jelinek, Bahl y Mercer, 1975), lo que también permitió el desarrollo de la traducción automática, puesto que las máquinas tenían la capacidad de generar textos; sin embargo, era necesario el trabajo de un editor humano para construir textos entendibles. Una segunda vertiente se basó en la creación de la Red Neuronal Recurrente (RNN, *Recurrent Neural Network*), que consistía en un sistema de almacenamiento de información y en la generación de secuencias o patrones de uso (Hopfield, 1982), y que fue la base de la memoria de los sistemas artificiales actuales. El desarrollo tecnológico a lo largo del tiempo ha permitido una rápida evolución de la IA, desde algoritmos simples para la generación de datos hasta redes neuronales avanzadas que han llevado a la creación de la IA generativa.

En los 90, Hochreiter y Schmidhuber (1997) introdujeron la *Long Short-term Memory* (LSTM), una RNN avanzada que controla la capacidad de retención de memoria a largo plazo, lo que contribuye a mantener información a lo largo de extensas secuencias de preguntas y permite generar contenido contextualmente relevante y coherente. Una década más tarde, Bengio y su equipo presentaron un nuevo avance de la RNN: un modelo de lenguaje natural basado en la retroalimentación de las redes neuronales, que permitía a la máquina predecir la siguiente palabra en una secuencia ilimitada. Este modelo introdujo una forma efectiva de aprender secuencias de palabras realistas a partir de grandes volúmenes de texto (Bengio et al., 2003: 1139).

La llegada de Siri de Apple, Google Assistant y Alexa de Amazon marcó el inicio de los asistentes de voz (2010-), que son ejemplos avanzados del uso de la IA generativa para entender y realizar tareas como reproducir música, hacer búsquedas, contar chistes, encender o apagar las luces, programar recordatorios, jugar, responder preguntas, etc. En esa misma década, Mikolov y su equipo crearon Word2vec, una técnica que empleaba redes

neuronales para aprender relaciones semánticas entre palabras, lo que facilitaba tareas como la sugerencia de palabras y la detección de sinónimos (Mikolov et al., 2013).

Posteriormente, el avance de los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM, *Large Language Model*) permitió que los ingenieros de IA mejoraran las aplicaciones de IA generativa, capacitándolas para producir varios tipos de contenido, incluidos textos similares a los escritos por una persona, así como la creación sintética de imágenes, videos, música y audio semejantes a personas reales. Por ejemplo, ChatGPT (*Generative Pretrained Transformer*) es una herramienta de IA generativa basada en un modelo de lenguaje generativo que puede aprender y procesar información sin supervisión a partir de grandes conjuntos de datos (Spinak, 2023).

La IA generativa en la educación

El desarrollo de la tecnología ha impactado en muchos campos, y la educación no es la excepción, pues es útil tanto como herramienta como para potenciar las habilidades y capacidades de los estudiantes. Sin embargo, la formación docente es indispensable para aprovechar los beneficios del uso de la tecnología en el aula, ya que los estudiantes la utilizan de manera cotidiana y constituye un área de oportunidad para involucrarlos en su proceso de aprendizaje.

Con el progreso tecnológico, la IA generativa está transformando la manera de enseñar y aprender, ya que ofrece herramientas que personalizan la educación y la hacen más accesible y efectiva. No obstante, Russell y Norvig (2016) puntualizan que la IA generativa necesita de la inteligencia humana para programar las máquinas y que estas realicen una tarea determinada. El uso de los entornos de aprendizaje virtual y los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés) se ha incorporado

a la IA generativa con la finalidad de personalizar y adaptar el aprendizaje a las necesidades de los estudiantes mediante el análisis de su comportamiento y rendimiento (Zapata, 2024).

El uso de los chatbots educativos ha revolucionado la forma de aprender de los estudiantes que tienen computadora, teléfono inteligente, y acceso a internet. Los estudiantes expresan sus dudas a los chatbots, y estos les responden de manera comprensible a través del procesamiento de lenguaje natural (NLP, por sus siglas en inglés). Vidal et al. (2024) afirman que, los chatbots hacen la labor de asesores al asistir a los estudiantes de manera continua para resolver las problemáticas que enfrentan; ello, mejora significativamente la experiencia de aprendizaje. La personalización de la educación mediante medios digitales ha sido un acierto.

De lo anterior señalado, podemos predecir que la formación en IA, IA generativa e inteligencia de datos formará parte del currículo de las profesiones con mayor demanda. Los programas educativos deben proveer de estas herramientas digitales para su propio beneficio, ya que personalizan la formación según las necesidades y ritmos de aprendizaje de los alumnos, mejorando así la calidad educativa y ampliando el acceso mediante métodos innovadores de gestión en el aula (García, 2021).

La IA generativa en la evaluación formativa

El proceso de evaluación del aprendizaje es continuo y se desarrolla durante la interacción entre el docente y el estudiante a lo largo del ciclo escolar. Sin embargo, ha prevalecido la evaluación orientada a medir el aprendizaje mediante calificaciones unitarias o parciales, aunque no es la forma correcta. Este enfoque unitario se vio fortalecido mediante el uso de la tecnología, que asistió a los profesores en la aplicación de exámenes mediante evaluaciones automáticas e inmediatas. No obstante, la tecnología, al igual que

los procesos evaluativos, ha evolucionado con la llegada de la IA generativa, por lo que en la actualidad la evaluación se centra en un proceso integral del estudiante durante su formación, y no en la asignación de una nota. Esto significa tener un tipo de evaluación centrado en la constante reflexión, seguimiento, y retroalimentación del proceso de aprendizaje. Evaluación orientada a que el estudiante protagonice la integración de sus aprendizajes y los aplique en la vida diaria.

Los Sistemas de Tutoría Inteligente (*ITS-Intelligent Tutoring Systems*) aportan información relevante para los principales agentes educativos que interactúan en el aula: estudiantes y docentes, permitiendo que estos dos avancen a su propio ritmo, según las circunstancias. Además, los ITS retroalimentan con comentarios detallados, corrigen errores, precisan conceptos y realizan un monitoreo puntual en los avances, lo que les permite realizar ajustes pedagógicos durante el curso y mejorar el desempeño de los estudiantes (Williamson, 2017; Hernández-León y Rodríguez-Conde, 2024; Vidal et al., 2024). En el caso de los docentes, los ITS proveen un análisis sobre la interacción docente-estudiante, e identifican modelos de enseñanza en el profesor, lo que le permite contar con elementos para evaluar las tareas de manera continua, reflexionar sobre su quehacer y desarrollar su práctica (Munawar et al., 2018; Curiel-Ramírez et al., 2022). Pérez y Figueroa (2023) puntualizan que la IA generativa fortalece el proceso de monitoreo para identificar problemas de aprendizaje y realizar la retroalimentación de manera personalizada o colectiva de forma inmediata, lo que complementa el trabajo docente.

Actualmente, existen tres enfoques en torno a la IA generativa. La primera es evitarla a toda costa, lo cual sería una batalla perdida desde el inicio, puesto que no se puede prohibir en todo momento, debido a la enorme cantidad de información a la que tienen acceso los estudiantes. La segunda es utilizarla en todo momento,

lo cual facilita las cosas, pero genera una dependencia que inhibe la creatividad y el pensamiento crítico. La tercera es respecto a su uso como complemento al realizar ciertas actividades. En este sentido, el docente debe buscar un equilibrio en su uso. Sánchez (2023) afirma que los docentes deben adaptarse a la era tecnológica y probar las diferentes herramientas, familiarizarse con ellas y emplearlas a la hora de crear sus estrategias de aprendizaje.

La ética en el proceso de evaluación

Algunos de los problemas a los que se enfrenta el docente al utilizar la tecnología en el proceso de aprendizaje están relacionados con la evaluación, específicamente con la aplicación de exámenes. Otros problemas están relacionados con la privacidad de los datos, la confiabilidad al acceder a las plataformas y la certeza de que la persona que presenta el examen o accede a la plataforma es quien lo solicitó. Por ello, las instituciones han aumentado la vigilancia durante los exámenes (Ma y Yang, 2021; Al-Hakimi et al., 2023) mediante sistemas de reconocimiento facial que capturan rasgos faciales y el iris de una persona, lo que dificulta la usurpación de identidad (Khan y Alotaibi, 2020).

La implementación de la IA generativa en educación ha dejado al descubierto una serie de vacíos referentes al uso de herramientas, como ChatGPT, lo que genera incertidumbre, preocupación y vulnerabilidad a nivel institucional, pero, sobre todo, en los docentes, puesto que son ellos los que se enfrentan a los jóvenes hábiles en el manejo de la tecnología, y que algunas veces superan las habilidades de los docentes. Sánchez (2023:1) señala que “la comunidad docente y los administradores de la educación estamos en un estado que pudiera considerarse de ‘pánico moral’, por la irrupción de la IA en las evaluaciones tradicionales”.

La evaluación automatizada plantea desafíos éticos y técnicos relacionados con la privacidad de los datos y la equidad en su implementación (Williamson, 2017). Ante este escenario, se demanda la presencia de un marco regulatorio que guíe el uso apropiado de la IA generativa (ver tabla 1).

Tabla 1
Pautas para la creación de un marco regulatorio de la IA generativa.

Políticas claras sobre el uso de la IA generativa.
Leyes sobre la privacidad de datos.
Reglas de operación en materia de seguridad.
Transparencia algorítmica.
Responsabilidad en la toma de decisiones automatizada.
Establecer lineamientos para prevenir el plagio.
Actualización constante de las políticas que reflejen los avances tecnológicos.
Monitorear el uso de la IA generativa en la educación.
Formación constante a los usuarios sobre el uso ético de la IA generativa.
Promover la integridad académica.
Crear espacios de trabajo grupal entre expertos en tecnología, ética, derecho y educación para desarrollar soluciones integrales.
Amplia difusión del marco regulatorio entre los usuarios.

Fuente: Elaboración propia a partir de Gallent-Torres et al. (2023), Comisión Europea (2023), Guszczka et al. (2022), Chan (2023) y Ferguson et al. (2023).

La generación de documentos académicos no originales, creados mediante la IA generativa, se ha incrementado en los últimos años. Lo que trae a la mesa de debate es que estudiantes e investigadores utilicen estos resultados sin citarlos adecuadamente, lo que afecta la integridad académica (Gallent-Torres et al., 2023: 5), ya que fomenta las malas prácticas y aumenta el riesgo de plagio. Esto plantea la cuestión de “cómo se define y se previene el plagio en un entorno, donde las herramientas de IA generativa pueden producir contenido que no es claramente atribuible a una fuente específica” (Ellis y Slade, 2023:134). En este sentido, existen

programas antiplagio útiles en la academia e investigación que identifican el porcentaje de similitud entre los documentos elaborados por los usuarios: entre ellos, Turnitin, Plagscan, Viper y Plagiarism. Aunque su capacidad se limita a buscar similitudes entre textos ya publicados e indexados, el uso de este tipo de software para identificar textos elaborados mediante IA generativa se reduce. Además, la mayoría de estas aplicaciones se limitan a revisar textos en inglés. Por lo tanto, el trabajo docente, en términos de asesoría y seguimiento personalizado en la producción de textos de sus estudiantes, se revaloriza y adquiere mayor relevancia.

Por otra parte, la fácil accesibilidad a los modelos de IA generativa ha generado noticias falsas debido al uso inapropiado de audios e imágenes para crear información no autorizada, que puede utilizarse para influir negativamente en las personas. Con base en lo anterior, la citación y referenciación de los textos adquieren gran relevancia en términos éticos y de integridad académica al momento de hacer uso de algún modelo de IA generativa, como: Gen-2 de RunwayML, Apple Intelligence de Apple, Gemini de Google, Llama de Meta, Pi de Inflection, ChatGPT de OpenAI, Copilot de Microsoft, Le Chat de Mistral IA. A la fecha, las casas editoriales exigen que los autores indiquen si utilizaron alguna IA generativa, el año, la versión, el propósito y la sintaxis empleada en los buscadores. Si no lo hacen y se descubre alguna falta o deslealtad, los autores son penalizados con la retirada de sus manuscritos y consecuencias negativas para su carrera científica.

Estrategia metodológica

El objetivo de esta investigación fue conocer la percepción que tienen los estudiantes en educación sobre el papel de la IA generativa en los procesos de aprendizaje, el desempeño académico y la evaluación formativa. La presente investigación se realiza desde un enfoque mixto, mediante un estudio analítico-

valorativo e interpretativo de la perspectiva y los retos que conlleva el uso de la tecnología en los procesos de aprendizaje.

Se eligió una muestra intencionada, constituida por dos grupos de los últimos semestres, de dos instituciones formadoras de docentes, de una entidad federativa del país: una Normal y una Universidad Pública. Se encuestó a 120 estudiantes de dos instituciones educativas mediante la plataforma Google Forms y un instrumento de ocho dimensiones, con preguntas cerradas y abiertas: 1. Uso de la tecnología de IA generativa, 2. Adaptación al cambio, 3. Personalización del aprendizaje, 4. Saberes didácticos, 5. Valores éticos, 6. Interacción humana, 7. Formación tecnológica y 8. Pensamiento crítico.

La prueba de fiabilidad interna se realizó mediante el alfa de Cronbach, con un valor de 0,89, y la validación externa en un grupo de expertos mediante el método de Lausher, con un promedio del coeficiente de validez de 0,9.

Los resultados y el análisis aquí presentados corresponden únicamente a las preguntas abiertas. Se categorizaron las respuestas obtenidas en cinco dimensiones: 1) Herramientas digitales y el aprendizaje, 2) Aprendizaje en la era digital, 3) La IA generativa en su formación docente, 4) El desempeño docente y la evaluación formativa, 5) La evaluación formativa y la inteligencia artificial.

Resultados y análisis

Las herramientas digitales utilizadas en los procesos educativos se componen de una serie de gestores y aplicaciones, así como de plataformas, software y recursos en línea, diseñados para contribuir a mejorar las experiencias de enseñanza y aprendizaje. Estas herramientas convierten el ambiente de aprendizaje en espacios dinámicos y flexibles. Propician el interés por los procesos de aprendizaje y contribuyen a ofrecer una educación

personalizada. Ya que son los propios estudiantes quienes desarrollan sus procesos de autogestión del conocimiento, ligados al desarrollo de sus capacidades cognitivas.

Respuestas que predominan:

El uso de herramientas digitales: a) exige una actualización permanente como reto docente para el futuro; b) es fundamental su uso en esta era de conocimiento, ya que con su ayuda se busca favorecer y satisfacer las necesidades de aprendizaje de los estudiantes; cada uno de ellos aprende a su propio ritmo y según sus necesidades; c) les permite un mejor desempeño docente y el desarrollo de nuevos mecanismos de planeación docente.

Las que no predominan son las siguientes: a) es obligatorio capacitarse en estas nuevas herramientas, puesto que con su uso logran aprendizajes significativos; b) el uso de las herramientas digitales se ha convertido en una necesidad dentro de su formación, tanto para el aprendizaje como para la enseñanza; c) las nuevas herramientas digitales exigen que las escuelas del país estén actualizadas en tecnologías de la información y la comunicación, a fin de lograr aprendizajes en las mismas condiciones de igualdad para todos los docentes y los estudiantes de educación pública (ver figura No. 1).

Figura 1.
Elementos donde el uso de herramientas digitales apoya para favorecer el aprendizaje.



Fuente: Elaboración propia (2026)

Aprendizaje en la era digital

Se sabe que en esta era de digitalización del conocimiento, la formación docente y el ejercicio profesional plantean muchos desafíos. Entre los más señalados por los participantes se encuentran los siguientes:

- La innovación y la creación de nuevas estrategias de aprendizaje.
- El desarrollo de aprendizajes significativos.
- Se requiere un verdadero cambio en los procesos didácticos que beneficien la enseñanza y el aprendizaje.

Cubrir estos desafíos contribuye al desarrollo del pensamiento crítico, a fin de lograr estudiantes activos y más interactivos en los procesos de aprendizaje (ver figura 2). Hernández-León y Rodríguez-Conde (2024) y Vidal et al. (2024) señalan que el uso de la IA generativa permite que el estudiante avance a su propio ritmo. Además, favorece una retroalimentación constante que asegura un seguimiento personalizado y, a la larga, se traduce en una mejora de su rendimiento.

Figura 2.
Beneficios del Aprendizaje en la Era Digital.



Fuente: Elaboración propia (2026)

Según Warschauer (2011) y Buckingham (2013), existe un acceso desigual a la tecnología en las universidades, a pesar de la disponibilidad de ella. Las brechas tecnológicas entre docentes y estudiantes pueden limitar la formación profesional y las oportunidades de empleo.

El papel de IA generativa en la formación docente

Indagar acerca del papel que desempeña la IA generativa en la formación académica y el ejercicio profesional es un reto que debe tomarse en cuenta para futuras actualizaciones de los programas de todos los niveles escolares. Los resultados de este estudio indican que profesores y planes de estudio deben adaptarse para innovar. En ocasiones, las limitaciones en tecnología digital y conectividad a Internet no les permiten avanzar en su desarrollo profesional. Los que dirigen las instituciones están conscientes de que el fenómeno de la globalización va en aumento y que se requieren ajustes curriculares (ver figura 3). La formación docente en el uso de la IA generativa como herramienta para el aprendizaje es determinante para su desarrollo, puesto que las nuevas generaciones con las que trabajará dominarán esta tecnología y el docente debe adelantarse para mejorar su rendimiento (Zapata, 2024).

Figura 3
Acciones del docente frente a la IA generativa.



Fuente: Elaboración propia (2026)

Sabemos que los programas que marcan las políticas educativas en nuestro país están enfocados en el desarrollo comunitario. Haciendo a un lado el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas que, en un momento, pueden ser el techo de salvación para apoyar a los grupos vulnerables y en situación de desigualdad; retos que se podían atender mediante la IA generativa.

Algunos de los retos que se podrían cubrir mediante la IA en la formación docente serían la personalización de las necesidades de aprendizaje y el desarrollo de programas acordes con las necesidades particulares. Zapata (2024) puntualiza que la IA generativa aporta asistentes personales que guían al docente para resolver dudas pedagógicas, manejar recursos y gestionar en el aula. Además, la implementación de recursos digitales en el aula coadyuva al desarrollo de trabajos colaborativos e intercambios, actuando como facilitadores. Sin embargo, así como se señalan aciertos en el uso de la tecnología y la conectividad para la formación docente, también existen riesgos que tomar en cuenta. Si el estudiante no ha desarrollado cierta autonomía en la toma de decisiones, se va a encontrar en un mundo de información que, al no poder gestionarla, le sirve solamente de distractor, por lo cual surge la necesidad de una formación paralela en la gestión de recursos tecnológicos e información válida. En este sentido, el fácil acceso a los recursos tecnológicos que los estudiantes tienen a su alcance puede facilitar la distracción y las multitareas, ya que “las redes sociales y otros medios digitales durante el tiempo de estudio pueden interferir significativamente en la concentración y el rendimiento académico” (Junco, 2012).

Retos de la Inteligencia Artificial Generativa en la evaluación formativa

Las recientes políticas educativas marcan una directriz en el desarrollo y cambio de los procesos curriculares. La evaluación

formativa, como complemento de los procesos didácticos, es una de las directrices que, si bien se recomiendan, no se practican con regularidad. Díaz-Barriga (2024) sostiene que este tipo de evaluación es un reto y una actividad compleja para el docente: un continuo que articula profundamente la pedagogía, el aprendizaje y la evaluación, en el que la inclusión de chatbots educativos se convierte en parte del proceso de aprendizaje, pues actúan como asistentes personalizados en tiempo real (Vidal et al., 2024). Al respecto, cuando se les cuestionó a los estudiantes sobre la relación entre la evaluación formativa y la inteligencia artificial, sus respuestas estuvieron encaminadas a afirmar que este proceso requiere una formación especializada. Consideran que la IA generativa revoluciona los procesos didácticos y motiva el aprendizaje, contribuyendo al ámbito pedagógico y favoreciendo la interactividad entre docente y estudiante. Además, los docentes deben asumir un compromiso con el cambio. Entre otras aportaciones, se señala que la IA nunca reemplazará al docente, aunque desempeña un papel importante. Sin embargo, es una herramienta clave ante situaciones de contingencia, como la pandemia del COVID-19 enfrentada recientemente (ver figura 4). Russell y Norvig (2016) afirman que el desarrollo de la IA generativa depende de la inteligencia humana para que esta genere respuestas precisas.

Figura 4
 Respuestas de los participantes sobre la IA generativa en la evaluación formativa.



Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

La IA generativa como eje articulador del desempeño docente y la evaluación formativa

La IA generativa aún no se ha incorporado debidamente en la formación docente, ni en el currículo académico de las escuelas. De modo que la experiencia que los docentes tienen con esta herramienta se debe a una formación informal. En este sentido, los estudiantes expresan incertidumbre ante los cambios tecnológicos y, al cuestionarles sobre la relación de la IA generativa con la evaluación formativa, puntualizan que la incorporación de esta herramienta en el aula exige creatividad del docente para innovar y atender las demandas didácticas (Spinak, 2023) (ver figura No. 5).

Figura 5.

Opiniones sobre la utilidad de la IA generativa en el desempeño docente.



Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

Como se observa en la figura 5, el docente utiliza la retroalimentación para favorecer y enriquecer los aprendizajes de los estudiantes, ayudándoles a identificar áreas de mejora y, con ello, ajustar sus estrategias didácticas.

Formas en que la IA generativa puede facilitar los pedagógicos en el aula:

- **Análisis del desempeño:** Los sistemas de IA pueden analizar el rendimiento de los estudiantes en tiempo real e identificar patrones y áreas en las que tienen dificultades (Pérez y Figueroa, 2023). Esto permite a los educadores intervenir de manera más oportuna y específica.
- **Retroalimentación personalizada:** La IA puede proporcionar retroalimentación instantánea y personalizada basada en el desempeño del estudiante (Williamson, 2017; Hernández-León y Rodríguez-Conde, 2024), lo que ayuda a personalizar los contenidos.
- **Adaptación del contenido:** Los sistemas de aprendizaje adaptativo impulsados por IA generativa, pueden modificar los contenidos y disminuir la carga y dificultad de las tareas según las necesidades individuales del estudiante (Munawar et al., 2018; García, 2021), lo que facilita una evaluación formativa continua.
- **Simulaciones y escenarios interactivos:** La IA generativa puede crear simulaciones realistas e interactivas de entornos de aprendizaje, donde los estudiantes puedan aplicar lo que han aprendido, permitiendo a los educadores evaluar sus habilidades en situaciones prácticas (Curiel-Ramírez et al., 2022).
- **Análisis de sentimientos y participación:** Las herramientas de IA generativa pueden analizar la participación y el compromiso de los estudiantes en entornos de aprendizaje en línea, proporcionando información valiosa sobre cómo se sienten acerca del material y su motivación.

- Tareas automatizadas: La IA generativa puede automatizar la creación y corrección de las tareas, lo que permite a los educadores centrarse en la interpretación de los resultados y en ofrecer apoyo adicional a los estudiantes que lo necesiten.

Para integrar la IA generativa en la evaluación formativa, es importante que se complemente con el juicio profesional y ético del docente (Gallent-Torres et al., 2023; Guszczka et al., 2022), quien es crucial para interpretar los datos y fomentar un ambiente de aprendizaje positivo. Lo relevante es que esta interacción exige herramientas tecnológicas y conectividad; de lo contrario, se ampliarán las brechas en la formación digital en un momento en que la globalización es permanente y el aprendizaje acelera. De no hacerlo, la IA generativa generará una mayor desigualdad y una mayor falta de oportunidades para docentes y estudiantes.

Conclusiones

La IA generativa ha mostrado un gran potencial para revolucionar la educación, ofreciendo herramientas que satisfacen las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. Esta herramienta tecnológica personaliza, monitorea, sugiere ejercicios, los explica, fomenta la interactividad y brinda retroalimentación, lo que favorece el aprendizaje y la evaluación formativa. Sin embargo, un proceso exitoso en la interacción con la IA generativa se basa en la calidad de las instrucciones que se le proporcionan. Desde los sistemas tutoriales inteligentes hasta los chatbots educativos y las evaluaciones automatizadas, la IA generativa desempeña hoy un papel crucial en la evaluación formativa.

No obstante, es fundamental abordar los desafíos éticos y técnicos de la incorporación de la IA generativa en la educación formal, con la finalidad de maximizar los beneficios, reducir el desarrollo de prácticas deshonestas y garantizar la integridad académica, así

como su uso responsable, equitativo y crítico. En este sentido, es importante trabajar desde la academia en la implementación de estrategias para verificar la originalidad y evitar la reproducción de ideas ya planteadas sin el debido reconocimiento (Weber-Wulff et al., 2023).

Si bien es cierto que el uso de la tecnología en el proceso educativo genera interés en los estudiantes, también es verdad que demanda de habilidades especiales, como el autoaprendizaje y la autorregulación; las cuales se desarrollan durante su formación y se consolidan a mayor edad y madurez a partir de un trabajo conjunto entre tutores, docentes y estudiantes. No obstante, el uso de la tecnología en general depende en gran medida de la accesibilidad, por lo que su impacto contribuye a reducir o ampliar la brecha digital entre los estudiantes. El acceso a una computadora, tableta o teléfono inteligente con internet parece común, pero la infraestructura, los recursos económicos y la priorización de recursos en las familias determinan su viabilidad, como se pudo constatar en pandemia.

Por lo anterior, se hace evidente la capacitación constante de la planta académica en tecnologías digitales para fortalecer la práctica docente y las estrategias para la evaluación formativa que fomenten la reflexión y la crítica constructiva.

Referencias

- Al-Hakimi, A. M., Subbiah, A., Johar, M. G. B. M., & Jaharadak, A. A. B. (2023). A Review Study of an Intelligent Strategy Towards Higher Education Examination Management Structure Based on Fog Computing. Conference: 2023 IEEE 14th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC) August 2023 <https://doi.org/10.1109/ICSGRC57744.2023.10215412>
- Bengio, Y., Ducharme, R., Vincent, P., & Jauvin, C. (2003). A neural probabilistic language model. *Journal of*

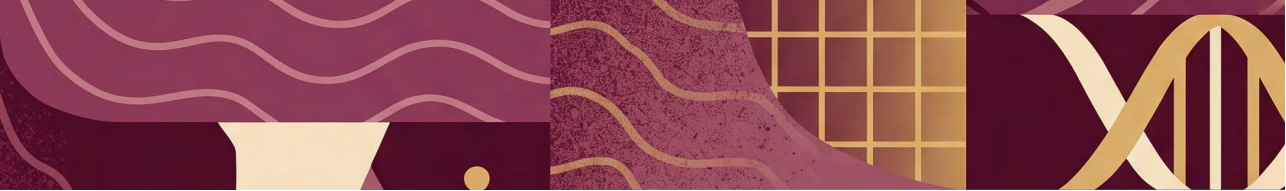
- Machine Learning Research*, 3(6), 1137-1155. <https://doi.org/10.1162/153244303322533223>
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 993-1022. <https://www.jmlr.org/papers/volume3/blei03a/blei03a.pdf>
- Buckingham, D. (2013). *Media Literacy: Literacy for the 21st century*: Cambridge University Press.
- Chan, T. (2023). *Un marco de política sostenible para la inteligencia artificial generativa en la educación superior. Revisión de Políticas Educativas*, 35(1), 45-62. <https://doi.org/10.1007/s12345-023-00123-x>
- Comisión Europea. (2023). *Directrices éticas para una IA de confianza*. https://ec.europa.eu/digital-strategy/our-policies/ethics-guidelines-trustworthy-ai_es
- Curiel-Ramírez, L. A., Bautista-Montesano, R., Galluzzi, R., Izquierdo-Reyes, J., Ramírez-Mendoza, R. A., & Bustamante-Bello, R. (2022). Smart Automotive E-Mobility—A Proposal for a New Curricula for Engineering Education. *Education Sciences*, 12(5) 316: 1-20 <https://doi.org/10.3390/educsci12050316>
- Díaz-Barriga, A. (2024) La evaluación formativa es un reto pedagógico-didáctico en el trabajo docente, Quinta sesión Ordinaria del Consejo Técnico Educación Básica. SEP. https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2024/02/2324_s5_La_evaluacion_formativa_reto_pedagogico_didactico.pdf
- Ellis, A. R., & Slade, E. (2023). A New Era of Learning: Considerations for ChatGPT as a Tool to Enhance Statistics and Data Science Education. *Journal of Statistics and Data Science Education*, 31(2), 128-133. <https://doi.org/10.1080/26939169.2023.2223609>

- Fajardo de Andara, C. (2021). Marvin Lee Minsky: pionero en la investigación de la inteligencia artificial (1927-2016). *Publicaciones En Ciencias Y Tecnología*, 15(1), 41-50. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11209.06241>
- Ferguson, R., Tammets, K., y Griffiths, D. (2023). *IA en la educación: Estrategias de integración y mejores prácticas*. *Revista de Tecnología Educativa*, 12(2), 101-118. <https://doi.org/10.1016/j.jedu.2023.01.012>
- Gallent-Torres, C., Zapata-González A. y Ortego.Hernando, J.L. (2023) El impacto de la inteligencia artificial generativa en educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica, *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 29(2). <https://doi.org/10.30827/relieve.v29i2.29134>
- García Villarroel, J. J. (2021). Implicancia de la inteligencia artificial en las aulas virtuales para la educación superior. *Orbis Tertius - UPAL*, 5(10), 31-52. <https://doi.org/10.59748/ot.v5i10.98>
- Giletta, M., Giordano, A., Mercaú, N., Orden, P. y Villareal, V. (2020). Inteligencia artificial: definiciones en disputa. *Sociales Investiga. Escritos Académicos, de Extensión y Docencia* (9), 20-33. <http://socialesinvestiga.unvm.edu.ar>
- Guszcza, J., Kakaes, K., y Thompson, C. (2022). Comprender la inteligencia artificial generativa: Una guía para educadores. *Revista de IA y Educación*, 19(3), 210-225. <https://doi.org/10.1080/23456789.2022.2045678>
- Hernández-León, N. y Rodríguez-Conde, M.J. (2024) Inteligencia artificial aplicada a la educación y la evaluación educativa en la Universidad: introducción de sistemas de tutorización inteligentes, sistemas de reconocimiento y otras tendencias futuras. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 24(78); 1-31. <http://dx.doi.org/10.6018/red.594651>

- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). *Long short-term memory*. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- Hopfield, J. J. (1982). *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 79(8), 2554-2558. <https://doi.org/10.1073/pnas.79.8.2554>
- Jelinek, F., Bahl, L. R., & Mercer, R. L. (1975). *Design of a linguistic statistical decoder for speech recognition*. *IEEE Transactions on Information Theory*, 21(3), 250-256. <https://doi.org/10.1109/TIT.1975.1055360>
- Junco R. (2012), The relationship between frequency of Facebook use, participation in co-curricular activities, and student engagement. *Computer y education*, 58(1), 162-171. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.004>
- Khan, Z. F., & Alotaibi, S. R. (2020). Design and implementation of a computerized user authentication system for e-learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(9), 4-18. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i09.12387>
- Ma, N., & Yang, J. (2021). The Application of Artificial Intelligence to Security Management at the Context of Higher Education in China. Conference: 2021 International Conference on Computers, Information Processing and Advanced Education (CIPAE), May 2021, <https://doi.org/10.1109/CIPAE53742.2021.00046>
- Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. *Proceedings of the Workshop at ICLR*, Scottsdale, 2-4 May 2013, 1-12.
- Munawar, S., Toor, S. K., Aslam, M., & Hamid, M. (2018). Move to smart learning environment: Exploratory research of challenges in computer laboratory and design intelligent

- virtual laboratory for eLearning technology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(5), 1645-1662. Scopus. <https://doi.org/10.29333/ejmste/85036>
- Pérez Vázquez, A. J., y Figueroa Gutiérrez, A. (2023). Formación docente para el Siglo XX: el uso de la Inteligencia Artificial (IA) como recurso para la evaluación formativa en entornos escolares virtuales híbridos y presenciales. En E. Ruiz-Velasco Sánchez & J. Bárcenas López (Eds.), *Inteligencia Artificial para la transformación de la educación* (pp. 195-207). SOMECE. <https://isbsearch.org/isbn/6075940618>
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3rd ed.). Pearson. <https://thuvienso.hoasen.edu.vn/handle/123456789/8967>
- Sánchez, M. (2023). La inteligencia artificial generativa y la evaluación: ¿qué pasará con los exámenes? *Investigación en educación médica*, 12(48), 5-8. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2023.48.23550>
- Spinak, E. (2023) GPT, traducción automática y qué tan buenos son: una evaluación integral [online]. *SciELO en Perspectiva* [viewed 25 August 2024]. <https://blog.scielo.org/es/2023/08/14/gpt-traduccion-automatizada-y-que-tan-buenos-son/>
- Vidal, J., Llorens-Largo, F., & García-Peñalvo, F. J. (2024). The new reality of education in the face of advances in generative artificial intelligence. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 1-22 <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- Warschauer, M. (2011). Digital divide: The most common myth. In *The Handbook of Digital Media* (pp. 19-28). Academic Press.
- Weber-Wulff, D., Anohina-Naumeca, A., Bjelobaba, S., Foltýnek, T., Guerrero-Dib, J., Popoola, O., & Waddington, L. (2023). Testing of detection tools for AI-generated text. *International Journal for Educational Integrity*, 19(26), 1-39. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2306/2306.15666.pdf>

- Weizenbaum, J. (1966). ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM*, 9(1), 36-45. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/365153.365168>
- Williamson, B. (2017). *Big Data en la educación: el futuro digital del aprendizaje, las políticas y las prácticas*. SAGE Publications Ltd. Capítulo. 1. <https://doi.org/10.4135/9781529714920>
- Zapata, M. (2024). IA generativa y ChatGPT en Educación: Un reto para la evaluación y ¿una nueva pedagogía? *Revista Paraguaya de Educación a Distancia (REPED)*, 5(1), 12-44. <https://doi.org/10.56152/reped2024-vol5num1-art2>



9.

El papel del docente científico en la era de la Inteligencia Artificial Generativa

Dra. Nelly Gordillo-Castillo
Dr. David Cortés Sáenz
Dr. José Manuel Mejía Muñoz

Resumen

La transformación del docente y científico en la era de la IA generativa, pasa de ser un transmisor de conocimientos a mentor ético y creativo. Se subraya la necesidad de que el docente posea competencias digitales sólidas (DigCompEdu) que combinen destrezas técnicas, pedagógicas y comunicativas para aprovechar la IA como herramienta de aprendizaje interactivo y personalizado. Se propone una integración estratégica de la IA generativa en los planes de estudio de ciencias mediante diez acciones clave: simulación de experimentos complejos, laboratorios virtuales, proyectos interdisciplinarios, análisis de datos con IA, redes colaborativas, materiales personalizados, tutorías inteligentes, evaluaciones automatizadas, seguimiento adaptativo y módulos éticos. El éxito de esta transición depende de la formación continua y de la elaboración de marcos normativos que aseguren un uso ético, innovador y sostenible de la IA generativa en la enseñanza.

Introducción

En la actualidad marcada por el avance de la IA generativa, el rol del docente científico ha evolucionado considerablemente, ampliándose más allá de la simple transmisión de conocimientos. En este contexto, el docente se convierte en un mentor que guía a los estudiantes en el uso responsable y ético de la tecnología, promoviendo la creatividad, la capacidad de innovación y el razonamiento crítico en la solución de desafíos complejos. El propósito de este capítulo es explorar el papel del docente científico en la integración de la IA generativa en el ámbito educativo, destacando la importancia de la formación continua en competencias digitales y de la adaptación de las prácticas pedagógicas a las tecnologías emergentes. También se discuten las estrategias para integrar la IA generativa en los planes de estudio de ciencias, así como las consideraciones éticas que los docentes, como mentores, deben comunicar a los estudiantes al utilizar estas herramientas.

Comprender la tecnología emergente

Las competencias digitales para docentes abarcan un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes fundamentales que permiten la integración efectiva de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los procesos educativos. Además del manejo técnico de herramientas digitales, estas competencias implican la capacidad de aplicar tecnologías de manera creativa para mejorar el aprendizaje, fomentar la colaboración y garantizar un uso seguro y ético de los recursos digitales (España et al., 2024). Las habilidades técnicas, pedagógicas y comunicativas son esenciales para que los docentes se adapten a las demandas del entorno digital y promuevan un aprendizaje interactivo y personalizado. Según el modelo DigCompEdu (European Commission, 2017), una iniciativa desarrollada en Europa y adoptada en otros países,

las competencias digitales docentes se dividen en áreas como la creación de contenidos digitales, el empoderamiento de los estudiantes y la evaluación digital, todas orientadas a mejorar la enseñanza y el aprendizaje en contextos educativos digitales.

El desarrollo de competencias digitales entre los docentes universitarios ha sido un reto constante, exacerbado por la transformación digital acelerada durante la pandemia de COVID-19. Antes de este acontecimiento, los niveles de competencias digitales entre los profesores universitarios fluctuaban entre básicos y moderados, según el grupo etario y el grado académico (Matamoros, 2024). Un análisis reciente revela que la mayoría de los docentes universitarios presentaba un dominio limitado de las TIC, centrado principalmente en el manejo básico de recursos digitales y la creación de contenidos simples (España et al., 2024). La pandemia impulsó una rápida adaptación, especialmente en áreas como la enseñanza en línea, la evaluación digital y la interacción con los estudiantes a través de plataformas virtuales. Este contexto subrayó la necesidad de fortalecer las competencias digitales, tanto para facilitar la enseñanza como para promover el uso ético y responsable de tecnologías emergentes, incluida la IA, como herramienta para potenciar dichas competencias (García, 2024).

Estudios recientes demuestran que, a pesar de la creciente adopción de tecnologías en la educación superior, los niveles de competencia digital presentan variaciones significativas. En el contexto mexicano, los docentes se ubican mayoritariamente en niveles intermedios. La encuesta realizada por MetaRed México, en colaboración con la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) (Ponce López et al., 2021), indica que un gran porcentaje de profesores se considera “integrador”, es decir, posee habilidades para adaptar las tecnologías digitales al entorno educativo, pero aún no alcanza niveles avanzados de dominio. Aunque muchos docentes

han incorporado herramientas digitales en su práctica, persisten desafíos para alcanzar un dominio avanzado, especialmente en áreas como la creación de contenidos y el empoderamiento digital de los estudiantes.

La formación continua en tecnologías emergentes es crucial para que los docentes mantengan actualizadas sus competencias en un entorno educativo en constante evolución. La IA, junto con otras tecnologías emergentes, está transformando la educación mediante nuevas herramientas que personalizan el aprendizaje, automatizan tareas y permiten analizar grandes volúmenes de datos para optimizar la enseñanza (García, 2024). Para los docentes, la formación continua es vital para mantenerse actualizados e integrar estas tecnologías de manera estratégica en los planes de estudio. Además, la capacitación constante contribuye a reducir la brecha digital entre los profesores y facilita el desarrollo de metodologías innovadoras que se ajusten a las demandas de la era digital. El informe de MetaRed destaca que, para avanzar desde un nivel integrador hasta un nivel experto o pionero, es fundamental que los docentes participen en procesos de autoevaluación y formación continua, utilizando marcos estructurados para el desarrollo progresivo de dichas competencias.

La integración de la IA generativa en la educación requiere que los docentes comprendan tanto el potencial como las limitaciones de esta tecnología. Los educadores deben adaptarse a estas herramientas para mejorar su práctica sin ser reemplazados, identificando cómo la IA generativa puede complementar su labor docente, optimizar los resultados de aprendizaje, automatizar tareas y mejorar la retroalimentación educativa (Cacho, 2024). Los programas de formación docente deben evolucionar para incluir competencias digitales que permitan un uso ético y eficiente de la IA generativa (Moorhouse et al., 2024). Un aspecto clave de esta formación es la capacidad de ajustar las prácticas

pedagógicas a la constante evolución tecnológica, lo cual resulta imperativo para el éxito de la integración de la IA generativa en la enseñanza.

Entre los principales factores que influyen en la disposición de los docentes a utilizar IA generativa se encuentran la utilidad percibida y la facilidad de uso. Un estudio reciente (Lu et al., 2024) señala que las actitudes hacia la adopción de IA generativa varían según el nivel educativo. Los docentes universitarios tienden a mostrar una mayor disposición a usar esta tecnología debido a la flexibilidad académica y a una estructura educativa menos rígida en comparación con los docentes de educación primaria y secundaria, quienes enfrentan más restricciones curriculares y tecnológicas. Además, la percepción de control conductual, es decir, la capacidad percibida de manejar y controlar la tecnología, también influye significativamente en su adopción. Los docentes que consideran que la tecnología de IA generativa mejora la eficiencia y facilita el acceso a conocimientos específicos son más propensos a integrarla en su práctica pedagógica.

Integración de la IA generativa de forma estratégica en el plan de estudios de las ciencias

Para integrar la IA generativa y sus versiones posteriores de manera efectiva en los planes de estudio de ciencias, es necesario desarrollar una estrategia curricular que incorpore estas tecnologías no como herramientas aisladas, sino como parte integral del proceso de enseñanza (Area-Moreira et al., 2024). Esto implica una planificación cuidadosa que considere cómo la IA puede complementar los objetivos de aprendizaje existentes sin reemplazarlos. El diseño curricular debe incluir actividades que promuevan el uso de la IA para resolver problemas científicos, desarrollar habilidades críticas y creativas, y fomentar la colaboración entre estudiantes y docentes (Moorhouse et al., 2024). Puede facilitar metodologías activas, como el aprendizaje

basado en problemas y el aprendizaje por proyectos, lo que permitirá a los estudiantes aplicar sus conocimientos a la resolución de problemas científicos del mundo real (Cacho, 2024).

Es necesario que las instituciones educativas establezcan políticas claras sobre cómo y cuándo utilizar estas tecnologías, asegurando que su implementación se alinee con los objetivos pedagógicos a largo plazo (Driessens y Pischetola, 2024).

Las siguientes diez acciones para la integración estratégica de la IA generativa en los planes de estudio de ciencias se dividen en dos grupos principales. Las primeras cinco se enfocan en contenidos educativos, destacando la incorporación de IA generativa para el desarrollo de habilidades científicas y la creación de experiencias prácticas que fortalezcan el aprendizaje. Las últimas cinco acciones están orientadas a aspectos más administrativos y de docencia, centrándose en la personalización de la enseñanza, la evaluación del rendimiento de los estudiantes y la incorporación de módulos éticos sobre el uso responsable de la IA en la ciencia.

1. Incorporar actividades en el plan de estudios que incluyan la simulación de experimentos científicos complejos, como reacciones químicas avanzadas o procesos biológicos a nivel celular, y que faciliten el acceso a experiencias prácticas sin las limitaciones de recursos físicos.
2. Implementar laboratorios virtuales impulsados por IA, en los que los estudiantes puedan realizar experimentos, modificar variables y obtener resultados en tiempo real desde cualquier lugar, sin necesidad de estar físicamente en un laboratorio.
3. Crear proyectos en los que la IA permita a los estudiantes conectar disciplinas como la física, la biología y las matemáticas, resolviendo problemas complejos y multidimensionales que reflejan los desafíos del mundo real.

4. Incorporar el uso de la IA en la enseñanza de temas como el análisis de datos, la interpretación de patrones y el modelado de sistemas biológicos o ambientales. Esto fomenta el desarrollo de habilidades necesarias para manejar y analizar datos científicos en áreas como biotecnología, climatología, y ciencias ambientales.
5. Crear redes de colaboración en distintos niveles en las que los estudiantes puedan compartir datos científicos, simular experimentos conjuntamente y utilizar la IA generativa para analizar y resolver problemas en tiempo real, reforzando el aprendizaje colaborativo global.
6. Diseñar actividades y materiales didácticos personalizados que se adapten a diferentes estilos de aprendizaje, optimizando la experiencia educativa y mejorando los resultados de aprendizaje de los estudiantes.
7. Implementar sistemas de tutoría inteligente que evalúen el progreso de los estudiantes y adapten el contenido a sus necesidades individuales, reforzando las áreas en las que presentan dificultades.
8. Desarrollar sistemas de evaluación impulsados por IA generativa que analicen el rigor científico, la originalidad y la coherencia de los proyectos. Estos sistemas pueden generar retroalimentación automática sobre las metodologías utilizadas, los datos analizados, y los resultados presentados. La IA generativa también podría ayudar a identificar áreas de mejora, proporcionando comentarios detallados y personalizados, permitiendo una evaluación más justa y consistente en proyectos de investigación y experimentación científica.

9. Implementar sistemas de seguimiento que midan el progreso de los estudiantes en función de la integración de IA generativa y ajusten las estrategias según los resultados obtenidos.
10. Incluir módulos o discusiones en el currículo sobre los riesgos éticos de la IA generativa, como los sesgos en los algoritmos, la privacidad de los datos y la responsabilidad en la generación de contenido científico con IA.

A continuación, la Tabla 1 presenta las 10 mejores herramientas y aplicaciones de IA generativa para la enseñanza de las ciencias. La selección de estas herramientas se realizó a partir de un análisis de las aplicaciones mejor evaluadas en términos de su impacto educativo, su capacidad para personalizar el aprendizaje y su facilidad de uso en entornos educativos. Cada una de ellas se describe brevemente, destacando sus características principales, detalles específicos sobre su uso en la enseñanza de las ciencias y las ventajas que aportan tanto a los docentes como a los estudiantes. La información también incluye enlaces a las páginas web de cada herramienta, lo que proporciona acceso directo para su exploración e implementación en el aula.

Tabla 1
Herramientas de inteligencia artificial generativa para la enseñanza de las ciencias.

IA	Descripción	Enseñanza	Ventajas	Página web
BioDigital Human	Exploración del cuerpo humano en 3D para estudios de anatomía.	Más de 7,000 modelos anatómicos interactivos.	Ideal para estudiar anatomía y fisiología.	biodigital.com
ChemCollective	Simulaciones de laboratorios de química.	Actividades de química con cálculos y análisis.	Permite realizar experimentos sin riesgos de seguridad.	chemcollective.org

DeepMind for Education	IA avanzada para mejorar la personalización del aprendizaje.	Modelado y predicción de datos científicos.	Aprendizaje profundo para la investigación avanzada.	https://deepmind.google/
Google Colab	Herramienta para escribir y ejecutar código en Python.	Experimentos científicos con datos masivos en Python.	Fácil integración con bibliotecas de IA y análisis de datos.	https://colab.research.google.com/
JupyterLab Notebooks	Plataforma de código abierto para crear documentos interactivos de ciencias.	Integración de código, cálculos y visualizaciones en un documento.	Análisis de datos científicos y visualización en un solo entorno.	https://jupyter.org/
Labster	Simulaciones de laboratorio virtual para ciencias.	Simulaciones en biología, química, física y medicina.	Mejora la comprensión a través de experiencias prácticas.	https://www.labster.com/
PhET Interactive Simulations	Simulaciones interactivas en línea para diversas disciplinas científicas.	Manipulación de variables para explicar conceptos científicos.	Facilidad de uso y gran variedad de simulaciones.	https://phet.colorado.edu
Tinkercad	Aplicación de diseño 3D para modelar objetos físicos.	Modelado de estructuras anatómicas o instrumentos científicos.	Mejora la comprensión tridimensional de estructuras.	https://www.tinkercad.com/
Wolfram Alpha	Herramienta de cálculo computacional en tiempo real.	Resolución de problemas en física, biología, matemáticas y química.	Obtención de resultados rápidos y precisos.	https://www.wolframalpha.com/

Fuente. Elaboración propia. Enero (2026)

El docente como mentor en la utilización responsable, ética y creativa de IA generativa

En la era digital, el rol del docente ha trascendido la mera transmisión de conocimientos y asume una función clave como mentor en la formación ética y creativa en el uso de tecnologías emergentes, como la IA generativa (Moorhouse et al., 2024). Los docentes deben guiar a los estudiantes en el uso responsable de

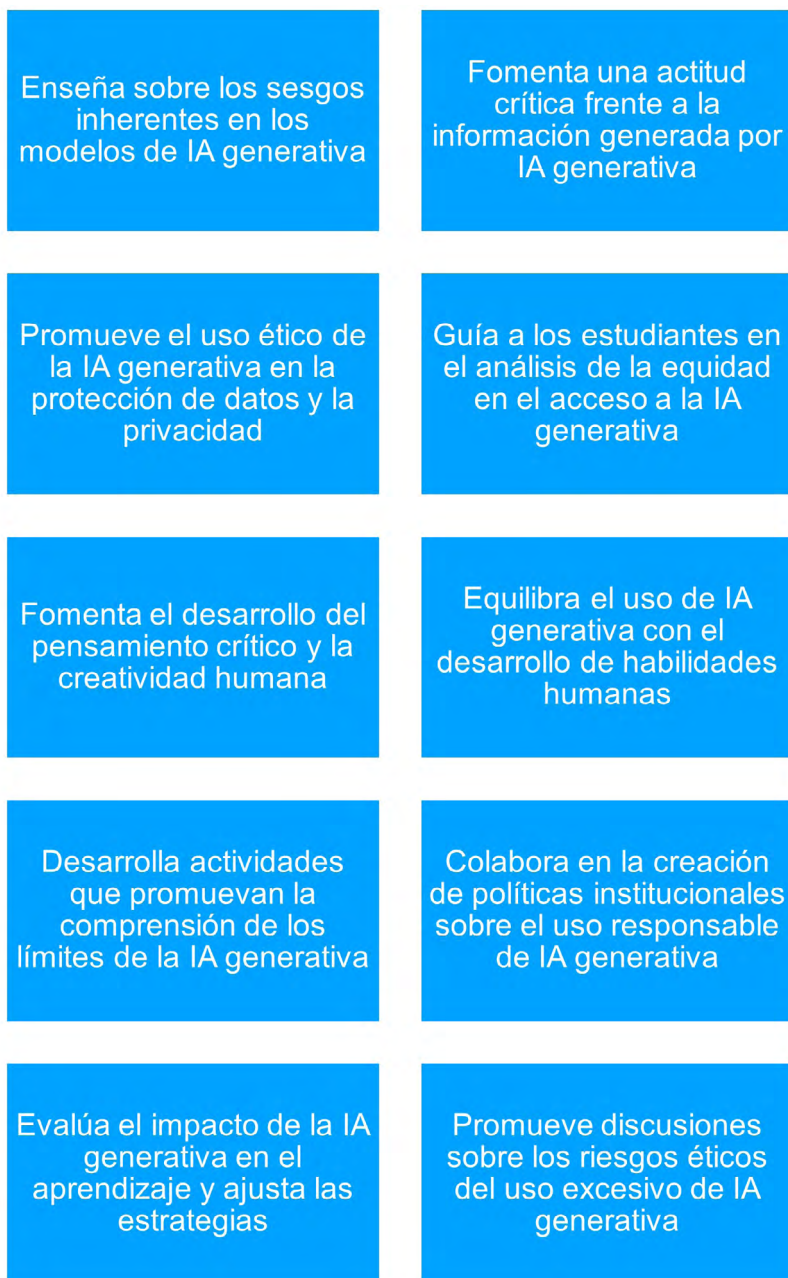
la IA, ayudándolos a comprender tanto sus capacidades como sus limitaciones. Esto incluye la instrucción sobre los sesgos inherentes a los modelos de IA generativa, así como la promoción de una actitud crítica ante la información generada por estos sistemas. El objetivo es formar estudiantes capaces de emplear la IA de manera innovadora y ética, aplicando sus conocimientos para resolver problemas complejos en el ámbito científico y más allá.

Es fundamental que los educadores fomenten una comprensión crítica de las herramientas de IA generativa, enseñando a los estudiantes a utilizarlas de manera creativa y con una clara conciencia ética, especialmente en relación con la privacidad de los datos y la equidad en el acceso a estas tecnologías (Chan y Tsi, 2024). Es crucial garantizar que la IA generativa se utilice para mejorar el aprendizaje sin comprometer los valores educativos fundamentales. Los docentes también deben guiar a los estudiantes en la comprensión de los riesgos asociados con la dependencia excesiva de la IA generativa, como la pérdida de habilidades de pensamiento crítico, y fomentar un enfoque equilibrado que combine el uso de la IA con la creatividad humana (Cacho, 2024). Es necesario asegurar que la implementación de la IA generativa sea cuidadosa y complementaria, en lugar de sustitutiva.

El desarrollo de políticas institucionales que promuevan el uso responsable de la IA generativa en la educación es esencial para asegurar una adaptación adecuada a los nuevos desafíos tecnológicos (Driessens, y Pischetola, 2024). La Figura 1 muestra algunas acciones clave que el docente, como mentor, debe incluir para el empleo ético de la inteligencia artificial generativa.

Figura 1

Acciones del docente como mentor en el uso ético de herramientas de IA generativa.



Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

Conclusiones

El papel del docente científico en la era de la IA generativa es esencial para garantizar una implementación adecuada y responsable de estas tecnologías en la educación. Los docentes deben estar capacitados no solo para utilizar la IA generativa, sino también para guiar a los estudiantes en su uso ético y crítico, fomentando la creatividad y el pensamiento científico. La integración de la IA generativa en los planes de estudio de ciencias permite mejorar los resultados de aprendizaje, facilitar la enseñanza de conceptos complejos y potenciar la investigación científica. No obstante, esta integración debe planificarse cuidadosamente y respaldarse con políticas educativas que aseguren un uso equilibrado y responsable de la tecnología. Finalmente, la formación continua es clave para que los docentes mantengan sus competencias actualizadas y puedan liderar el proceso de enseñanza en un entorno cada vez más digitalizado.

Referencias

- Area-Moreira, M., Del Prete, A., Sanabria-Mesa, A. L., y Sannicolás-Santos, M. B. (2024). No todas las herramientas de IA son iguales. Análisis de aplicaciones inteligentes para la enseñanza universitaria. *Digital Education Review*, (45), 141-149. <https://doi.org/10.1344/der.2024.45.141-149>
- Cacho, R. (2024). Integrating Generative AI in University Teaching and Learning: A Model for Balanced Guidelines, *Online Learning*, 28(3), 55-81. DOI: 10.24059/olj.v28i3.4508
- Chan, C. K. Y., & Tsi, L. H. (2024). Will generative AI replace teachers in higher education? A study of teacher and student perceptions. *Studies in Educational Evaluation*, 83, 101395. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2024.101395>
- Driessens, O., & Pischetola, M. (2024). Danish university policies on generative AI: Problems, assumptions and sustainability blind spots. *MedieKultur: Journal of Media and Communication*

- Research, 40(76), 31-52. <https://doi.org/10.7146/mk.v40i76.143595>.
- España, R. M., Muñoz, A., Cantabella, M., y Ayuso, B. (2024). Diseño de acciones formativas para mejorar las competencias digitales del profesorado. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 27(1), 117-133.
- European Commission: Joint Research Centre, Redecker, C., & Punie, Y. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*, (Y.Punie,edito) Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/159770>
- García San Martín MaJ. (2024). ¿Qué lugar ocupa la IA en las competencias digitales de los docentes? *Cuadernos de Pedagogía [Internet]*. (549) 19. Available from: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/skills-digital->
- Lu, H., He, L., Yu, H., Pan, T., & Fu, K. (2024). A Study on Teachers' Willingness to Use Generative AI Technology and Its Influencing Factors: Based on an Integrated Model. *Sustainability*, 16(16), 7216. <https://doi.org/10.3390/su16167216>
- Matamoras, L. P. (2024). Competencias digitales de los docentes universitarios: Una revisión bibliográfica. *ACC CIETNA: Revista de la Escuela de Enfermería*, 11(1), e1048-e1048. DOI: <https://doi.org/10.35383/cietna.v11i1.1048> Available from: <https://revistas.usat.edu.pe/index.php/cietna/article/view/1048>
- Moorhouse, B. L., Wan, Y., Wu, C., Kohnke, L., Ho, T. Y., & Kwong, T. (2024). Developing language teachers' professional generative AI competence: An intervention study in an initial language teacher education course. *System*, 125, 103399. <https://doi.org/10.1016/j.system.2024.103399>
- Ponce López, J. L., Vicario Solórzano, C.M. y López Valencia, F. (Coords.). (2021). Competencias digitales docentes Metared México, estudio 2021. México: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/4048>



10.

Estrategias para el uso de la IA generativa en la enseñanza de lenguajes de programación

Dr. Miguel Murguía-Romero
Dra. Diana G. Flores-Camargo

Resumen

La IA generativa constituye un recurso transformador en la enseñanza de lenguajes de programación (Java, Python, R, Julia, SQL). Tras exponer las principales barreras—resistencia al cambio tecnológico, persistencia de artefactos obsoletos, brecha generacional y dilemas éticos—se plantean cinco estrategias de enseñanza-aprendizaje:

1. Preguntas: los estudiantes interrogan a ChatGPT o Gemini y verbalizan sus respuestas para asimilar conceptos (p. ej., tipos primitivos en Java).
2. Confrontación: se exponen contradicciones conceptuales (double vs. Double) y se recurre a la IA para resolverlas, lo que facilita las acomodaciones cognitivas.
3. Comparación: los alumnos contrastan sus propios códigos con los generados por la IA, identificando aciertos y aspectos a mejorar (nombres de variables, comentarios, sangrías).

4. Refinamiento: mediante interacciones sucesivas, se añaden o modifican elementos del código (comentarios, constructores, métodos) hasta cumplir los requisitos.
5. Traducción: se convierte código entre diferentes lenguajes (Java a Julia o Prolog), profundizando en los paradigmas de la programación orientada a objetos.

Introducción: La enseñanza-aprendizaje de los lenguajes de programación

Las herramientas disponibles en Internet que proporcionan IA generativa, como son el ChatGTP, Gemini o Cortana, entre otras, no solo son útiles en la enseñanza en todos los niveles de educación, sino que constituyen herramientas con potencialidades sin precedentes (Lee et al., 2024). En particular, en los cursos de programación hay herramientas que estudiantes y docentes pueden utilizar para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Algunos de los lenguajes más usados en la enseñanza de la programación a nivel de licenciatura son: Java, Python, R, Julia y SQL (Nongkhai et al., 2022). Estos lenguajes también se usan en los ámbitos empresarial y científico. Los cursos de programación que abordan temas teóricos suelen enfocarse solo en uno de ellos, ya que es difícil, en un curso de un semestre, revisar más de un lenguaje, pues además de estudiar la sintaxis particular del lenguaje, algo también central, se abordan conceptos de programación estructurada, orientación a objetos y bases de datos. Una de las principales dificultades en la enseñanza de los lenguajes de programación es que los estudiantes se enfrentan a un lenguaje totalmente nuevo. En la mayoría de los casos, no han tenido contacto con ninguno, o su acercamiento ha sido muy incipiente. Otra de las dificultades es la asimilación de los paradigmas de programación: los estudiantes deben comprender

los conceptos involucrados en la programación estructurada y la orientada a objetos, y vincularlos con la sintaxis específica del lenguaje. Estos conceptos se han ido creando y evolucionando desde la década de 1950, coincidiendo con el nacimiento de la inteligencia artificial (Turing, 1950). Muchos de estos conceptos no tienen referentes en otras áreas del conocimiento, lo que dificulta proponer analogías en su enseñanza. Para que los estudiantes puedan crear programas que solucionen problemas sencillos, por ejemplo, calcular la longitud de la hipotenusa de un triángulo rectángulo, deben haber comprendido conceptos de programación como variables, bloques, asignación, clases, objetos, propiedades, compiladores, funciones, procedimientos, métodos, entre muchos otros.

Es precisamente en esta complejidad donde la IA generativa puede ayudar de forma sin precedentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de lenguajes de programación. Para el mejor aprovechamiento de las herramientas de IA generativa, aquí se abordan algunas de las barreras que podrían dificultar su uso, proponiendo maneras de superarlas y, después, algunas estrategias de enseñanza-aprendizaje.

Barreras para el uso de la IA generativa en la enseñanza-aprendizaje

La revolución tecnológica

De alguna manera, la evolución histórica del proceso de enseñanza-aprendizaje es análoga a la de la ciencia y sus métodos. Lo que Thomas Kuhn (2013) observó sobre el proceso de evolución en las ciencias, también se puede observar en el proceso pedagógico. Uno de los conceptos que ilustra la obra de Kuhn es el de paradigma: lo que se ha realizado con anterioridad es lo que constituye lo legítimo en la actualidad, por lo que se tiene la creencia de que los problemas y métodos dignos de ser

abordados en una disciplina son aquellos que los docentes han enseñado a sus estudiantes, así, los paradigmas se mantienen hasta que surja una revolución, es decir, hasta que se acepta y logra de alguna forma el cambio de paradigmas. Ahora vivimos en una revolución tecnológica sin precedentes, ni siquiera con la Revolución Industrial (Tezanos, 2022). Sin embargo, las usanzas en muchos de los centros educativos ignoran este hecho debido principalmente a que para los docentes les es imposible asimilar las nuevas tecnologías. Para que la educación de los estudiantes esté a la altura de las necesidades actuales, los centros educativos deben reconocer la revolución informática y adaptar no solo los contenidos de cada asignatura, sino la preparación de los docentes, tanto en los mismos contenidos y técnicas que deben enseñar, como en los métodos y estrategias de enseñanza.

Nuevos artefactos

Los artefactos involucrados en la enseñanza han cambiado: algunos han sustituido a otros; además, han surgido nuevos. La clase, en la que el docente explica un tema ante el grupo con el apoyo de un pizarrón, ya no es suficiente para que una institución educativa esté a la altura de las necesidades de formación de nuevos profesionales. A pesar de que esta revolución informática comenzó hace décadas, los artefactos que los docentes usan de forma habitual y casi exclusiva son las presentaciones y documentos electrónicos, ya sean archivos PDF o textos en páginas web y, en ocasiones, videos. Los artefactos con los que ahora se cuenta no son solo físicos; en el mundo virtual existen simuladores, programas informáticos para efectuar análisis, buscadores en la web, bases de datos, entre muchos otros. La IA generativa es ahora uno de los artefactos que cimbran las costumbres pedagógicas y ya no es posible ignorar, como así se hizo con otras que surgieron en esta revolución informática. La IA generativa es, entonces, la gota que derrama el vaso de agua,

y su incorporación formal en las aulas ayudará a voltear la vista hacia las muchas otras herramientas ignoradas con anterioridad.

La cuestión generacional

Los estudiantes ahora esperan en las aulas presentaciones electrónicas en lugar del pizarrón, archivos PDF en lugar de libros de papel, videos cortos en lugar de artículos de divulgación, celulares en lugar de libros de bolsillo, y así podrían enumerarse varios cambios que reclaman. Por otro lado, los docentes se enfrentan en el aula a nuevas situaciones tecnológicas y sociales, lo que justifica la necesidad de abordar de manera directa y explícita el problema de la incorporación de nuevas tecnologías informáticas en la docencia. Los estudiantes de las últimas décadas han cambiado en comparación con sus predecesores, quienes ahora son docentes. Las habilidades y las expectativas son diferentes. La forma en que ven el mundo y lo que esperan al terminar sus estudios difiere de lo que fue en su tiempo. Por ello, la mejor forma de establecer una comunicación eficiente entre docentes y estudiantes es estudiar y comprender el cambio que ha provocado la revolución informática.

A la par de este estudio, es imprescindible emprender acciones para aprovechar al máximo los cambios tecnológicos. Una alternativa es proponer estrategias de enseñanza-aprendizaje que involucren el uso de los nuevos artefactos tecnológicos; estas podrán ser evaluadas y modificadas en función de las experiencias de su aplicación.

La cuestión ética

Un aspecto que puede pasar desapercibido, pero que está presente para regular nuestra conciencia y nuestro comportamiento frente a los cambios generados por la IA generativa, son los principios éticos y las normas morales dictadas por la sociedad y las leyes que nos rigen. En este sentido, tanto docentes como

estudiantes suelen cuestionarse si el uso de la IA generativa en el proceso de aprendizaje está bien o mal moralmente. La regla de “no es correcto copiar directamente de la fuente para reportar una tarea” impone comportamientos que regulan el uso de las tecnologías en el ámbito pedagógico.

Hemos sido testigos de cuestionamientos que los estudiantes hacen, por ejemplo, “¿es bueno o es malo usar ChatGPT?”. Incluso un estudiante comentó a su profesor: —Mis papás me dicen que no es bueno que lo use. Particularmente, consideramos que al imponer normas morales en pedagogía se pierde de vista que los estudiantes tienen la libertad y el derecho de usar los recursos que tengan a su disposición, para aprender de forma eficiente y divertida. Otro mito muy extendido entre docentes y estudiantes es que la adquisición del conocimiento es más valiosa y eficiente cuanto más difícil sea el proceso. Esta y otras creencias similares deben erradicarse si se desea incorporar eficientemente las nuevas tecnologías en el proceso pedagógico.

Estrategias de enseñanza-aprendizaje de lenguajes de programación con uso de IA generativa.

Con base en experiencias en el aula, se proponen cinco estrategias de enseñanza-aprendizaje que pueden aplicarse para aprovechar la IA generativa y favorecer un aprendizaje más profundo y eficaz de los lenguajes de programación.

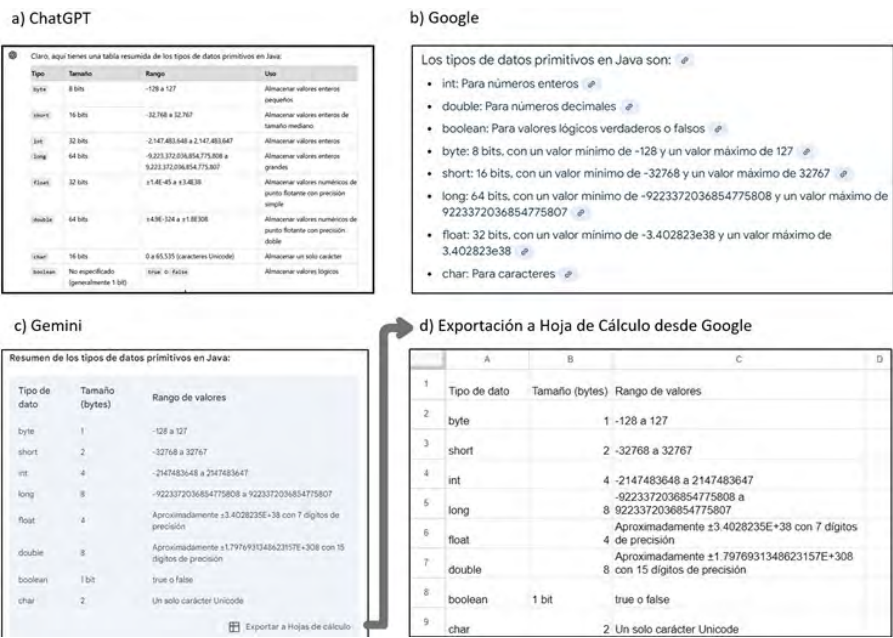
La estrategia de preguntas

La capacidad de la IA generativa para simular un diálogo puede utilizarse como estrategia pedagógica. Antes de la aparición de la IA generativa, una de las opciones más recurridas para obtener información sobre un tema era buscar en la web, “googlearlo” si se prefiere el anglicismo. Ahora, la opción más eficaz es preguntar a ChatGPT o a alguna otra aplicación de IA similar, pues es muy probable que muchos de los estudiantes ya estén familiarizados

con ellas, y luego recurrir a fuentes más confiables. Es por eso que la estrategia de preguntarle a ChatGPT es tan valiosa.

Proponer a los estudiantes preguntar a ChatGPT o a Gemini, por ejemplo, —¿Cuáles son los tipos primitivos en Java?, puede dar como resultado una respuesta de interés (Figura 1).

Figura 1
Respuestas de dos IA generativa y Google a la petición —¿Cuáles son los tipos primitivos en Java?



Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

Respuesta de ChatGPT (a) y Gemini (c); b) Respuesta de Google a la búsqueda “Tipos primitivos en Java”; d) Exportación a hoja de cálculo desde la respuesta de Gemini.

Figura 2

Programa que ChatGPT brinda como parte de la respuesta a la pregunta —¿Cuáles son los tipos de datos primitivos en Java?

```
public class PrimitivosEjemplo {
    public static void main(String[] args) {
        // Declaración e inicialización de tipos primitivos
        byte b = 100;
        short s = 10000;
        int i = 100000;
        long l = 100000000000L; // Se usa la L al final para indicar que es un long
        float f = 10.5f;         // Se usa la f al final para indicar que es un float
        double d = 20.99;
        char c = 'A';
        boolean bool = true;

        // Imprimir los valores
        System.out.println("byte: " + b);
        System.out.println("short: " + s);
        System.out.println("int: " + i);
        System.out.println("long: " + l);
        System.out.println("float: " + f);
        System.out.println("double: " + d);
        System.out.println("char: " + c);
        System.out.println("boolean: " + bool);
    }
}
```

Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

El docente podrá entonces preguntar a los estudiantes por la respuesta que obtuvieron de la IA generativa. La verbalización por parte del estudiante de sus respuestas constituye un acto de procesamiento y comprensión para expresar con sus palabras los términos o conceptos involucrados. La IA generativa brinda respuestas concretas, pero además información complementaria; por ejemplo, Gemini tiene una opción para exportar a una hoja de cálculo la lista de tipos de datos primitivos y sus rangos de posibles valores (Figura 1), mientras que ChatGPT brinda un código de ejemplo en Java (Figura 2).

La estrategia de confrontación

Una de las situaciones comunes en el proceso de aprendizaje es que el estudiante puede confundir conceptos y llegar a conclusiones aparentemente contradictorias. Estas situaciones son tan comunes y recurrentes que el docente puede extraer varias conclusiones antes de abordar el tema con los estudiantes. El docente puede elegir el momento más oportuno para afrontar estas aparentes contradicciones; lo más eficaz es esperar a que algún estudiante lo manifieste. El docente entonces puede extender la pregunta al grupo y, luego de escuchar las diferentes explicaciones, solicita hacer una pregunta concreta a la IA generativa. Un caso común en la programación en Java es que el estudiante no tenga claridad sobre los tipos primitivos. Así, una pregunta clásica es —¿Por qué *String* no es un tipo primitivo en el lenguaje Java?, y una de las respuestas de la IA generativa puede ser: —*String* en Java no es un tipo primitivo, porque está diseñado para ofrecer una amplia gama de funcionalidades avanzadas que no proporcionan los tipos primitivos. La IA generativa puede ofrecer explicaciones adicionales que le dan a cada estudiante la oportunidad de tomar o profundizar en la justificación que considere más importante y exponerla ante el grupo.

Una cuestión de diseño importante en el lenguaje Java es que su sintaxis hace uso de la diferencia entre mayúsculas y minúsculas, así, *String* se escribe con inicial mayúscula porque es una clase. Otro ejemplo es cuando se abordan las clases envoltorio: *double* es un tipo primitivo, mientras que *Double* es una clase envoltorio. Así, el docente puede proponer a los estudiantes realizar las siguientes preguntas de confrontación a la IA generativa:

- ¿Por qué *String* se escribe con la inicial en mayúscula?
- En el lenguaje Java, ¿cuál es la diferencia entre *double* y *Double*?
- ¿Me puedes explicar más sobre las clases de envoltorio?

Las clases de envoltorio amplían las capacidades de los tipos de datos primitivos. Así, `double` es un tipo primitivo, mientras que `Double` es su clase envoltorio que provee varios métodos y constantes sobre el tipo `double`. Por ejemplo, las constantes `Double.MIN_VALUE` y `Double.MAX_VALUE` almacenan los valores mínimos y máximos que puede aceptar el tipo `double`. Esto lo explica ChatGPT de forma clara y directa (Figura 3).

Así, el estudiante, con la respuesta de la IA generativa ante una pregunta de confrontación, podrá observar y reconocer las diferencias entre ambos conceptos aparentemente contradictorios y realizar una acomodación, *sensu* Jean Piaget, que dará como resultado la adquisición de nuevo conocimiento.

Figura 3
Porción de la respuesta de ChatGPT a la pregunta: —En el lenguaje Java, ¿cuál es la diferencia entre `double` y `Double`?

double (Tipo Primitivo)

- **Tipo de Datos Primitivo:** `double` es un tipo de dato primitivo en Java. Los tipos primitivos son los tipos de datos básicos que no tienen métodos asociados y son manejados directamente por el lenguaje.
- **Almacenamiento:** Se almacena en la memoria de manera eficiente en términos de espacio, usando 64 bits.
- **Inicialización:** Los valores de tipo `double` se inicializan directamente con un valor numérico. Por ejemplo:

Double (Clase Envoltorio)

- **Clase Envoltorio:** `Double` es una clase envoltorio que encapsula un valor `double` dentro de un objeto. Es parte del paquete `java.lang` y se usa para proporcionar funcionalidades adicionales que los tipos primitivos no tienen.
- **Almacenamiento:** Almacena un valor `double` dentro de un objeto, lo que puede implicar un uso adicional de memoria comparado con el tipo primitivo.
- **Constantes:** Incluye constantes como `Double.MAX_VALUE`, `Double.MIN_VALUE`, `Double.NaN`, y `Double.POSITIVE_INFINITY`.

Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

La estrategia de comparación

La constante en la pedagogía es la novedad; los estudiantes esperan aprender cosas nuevas. Al enfrentarse a nuevas situaciones de conocimiento, los estudiantes tienen dudas, y la asimilación del conocimiento es borrosa; no están claros los límites entre lo correcto y lo incorrecto. Al iniciar el estudio de un tema, es común que se necesite comparar sus conocimientos. La IA generativa proporciona una forma fina de realizar esta comparación, pues es capaz de generar respuestas en diferentes niveles de profundidad: que no resulten de alta complejidad para el nivel de conocimientos del estudiante, ni tampoco de sencillez extrema que no aporte nada nuevo a sus conocimientos.

La estrategia de comparación consiste en que el estudiante construya la respuesta a algún ejercicio propuesto y luego compare con la respuesta de la IA generativa al mismo ejercicio. Un ejemplo es pedir a los estudiantes programar la clase Java Triángulo Rectángulo que representa a un triángulo rectángulo, luego pedir a la IA generativa que la genere y, finalmente, comparar ambas respuestas (Figura 4a).

El estudiante podrá reconocer sus aciertos y desaciertos al comparar su respuesta con la de la IA generativa. Por ejemplo, podrá observar que la IA generativa nombra la clase tal cual se le solicitó: TrianguloRectangulo, y no, por ejemplo, TrianguloR, cuestión relevante en programación, sobre todo cuando se trabaja en un equipo en el que hay división de tareas, en el que cada quien escribe un módulo que interactuará con el que programen otros compañeros. También podrá observar que la IA generativa nombra de forma explícita a las variables cateto1 y cateto2, y no, por ejemplo, c1 y c2, lo cual también es relevante para que el código sea comprendido con facilidad por otros programadores. Podrá observar que la IA generativa ha creado un constructor con dos parámetros, que ha colocado comentarios de

una línea antes de cada parte relevante del código para su mejor comprensión y, que ha puesto las sangrías adecuadas en cada línea para jerarquizar las instrucciones. En fin, al realizar estas comparaciones, el estudiante podrá mejorar su desempeño en la creación de código en Java. El docente podrá elaborar una lista de todas estas características para asegurar que los estudiantes observen todos estos aspectos.

La estrategia de refinamiento

Como la IA generativa tiene la capacidad de seguir una conversación, las peticiones del usuario pueden incluir preguntas que se refieran a cuestiones anteriores, sin necesidad de volver a escribirlas, pues por omisión la IA generativa sobrentiende lo que se está platicando. Por ejemplo, si la última pregunta del usuario fue —Genera, por favor, una clase en lenguaje Java que represente un triángulo rectángulo—, la siguiente petición puede ser —¿Puedes incluir comentarios de documentación?—, y la IA generativa reconocerá que la petición es agregar comentarios al código previamente generado (Figura 4b). Otras peticiones podrían ser:

—¿Puedes incluir dos constructores?

—¿Puedes incluir un método que calcule el perímetro?

—¿Puedes cambiar el tipo de los catetos a enteros?

Mediante estas preguntas, el estudiante se acerca a conceptos como clase, constructor, método, comentarios, documentación, tipos de datos primitivos, entre otros.

Figura 4

Porción inicial del programa que ChatGPT brinda como parte de la respuesta a la solicitud: —Genera por favor una clase en lenguaje Java que represente a un triángulo rectángulo y su refinamiento posterior.

```
public class TrianguloRectangulo {
    // Atributos de la clase
    private double cateto1;
    private double cateto2;

    // Constructor
    public TrianguloRectangulo(double cateto1, double cateto2) {
        this.cateto1 = cateto1;
        this.cateto2 = cateto2;
    }
}
```

```
/**
 * La clase {@code TrianguloRectangulo} representa un triángulo rectángulo.
 * Proporciona métodos para calcular la hipotenusa, el área y el perímetro.
 * Además, incluye métodos para obtener y establecer los valores de los catetos.
 */
public class TrianguloRectangulo {
    // Atributos de la clase
    private double cateto1;
    private double cateto2;

    /**
     * Crea un nuevo objeto {@code TrianguloRectangulo} con los valores especificados.
     *
     * @param cateto1 El valor del primer cateto del triángulo.
     * @param cateto2 El valor del segundo cateto del triángulo.
     */
    public TrianguloRectangulo(double cateto1, double cateto2) {
        this.cateto1 = cateto1;
        this.cateto2 = cateto2;
    }
}
```

- a. Programa que ChatGPT brinda como parte de la respuesta
“Genera por favor una clase en lenguaje Java que represente a un triángulo rectángulo”
- b. Refinamiento de la respuesta en
a) cuando se solicita a ChatGPT
“¿puedes incluir comentarios de documentación?”

Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

La estrategia de traducción

La IA generativa tiene la capacidad de traducir no solo entre diferentes lenguajes naturales, como el español y el italiano, sino también entre lenguajes de programación. Por ejemplo, puede convertir el código de un programa de Java a Julia, Python, JavaScript, SQL, Prolog, C, C++ o cualquier otro lenguaje de programación.

Observar un mismo problema desde diferentes ángulos permite al estudiante reconocer distintos aspectos del objeto estudiado. Por ejemplo, en el lenguaje Java, la programación es netamente orientada a objetos, por lo que un programa está constituido

por una o más clases. Cuando se pida a una IA generativa que traduzca un programa Java a lenguajes como Prolog, C o SQL, en su respuesta aclarará que intentará hacerlo de la forma más parecida posible, pero que en esos lenguajes no existen las clases. Mientras que en lenguajes como Python, Julia o JavaScript, orientados a objetos, existen clases, por lo tanto, la IA generativa podrá traducirlos sin mayores inconvenientes. Mediante estas experiencias, el estudiante podrá reconocer mejor qué es la programación orientada a objetos. Así, el ejercicio podría consistir en las siguientes dos peticiones a la IA generativa:

—¿Puedes traducir el código de la clase TrianguloRectangulo de Java a Julia?

—¿Puedes traducir el código de la clase TrianguloRectangulo de Java a Prolog?

La estrategia de traducción también puede aplicarse a otros ámbitos del conocimiento. Por ejemplo, en leyes podría traducirse de un lenguaje coloquial a uno legal, en biología podría considerarse la traducción de descripciones con terminología zoológica a botánica, y en medicina, de un lenguaje formal a uno comprensible para el paciente. Cuando la IA generativa no pueda realizar la traducción, explicará cuál es la razón, y el estudiante podrá comprender mejor las particularidades del objeto de estudio.

Resumen de estrategias

Las estrategias de enseñanza-aprendizaje descritas se resumen en la Tabla 1 como una guía heurística para el docente, quien podrá decidir cuáles se adaptan mejor a las condiciones pedagógicas particulares y modificarlas de acuerdo con su experiencia y sus necesidades. La documentación y socialización de estrategias de enseñanza-aprendizaje, que incluyan los artefactos que brindan las tecnologías informáticas, como las aplicaciones con

IA generativa, son una condición *sine qua non* para afrontar con éxito los retos que impone la revolución informática en el proceso pedagógico.

Tabla 1
Estrategias para la enseñanza-aprendizaje con uso de la IA generativa y ejemplos en la enseñanza de lenguajes de programación.

Estrategia	Descripción	Ejemplo
Preguntas	El docente propone una pregunta que los estudiantes hagan a la IA generativa. Los estudiantes explican al grupo las respuestas obtenidas. Los estudiantes proponen tareas a realizar con los recursos adicionales que haya proporcionado la IA generativa.	¿Cuáles son los tipos primitivos en Java? (Figuras 1 y 2)
Confrontación	El docente identifica aparentes contradicciones en los conceptos revisados que son comunes cuando se inicia el estudio de un tema. Los estudiantes exponen sus explicaciones. Los estudiantes plantean las preguntas a la IA generativa para resolver la aparente contradicción.	“En el lenguaje Java ¿cuál es la diferencia entre <i>double</i> y <i>Double</i> ?” (Figura 3)
Comparación	El estudiante resuelve un ejercicio con sus propios medios. El estudiante pide a la IA generativa una respuesta al mismo ejercicio. El estudiante compara ambas respuestas observando las diferencias, sus aciertos y desaciertos.	“Genera por favor una clase en lenguaje Java que represente a un triángulo rectángulo” (Figura 4a)
Refinamiento	El docente solicita a los estudiantes realizar alguna petición a la IA generativa. El docente muestra a los estudiantes una respuesta óptima “modelo” a los estudiantes. El estudiante compara la respuesta de la IA generativa con el modelo, y solicita un atributo adicional no haya incluido. El estudiante revisa y analiza el cambio respecto las dos versiones. El estudiante continúa solicitando a la IA generativa nuevas características hasta que la respuesta cumpla con los requisitos del modelo proporcionado por el docente.	“¿Puedes incluir comentarios de documentación?” (Figura 4b)

Traducción	El estudiante solicita a la IA generativa la generación de un objeto con base en un problema planteado. El estudiante solicita la traducción de la respuesta brindada por la IA generativa a la pregunta anterior a otro formato o lenguaje. El estudiante estudia las diferencias entre ambas respuestas y resume los atributos importantes del objeto de estudio.	“¿Puedes traducir el código de la clase TrianguloRectangulo de Java a Julia?”
------------	---	---

Fuente: Elaboración propia. Enero (2026)

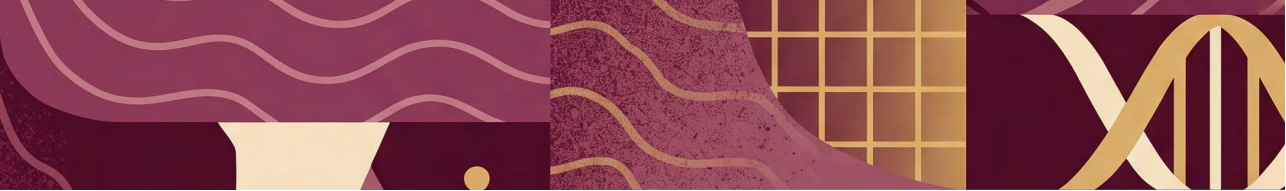
Conclusiones

Las aplicaciones con IA generativa son una alternativa que los estudiantes tienen para que sus dudas sean comprendidas, pudiendo expresarlas incluso de manera poco precisa y refinarlas a través del diálogo. Por otro lado, los docentes disponen de tecnologías informáticas que pueden utilizar para hacer más eficiente el proceso pedagógico; en ese sentido, la IA generativa es una herramienta valiosa que puede emplearse en el aula para agilizar y profundizar en la adquisición del conocimiento. El estudiante que se enfrenta a la tarea de adquirir nuevos conocimientos puede no comprender de forma inmediata los conceptos involucrados y tener dudas, conocimientos erróneos o incluso contradictorios. El diálogo entre docentes y estudiantes, entonces, es necesario para aclarar y guiar. Este proceso, aunque se realiza día a día en las aulas de las universidades, no es suficiente para asegurar el intercambio de ideas entre docentes y estudiantes, máxime si se considera que los cursos pueden tener entre 20 y 70 estudiantes. En estos casos, el diálogo del estudiante con una IA generativa, guiado por el docente, constituye una alternativa. El docente puede emplear diversas estrategias de enseñanza-aprendizaje para superar las dificultades que esto conlleva y apoyar a muchos estudiantes en la adquisición de conocimientos durante las clases en grupos numerosos. El docente puede diseñar y refinar estas estrategias antes y después de utilizarlas, así como compartirlas de manera formal e informal

con otros docentes y autoridades, y procurar su documentación en los programas oficiales de las asignaturas.

Referencias

- Kuhn, T. S. (2013). *La estructura de las revoluciones científicas* (4ª ed.) [Publicación original en 1962]. Fondo de Cultura Económica.
- Lee, H. Y., Chen, P. H., Wang, W. S., & et al. (2024). Empowering ChatGPT with guidance mechanism in blended learning: Effect of self-regulated learning, higher-order thinking skills, and knowledge construction. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(16). <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00447-4>
- Nongkhai, L. N., Wang, J., & Mendori, T. (2022). Developing an ontology of multiple programming languages from the perspective of computational thinking education. *Proceedings of the International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA)*, 66–72. International Association for Development of the Information Society.
- Tezanos, J. F. (2022). *La sociedad dividida: Estructuras de clases y desigualdades en las sociedades tecnológicas* [Obra original publicada en 2001]. Biblioteca Nueva.
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460.



11.

Docencia en Educación Superior e Inteligencias Artificiales Generativas: reflexiones en la encrucijada

Resumen

Esta sección aborda el fenómeno emergente de la IA generativa y sus implicaciones en la educación superior, con énfasis en las tensiones éticas, pedagógicas y epistemológicas que plantea la incorporación de la IA generativa en contextos formativos. La IA generativa se ha convertido en un agente disruptivo que cuestiona los fundamentos tradicionales de la enseñanza, el aprendizaje y la producción del conocimiento. Los tres apartados que componen este capítulo representan aproximaciones distintas pero complementarias para comprender este fenómeno desde una mirada crítica y comprometida con la transformación de las prácticas educativas.

Metodológicamente, el capítulo se construyó desde una perspectiva hermenéutica. Los resultados más relevantes muestran que el uso de la IA generativa representa tanto una oportunidad como un desafío para las universidades. Por un lado, posibilita nuevas formas de interacción con el conocimiento, favorece la autonomía del estudiantado y promueve la creatividad en los procesos de aprendizaje. Por otro lado, plantea interrogantes sobre la autoría, el pensamiento crítico (como posición política), la docencia, la evaluación y la dependencia tecnológica, así como sobre

la necesidad de formar capacidades ético-digitales. El potencial formativo de la IA generativa no radica en la herramienta en sí, sino en las mediaciones pedagógicas y en el posicionamiento ético-político de quienes coordinan los espacios de aprendizaje.



Implicaciones políticas del uso de la IA generativa en la Educación Superior.

Dra. Alejandra Torres-León

Introducción

El acceso —relativamente público— a la IA generativa ha despertado, en varios sentidos, el asombro de una gran cantidad de personas. En educación superior, los debates van desde posturas luddistas, que propugnan el derrocamiento de las tecnologías, hasta propuestas que buscan eliminar la presencia del profesorado y sustituirla por herramientas tecnológicas. La IA generativa es un sistema de inteligencia artificial susceptible de ser entrenado con la finalidad de que produzca información basada en patrones identificados en grandes cantidades de datos (UNAM Digital, 2023). En el campo de la educación, las discusiones sobre el uso de IA generativa están mayormente orientadas a responder a cuestiones sobre estas herramientas. Sin embargo, es pertinente abordar aspectos políticos y epistemológicos que subyacen a la implementación de la IA generativa en los espacios de aprendizaje.

La primera parte de este capítulo es un esfuerzo por responder a cuestiones que se articulan con implicaciones sociales, culturales y materiales del uso de la IA generativa en la educación superior. En los siguientes apartados se abordan aspectos específicos de la docencia desde una perspectiva pedagógica y, al final, se realiza un planteamiento pedagógico-didáctico sobre el uso de esta herramienta.

Hoy por hoy, es común plantearse cuestiones que versan sobre algunas implicaciones del uso de la IA generativa en la educación

superior. Entre los temas de interés se encuentran las dudas sobre la permanencia, la prescindencia o la sustitución del profesorado en las escuelas. Cuestiones de este tipo fueron la génesis de conflictos significativos a comienzos de los procesos de industrialización. Igual que entonces, las preguntas no parecían ser las indicadas, pues las respuestas se encaminaban a asuntos de orden técnico y no político. Los esfuerzos por responder a preguntas técnicas llevaron a la humanidad a buscar perfeccionar los procesos de las máquinas, olvidando que lo importante es prestar atención a las relaciones sociales que constituyen y son constituidas por los procesos de producción. Este perfeccionamiento tecnológico despolitizado es el mismo que nos tiene ahora sumidos en los índices de polución más amenazantes para la supervivencia de la vida en la Tierra. Plantear las preguntas indicadas es el paso previo a emprender cualquier acción.

La propuesta de este apartado consiste en reflexiones que intentarán analizar el contexto actual y generar nuevas e intrincadas interrogantes a partir de un cambio de terreno epistemológico (Martínez, 2011). Como punto de referencia, para el análisis se utilizan las aportaciones de Max Horkheimer (2003) y Jürgen Habermas (1967), dos teóricos de la Escuela de Fráncfort. Se incluyen, además, algunas reflexiones a partir de los aportes de Henry Giroux (2004), figura representativa de la pedagogía crítica.

Este primer apartado debe tomarse como una invitación a repensar la educación superior mediante la incorporación de IA generativa y a renovar nuestras formas de convivencia con la tecnología. No se trata de una propuesta técnica ni práctica, sino de un esfuerzo por analizar las condiciones materiales, ideológicas y sociales del momento histórico en el que la IA generativa se pone a disposición de quienes habitamos la educación superior, ya sea como docentes o como estudiantes.

Problemática teórica. Una herramienta para leer y transformar el mundo

La teoría social contemporánea se ha enriquecido con las contribuciones de Jürgen Habermas y Max Horkheimer, dos figuras prominentes de la Escuela de Fráncfort. Habermas, con su teoría de Conocimiento e Interés, y Horkheimer, con su formulación de la Teoría Crítica, ofrecen perspectivas fundamentales para entender la articulación entre conocimiento, interés y emancipación en la formación social predominantemente capitalista. Por su parte, en el campo de la educación, Henry Giroux ha realizado aportaciones que permiten visibilizar las condiciones materiales y las contradicciones que configuran la vida escolar. Uno de los aportes más significativos que enriquecen este trabajo es la noción del profesorado como intelectual. A continuación, se incluye, a modo de problemática teórica, una breve reseña que destaca los conceptos esenciales de los autores.

Intereses. Lo que subyace al conocimiento

Jürgen Habermas, en su obra Conocimiento e Interés, plantea la importancia de hacer visibles las reglas lógico-metodológicas que articulan y dan forma a la configuración de una teoría. El autor afirma que la teoría se conforma por una serie de enunciados o proposiciones relacionadas unas con otras, sin embargo, existen intereses a partir de los cuales se configuran. Habermas identifica tres tipos de intereses que guían la búsqueda o la construcción del conocimiento. La idea de incorporar a este capítulo la propuesta de Habermas, no es darle un uso voluntarista o motivacional a la teoría del autor. Habermas habla de intereses humanos, y no de personales o individuales.

En primer lugar, se encuentra el interés técnico. Este interés se relaciona con el control y la manipulación del entorno natural.

Las ciencias empíricas-analíticas, como la física y la química, son un ejemplo de este interés, ya que buscan entender y predecir fenómenos naturales para dominarlos técnicamente. Las teorías que responden a este tipo de interés consisten en plantear hipótesis a partir de datos empíricos. Las proposiciones son producidas por conocimiento objetivo y tienen como propósito la realización de acciones controladas. Detrás del conocimiento que busca predecir y controlar se encuentra el interés técnico. Es común que este tipo de interés estructure los actos educativos de los campos asociados a las ciencias naturales. El uso de IA generativa en estos espacios está articulado con intereses vinculados al control y la predicción.

En segundo lugar, está el interés práctico, centrado en la comprensión y el entendimiento mutuo en la interacción humana. Las ciencias histórico-hermenéuticas incluyen disciplinas como la historia, la sociología y la psicología. En estos campos impera el interés por interpretar y comprender el significado de las acciones humanas y de los contextos culturales. El conocimiento generado por intereses prácticos facilita la comunicación y el entendimiento en la vida social. La intención que se encuentra detrás de este conocimiento es comprender el sentido de los hechos y los fenómenos sociales. Por lo anterior, el uso de IA generativa en campos articulados con las Ciencias Sociales, se encamina hacia la comprensión de acontecimientos y hechos sociales.

En ambos casos, tanto en el conocimiento producido por intereses técnicos como en las premisas esgrimidas con intereses prácticos, existen motivos que justifican las acciones humanas. Estos motivos, si se abordan desde la individualidad, se conocen como “racionalización”; sin embargo, cuando las acciones y el conocimiento producido, aunque no sea expreso en términos claros, se abordan como una acción colectiva, se puede hablar de “ideología”. Es decir, aunque en las premisas o enunciados que

configuran la teoría no se incluya explícitamente la intención que la motiva, hay ideología. La ideología es, precisamente, esta omisión en la enunciación de los intereses implícitos en cada conocimiento o teoría (Žižek, 2009).

En tercer lugar, Habermas habla del interés emancipatorio, orientado a la liberación de las restricciones y dominaciones que limitan la autonomía humana. Este interés se vincula con las ciencias críticas, que buscan revelar y superar las estructuras de poder y opresión. El conocimiento que se produce con intereses emancipatorios promueve la transformación social. En este sentido, el diálogo se considera una herramienta de comunicación para la emancipación de los miembros de una formación social. La filosofía, un ejemplo de ciencia crítica, brinda posibilidades para hacer visibles las violencias que distorsionan el diálogo auténtico, es decir, sin relaciones de opresión.

Habermas sostiene que los tres intereses antes mencionados son fundamentales para la producción de conocimiento y están articulados con la acción humana. La propuesta del autor se centra en una crítica a la posición positivista del conocimiento y consiste en hacer visibles los intereses implícitos en cada conocimiento. Se trata de un esfuerzo por abandonar el prejuicio objetivista que considera la ciencia como una producción neutral y desinteresada.

Es importante mencionar que, si bien Habermas brinda algunos ejemplos de “ciencias empírico-analíticas”, “ciencias histórico-hermenéuticas” y “ciencias críticas”, el tema no se circunscribe a un único campo. Esto es, en el campo de la física, la química (ciencias empírico-analíticas para Habermas), la historia y la sociología (ciencias histórico-hermenéuticas para Habermas), también existen aportes teóricos con intereses emancipatorios. Asimismo, la filosofía (ciencia crítica para Habermas) puede asumir intereses prácticos o técnicos. Conviene, entonces,

hablar de “asumir una posición en un terreno epistemológico”. Es decir, mientras la noción de campo se circunscribe a una región del saber, la noción de terreno se articula con la mirada epistemológica y con los supuestos valorativos de los agentes (Martínez, 2011).

Así, en el campo de la educación se encuentran teorías que responden a cada uno de los tres intereses habermasianos. Las aportaciones de Paulo Freire (2005) y la pedagogía crítica (Giroux, 2004) son ejemplos de teorías educativas con fines emancipatorios, pues buscan la liberación de quienes participan en los actos pedagógicos. Teorías como estas proveen herramientas conceptuales que permiten posicionarse en un terreno epistemológico desde el cual es posible hacer visibles, cuestionar y transformar las relaciones de poder que configuran los espacios de aprendizaje, ya sea que estos se encuentren mediados o no por IA generativa.

Teoría. Comprender para transformar

Max Horkheimer es otro referente que puede utilizarse para analizar las relaciones que emergen en los espacios de aprendizaje, fundamentalmente aquellas que se articulan con el uso de la IA generativa. El autor desarrolló la Teoría Crítica como respuesta a las limitaciones de la Teoría Tradicional. En su obra, considerada el manifiesto fundacional de la Escuela de Fráncfort, realiza un ejercicio diferencial entre ambas teorías.

La primera se refiere a las teorías científicas que buscan explicar el mundo desde una perspectiva objetiva y neutral. Esta teoría tiene una clara tendencia a separar al sujeto —que conoce— del objeto —conocido—. Se afirma que este tipo de conocimiento se basa en la neutralidad y la objetividad en su producción. Ordinariamente, la teoría tradicional se centra en la acumulación de conocimiento fáctico, es decir, en datos que describen la realidad. Sin embargo, desde la idea tradicional de

la teoría no se describen ni se cuestionan las estructuras sociales ni las relaciones de poder subyacentes a la formación social. Al pasar por alto estos aspectos, la teoría tradicional naturaliza las desigualdades sociales.

Por otro lado, en la Teoría Crítica, Horkheimer afirma que, desde esta posición, se busca no solo comprender el mundo, sino también transformarlo. Quienes se posicionan política y epistemológicamente a favor de la emancipación se preocupan por las condiciones sociales y políticas que forman parte de la producción del conocimiento. En consecuencia, la teoría crítica tiene una intención emancipadora. Se trata de cuestionar las estructuras de poder y dominación de las formaciones sociales con la intención de deshacer cualquier forma de opresión. Esta liberación se logra mediante ejercicios de reflexión y análisis de las propias condiciones de posibilidad. El pensamiento crítico y su teoría reconocen que quienes producen conocimiento están determinados por sus relaciones reales con otros y con la naturaleza. La teoría crítica se caracteriza por su compromiso con la transformación social y sus críticas a la ideología y a las relaciones de poder. Busca hacer visibles las formas de opresión y dominación que subyacen a la formación social predominantemente capitalista; promueve la emancipación y la justicia social.

La Teoría Crítica de Horkheimer es una herramienta valiosa que permite orientar el debate sobre el uso de la IA generativa hacia cuestiones sociales más profundas. Desde la revolución industrial, el uso de las herramientas tecnológicas no es la cuestión, sino el sentido que adquieren las relaciones sociales al emplearlas. La Teoría Crítica permite dilucidar la articulación entre las relaciones sociales, las condiciones materiales, la relación sujeto-objeto y la producción de conocimiento. Así pues, el debate no se encuentra en el uso que se haga de la tecnología, sino en las relaciones de explotación que se perpetúan con su uso.

Profesorado. Intelectuales que transforman

Henry Giroux, inspirado en las aportaciones de la Escuela de Fráncfort y en los postulados de Paulo Freire, es uno de los principales referentes de la pedagogía crítica. En su libro *Los profesores como intelectuales transformadores* (Giroux, 1990), el autor presenta una serie de reflexiones que cuestionan la opinión que se tiene de los profesores. El autor afirma que la idea del trabajo del profesorado se ha reducido al imaginario social, según el cual los actos que conforman la profesión se restringen a asuntos técnicos especializados, a la aplicación de métodos y a la reproducción social y cultural.

Desde este enfoque tecnocrático de la educación, la formación y la actualización del profesorado suelen verse invadidas por cursos que buscan perfeccionar sus técnicas de disciplinamiento y corrección de estudiantes, proporcionar métodos rígidos de enseñanza descontextualizada, ofrecer estrategias de eficiencia en el uso del tiempo en el aula y, a propósito del tema, brindar oportunidades para el uso irreflexivo de herramientas tecnológicas.

La racionalidad tecnocrática e instrumental reduce la autonomía del profesorado en la toma de decisiones, niega sus saberes y los posiciona como ejecutores de manuales y procedimientos. Los currículos se diseñan al margen de los saberes del profesorado. Los profesionales de la educación son vistos como técnicos de la educación, sin capacidad para analizar ni reflexionar sobre sus saberes, espacios, historias, geografías y relaciones sociales.

Giroux afirma que la docencia, como toda actividad humana, es intelectual. El profesorado pone en acto el pensamiento y la práctica. En un ejercicio de reflexión, el profesorado debe cuestionar lo que se enseña en la escuela. Esto implica tener conciencia de las condiciones materiales e ideológicas que

circunscriben no solo los espacios de aprendizaje, sino también la formación social en la que se encuentran. Para ello, es importante reconocer que las escuelas son lugares económicos, culturales y sociales, articulados con cuestiones de poder y control. La escuela también es un espacio que permite analizar, cuestionar y transformar. De ahí la importancia de que el profesorado asuma un papel activo en la transformación.

El uso irreflexivo de métodos, estrategias y tecnologías puede posicionar al profesorado en un papel de técnico instrumental que reproduce las condiciones que generan desigualdades sociales. La reflexión sobre la práctica y el análisis social, cultural y económico son ejercicios intelectuales que el profesorado debe poner en práctica en todo momento junto al estudiantado con la finalidad de transformar los espacios de aprendizaje.

Advertencias teóricas para la emancipación

Con las aportaciones de Habermas, Horkheimer y Giroux, es posible construir una problemática teórica (Martínez, 2011) que adopte una posición política situada a favor de la eliminación de las desigualdades sociales. A partir de los postulados de los autores, se parte de un compromiso con la emancipación y la liberación de las restricciones que limitan la autonomía humana. La propuesta de Habermas radica en la producción de conocimiento con un interés emancipatorio; Horkheimer propone producir teoría a partir de la crítica de las estructuras de poder; y Giroux posiciona al profesorado como una profesión intelectual con posibilidades de transformación. Los tres autores tienen un compromiso social con la transformación de la formación social y con la eliminación de las desigualdades.

Tanto Horkheimer como Habermas realizan duras críticas a la visión positivista del conocimiento. El positivismo considera la ciencia un esfuerzo neutral y desinteresado que oculta y

reproduce las estructuras subyacentes que generan y legitiman las desigualdades. Para Habermas, el conocimiento está motivado por intereses específicos. Por su parte, Horkheimer sostiene que la teoría debe ser crítica y reflexiva. Giroux sitúa en el centro de la discusión al profesorado como agente de transformación.

Hasta aquí se han puesto sobre la mesa elementos teóricos que permiten posicionarse epistemológicamente en un terreno emancipador. A partir de este terreno es posible ver la educación como un campo determinado por condiciones materiales, sociales, culturales y económicas. Sin embargo, la escuela no solo está determinada, además, la escuela también determina. En este sentido, el profesorado se compone de agentes intelectuales con potencial de transformación. Por ello, el profesorado debe reflexionar sobre sus actos pedagógicos, tema que aborda más adelante Juan Andrés Elías-Hernández. Conviene que el profesorado, de forma colectiva, analice el uso de las herramientas tecnológicas y metodológicas que emplea con fines educativos. En este sentido, cabe preguntarse ¿cuáles son las implicaciones del uso de las herramientas y aplicaciones actuales y venideras con IA en la práctica docente?, ¿cómo se puede utilizar la actual IA generativa para el análisis de las condiciones materiales, culturales, sociales y económicas que configuran los espacios de aprendizaje?, ¿de qué forma pueden implementarse los instrumentos con creciente IA para la emancipación del profesorado y del estudiantado?, ¿es la IA provista en el aula un riesgo para la enseñanza y el aprendizaje? Estas y otras cuestiones se analizan a continuación.

Un análisis crítico de la IA generativa en educación

Las herramientas primarias basadas en IA, diseñadas para crear contenido a partir de patrones y ejemplos previamente aprendidos, han permitido aplicaciones innovadoras en la

educación superior. Sin embargo, también plantean varios desafíos.

En primer lugar, existe la posibilidad de generar sesgos y tendencias opresivas que legitimen las desigualdades. La IA generativa no es capaz de generar nuevos datos a partir de datos existentes. Además, si se entrena a la IA con datos que perpetúan las desigualdades sociales y legitiman las condiciones existentes, esta repetirá los mismos patrones con los que fue creada. La IA toma como referencia la información provista y, al menos por el momento, no es capaz de elaborar análisis sociales que nos lleven hacia la emancipación y la liberación. Considerando que la IA no tiene sentimientos ni intereses, es importante señalar que, ontológicamente, no nos llevará a la emancipación ni a la liberación.

En este contexto, es fundamental reconocer que la inteligencia artificial generativa constituye una herramienta técnica que facilita la generación de ideas y contenidos. No obstante, es esencial aceptar que sus respuestas son el resultado de los datos suministrados. La inteligencia artificial generativa aún no posee la capacidad de discernir cuáles son los intereses habermasianos subyacentes en cada producción y, dado que no son humanas, aparentan carecer de un compromiso social con la emancipación y liberación de los grupos oprimidos. Esto no significa que la IA no sea capaz de dar respuestas que legitimen relaciones de poder y sumisión.

Otro aspecto a considerar es el riesgo de deshumanizar los espacios de aprendizaje. A partir de las propuestas de Habermas y Horkheimer, se resalta la importancia del diálogo para la emancipación. El uso de IA generativa representa un peligro latente para la reducción de los espacios y de las formas de interacción, entendimiento y comunicación entre docentes y estudiantes. Con el uso desmedido de actividades y peticiones que

lleven a docentes y estudiantes a recurrir constantemente a la IA generativa, existe el peligro de convertir las relaciones sociales en espacios pragmáticos. Es decir, si el profesorado tiene una concepción bancaria de la educación (Freire, 2005), aumentan las probabilidades de que las inquietudes del estudiantado sean respondidas mediante el uso de IA generativa. Esto llevará a que las y los estudiantes no se impliquen en la comprensión y transformación de sus realidades.

El uso de la IA generativa como mediadora de los procesos de aprendizaje representa una amenaza para la humanización de las relaciones en las aulas. La dependencia de la IA generativa puede ser un elemento más que contribuya a desviar la educación de su objetivo emancipador, convirtiéndola en un proceso técnico y automatizado que sirva únicamente a los intereses de las instituciones y el mercado, en lugar de atender las demandas de las personas, la naturaleza y la preservación de la vida.

Además, existe el peligro latente del control y la manipulación del entorno educativo. Las y los agentes educativos que participan en espacios de aprendizaje corren el riesgo de priorizar el interés técnico y situarlo por encima de otros saberes e intereses. Esto puede llevar a una concepción de la educación centrada en la eficiencia y el rendimiento, que deje de lado la comprensión y la emancipación. Sobre todo, los requerimientos y solicitudes burocráticas derivados de la institucionalización de la educación pueden llevar a docentes y estudiantes a producir y reproducir contenidos e ideas que respondan a intereses técnicos, es decir, que conduzcan al perfeccionamiento de mecanismos minuciosos de control. Esto desvía los esfuerzos de docentes y estudiantes por analizar y reflexionar sobre sus formas de vida, lo que eventualmente pondrá también en riesgo los esfuerzos de emancipación.

IA generativa para la emancipación en escuelas de educación superior

Es crucial que las instituciones de educación superior sean transparentes sobre los intereses que guían el uso de la IA generativa. Resulta indispensable que, lejos de prohibir y satanizar el uso de estas nuevas herramientas, se fomente una cultura de reflexión colectiva que permita analizar cómo el uso de tecnologías influye en los procesos de aprendizaje en las escuelas. Si bien más adelante Silvia Gabriela Alvídrez-Minora aborda ejemplos específicos de IA generativa, en este espacio se presentan algunas reflexiones generales sobre las posibilidades de usar estas herramientas para la emancipación en las escuelas de Educación Superior.

En primer lugar, es imprescindible abogar por una evaluación constante y crítica de la IA generativa. Solo de esta forma será posible asegurar que su implementación no perpetúe estructuras de poder opresivas. Esto incluye un escrutinio regular de los algoritmos y los datos utilizados para entrenar estas tecnologías. Ello, con la intención de asegurarse de que no se reproduzcan sesgos que conduzcan a la legitimación y la naturalización de las desigualdades sociales.

Aunado a lo anterior, el uso de la IA en la educación superior debe incluir la participación activa de todos los agentes involucrados (estudiantado, profesorado, personal administrativo y directivo) en el diseño e implementación de estas tecnologías. Esto permitirá regular el uso de la IA generativa y orientarlo para que las producciones respondan a intereses prácticos y emancipatorios de la comunidad educativa, en lugar de limitarse a responder a los intereses técnicos propios de la burocratización de la educación.

Para responder a las demandas de los grupos subalternos o de poblaciones vulneradas, una opción socialmente responsable

incluye la cocreación de tecnologías educativas junto con su participación. Esto permitirá, en gran medida, que la creación y el uso de la IA generativa promuevan la emancipación y la justicia social. Como intelectuales, los profesores deben participar activamente en el diseño e implementación de tecnologías educativas. Esto asegura que las herramientas y aplicaciones con IA se articulen con los intereses sociales que promueven la justicia social y la emancipación.

Por otra parte, existe la posibilidad de utilizar la IA generativa como herramienta para la organización y el diseño curricular de espacios de reflexión. Es indispensable que, previamente, se provea a la IA generativa de información que le permita generar currículums emancipadores (Grundy, 1991). Esto es, considerar contenidos, análisis y reflexiones sobre las condiciones materiales y los procesos culturales que constituyen la ideología a partir de la cual se naturaliza la explotación de unos grupos por otros. Un currículum emancipador involucra, además, las inquietudes, necesidades, intereses y aportaciones de docentes y estudiantes.

Es importante reconocer que el acceso, tanto a la IA generativa como a la educación superior, es, por sí, una opción condicionada por las condiciones materiales del estudiantado. En este sentido, el Estado debe promover el acceso público y total tanto a la educación superior como a las tecnologías. En la medida en que se garanticen estas dos condiciones, aumentan considerablemente las posibilidades de que el estudiantado aproveche y desarrolle sus capacidades, potencialidades y habilidades para el bien común. Las instituciones deben asegurar que el uso de tecnologías, como la IA generativa, no amplíe la brecha de desigualdades existentes entre el estudiantado. La IA generativa debe ser implementada de tal forma que beneficie a la totalidad del estudiantado y del profesorado, especialmente a aquellos grupos vulnerados o marginados. Esto permitirá disipar la posibilidad latente de que

el acceso y el uso de la tecnología no se conviertan en otra forma de exclusión.

Otro aspecto importante sobre el uso de la IA generativa en educación superior radica en el establecimiento de marcos éticos claros. En este sentido, se deben abordar cuestiones como la responsabilidad y el compromiso social al usar la IA generativa y cualquier tecnología. Las reflexiones institucionales sobre la implementación de la IA generativa deben considerar sus alcances a largo plazo en la sociedad y la humanidad, además de promover un uso responsable y consciente de estas herramientas. Las formas específicas, el tiempo que se dedique, el momento en que se lleve a cabo y las personas que participen deberán ser decisiones de cada colectivo para que respondan de forma auténtica a las condiciones de cada espacio de aprendizaje.

Conclusiones

En este texto se utilizan las propuestas teóricas de Habermas, Horkheimer y Giroux como problemáticas teóricas que proporcionan elementos para analizar y comprender los alcances de las Inteligencias Artificiales Generativas en la Educación Superior. Mientras Habermas nos recuerda que el conocimiento está siempre influenciado por intereses específicos, Horkheimer nos advierte sobre las estructuras de poder que pueden perpetuar la opresión y la dominación a través de la tecnología, y Giroux nos brinda una perspectiva de profesorado crítico que promueve acciones transformadoras.

Para aprovechar plenamente el potencial de la IA generativa en la educación superior y evitar las amenazas latentes, es fundamental adoptar una postura crítica y reflexiva. Esto implica la transparencia, la participación, la equidad, la ética y la responsabilidad social en su uso. Al hacerlo, podemos asegurar que la IA generativa no solo mejore la eficiencia y la

personalización en la educación, sino que también se promueva la emancipación, la justicia social y el desarrollo integral del estudiantado, del profesorado y de la sociedad en general.

Es esencial que, con o sin IA generativa, la Educación Superior no se limite a la transmisión y a la producción de conocimientos técnicos, sino que también fomente la crítica de las estructuras sociales. Es indispensable reflexionar y analizar de forma colectiva sobre el papel que desempeñan las tecnologías en la reproducción del conocimiento que perpetúa las desigualdades sociales. Solo en la medida en que los actos pedagógicos fundamenten su existencia en el compromiso social, en el pensamiento crítico (como posición política), en el análisis social y en la reflexión colectiva, cualquier herramienta tecnológica no representará una amenaza, sino una oportunidad de transformar nuestros espacios de aprendizaje y la formación social que habitamos.

Referencias

- Freire, P. (2005). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI Editores.
- Giroux, H. (1990). *Los profesores como intelectuales: Hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*. Paidós.
- Giroux, H. (2004). *Teoría y resistencia en educación*. Siglo XXI Editores.
- Grundy, S. (1991). *Producto o praxis del currículum*. Ediciones Morata.
- Habermas, J. (1967). *Conocimiento e interés*. Paidós.
- Horkheimer, M. (2003). *Teoría crítica*. Amorrortu.
- Martínez Escárcega, R. (2011). *Epistemología rupturista: Reflexiones sobre un psicoanálisis del objeto*. Plaza y Valdés.
- UNAM Digital. (2023, octubre 19). *Sistemas de inteligencia artificial generativa: ¿Qué son, ¿cómo funcionan?* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=fdx8P3lUvfY>
- Zizek, S. (2007). *En defensa de la intolerancia*. Madrid: Sequitur. https://hispafiles.ru/data/g/6567834/src/En_defensa_de_la_intolerancia.pdf



Identidad y práctica docente en educación superior a partir de las Inteligencias Artificiales Generativas

Dr. Juan Andrés Elías-Hernández

Resumen

Esta sección examina cómo la IA generativa está redefiniendo la identidad y la práctica docente en la educación superior. Reconoce la existencia de utopías y distopías tecnológicas que moldean el futuro de la enseñanza y subraya la urgencia de reflexionar ante los avances tecnológicos. Destaca el apoyo de la IA generativa dentro del diseño curricular crítico, la tutoría personalizada y el fomento de la creatividad, alejándose de tecnofobias y tecnodependencias. Señala las preocupaciones del profesorado por la posible apertura de brechas digitales, aprendizaje superficial, falta de pensamiento crítico y prácticas deshonestas. Finalmente, se plantea que el nuevo escenario educativo exige reconfigurar las tareas docentes: sustituir actividades replicables por IA, reforzar la evaluación formativa, desarrollar habilidades críticas y gestionar éticamente la información.

Introducción

El momento actual se caracteriza por un fervor inusitado por las promesas de la tecnología para transformar nuestras realidades, incitado por los recientes avances de las *Inteligencias Artificiales* (IA). En este contexto, surgen utopías tecnologizadas que proclaman un futuro promisorio y, a la par, distopías que auguran una nueva era de oscurantismo tecnológico, que quizá solo constituyan una nueva edición de un viejo debate en el cual se materializan nuestros sueños y temores. El campo de la

educación no está exento de experimentar esta encrucijada en la que quizá se dispute el futuro de la escuela, y con ello, de la profesión docente.

El objetivo de esta aportación es reflexionar sobre los cambios en la identidad y la práctica del profesorado de educación superior, derivados de la irrupción de la IA generativa en la escena educativa. La pertinencia de este esfuerzo radica en abrir un diálogo que resulta urgente en medio de los vertiginosos avances tecnológicos y sus implicaciones para las tareas de educar y aprender.

Como conclusión, esta reflexión expone que presenciamos los albores de una sustancial transformación de la identidad y práctica del profesorado en educación superior, a partir del acceso público a la IA generativa, que ha acelerado la obsolescencia de algunas prácticas pedagógico-didácticas, la necesidad de realizar nuevas tareas como parte de la docencia y la emergencia de inéditos desafíos para la educación escolarizada.

Con objeto de establecer los argumentos en los cuales se sustenta la postura expuesta en cuanto a la trascendencia de la IA generativa para la configuración de la identidad y práctica docente, se realiza un recorrido que inicia estableciendo el carácter histórico y contextual de la docencia en educación superior, para luego plantear algunos supuestos de partida en relación con la conceptualización, devenir y contexto actual de la IA generativa, sus intersecciones con la educación, y por último, las implicaciones para la profesión docente.

La identidad y práctica docente en educación superior y su carácter cambiante

La identidad docente en educación superior es un constructo histórico y contextualmente situado que no siempre se ha conceptualizado como hoy lo hacemos, ni permanecerá incólume

en la posteridad; su acepción se refiere al devenir de la profesión en un espacio geopolítico concreto y a los múltiples elementos de distinto orden que constituyen su entramado contextual. Así, la docencia en nuestro país se ha configurado, entre otros factores, a través de las características sociodemográficas del estudiantado, al intentar responder a sus necesidades e intereses; a partir de los vaivenes políticos que pautan las características definitorias y operativas del profesorado; y en relación con las múltiples fuerzas internas y externas de distinto carácter que impulsan —o se resisten— al desarrollo de la práctica educativa en uno u otro sentido (Hirsch, 1998).

En este sentido, algunos episodios históricos fueron especialmente significativos para la configuración de la identidad y práctica docente contemporáneas en nuestro país; a saber: a) la ampliación de la matrícula en educación superior derivada de los movimientos políticos y sociales de la década de los sesenta (Tuirán, 2019), b) el impulso de la formación docente desde el enfoque de tecnología educativa a partir de la década de los setenta (Hirsch, 1998), y la institucionalización de la formación y evaluación del profesorado a través de organismos como la entonces Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), ahora Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) o el Fondo de Modernización para la Educación Superior (FOMES), entre las décadas de los ochenta y noventa (Castro, 2011), todo durante el siglo pasado.

Estos sucesos conllevan cambios importantes para el magisterio de educación superior que de forma sucinta enuncio: a) asumir, con todo lo que ello implica, un nuevo escenario educativo poblado por estudiantes con capitales socioculturales distintos a los valorados en la academia, y en tanto concebidos como déficits, b) la incorporación y fortalecimiento de habilidades didáctico-pedagógicas y estrategias psicoeducativas, para favorecer el aprendizaje de estudiantes —que hoy día incluye

el acompañamiento tutorial y el desarrollo de habilidades socioemocionales—, y c) la configuración de una práctica docente sobresaturada y en permanente control y auditoría, que prioriza los desempeños individuales por encima de los procesos colectivos, además de un énfasis en la actividad investigativa por encima de la docencia. Estos cambios constituyen entramados problemáticos, vigentes y apremiantes para el magisterio en la educación superior.

El planteamiento que se realiza es que nos encontramos en los comienzos de un nuevo cambio trascendental para la identidad y la práctica docente en educación superior, y quizá para la propia Universidad, como resultado del acceso abierto a la IA generativa, ampliado a partir de noviembre de 2022 cuando la empresa OpenAI presentó la versión pública de ChatGPT. A lo largo de este documento se intentará justificar esta aseveración, desde una posición que busca alejarse tanto de las tecnofobias como de las tecnodependencias, pero que pretende ser consistente con una visión crítica de la educación, en articulación con el apartado anterior escrito por Alejandra Torres-León.

Inteligencias Artificiales Generativas, una Breve Semblanza

Las *Inteligencias Artificiales* se conceptualizan como sistemas informáticos diseñados para interactuar con el mundo a través de capacidades similares a las que se les atribuyen a la inteligencia humana —percepción, aprendizaje, resolución de problemas, interacción lingüística o producción creativa—. Estos sistemas derivan en tecnologías como el procesamiento del lenguaje natural, el reconocimiento del habla, el procesamiento de imágenes, los agentes automatizados, la detección de afecto, la minería de datos y la creatividad artificial, que utilizan técnicas como la inteligencia basada en reglas, el aprendizaje automático, las redes neuronales y el aprendizaje profundo (UNESCO, 2021).

La IA generativa, a su vez, es un subcampo que agrupa tecnologías que generan contenidos, como textos, imágenes, videos, música o código de software, a partir de indicaciones llamadas *prompts*. Estas inteligencias se “entrenan” utilizando materiales disponibles en línea y generan datos, analizando estadísticamente el contenido del que disponen y repitiendo patrones comunes (UNESCO, 2024).

El origen de las inteligencias artificiales se le atribuye al científico inglés Alan Turing, quien en 1950 planteó la posibilidad de que las máquinas se condujeran de forma inteligente, pero fue el informático estadounidense John McCarthy quien introdujo e impulsó el término *inteligencia artificial* en 1956 (Serafim et al., 2024).

A lo largo de su historia, las inteligencias artificiales han atravesado “primaveras” e “inviernos” (López del Castillo, 2024), nombres con los que se designa a sus períodos de auge y decadencia en relación con los avances e interés que han suscitado, traducidos, por supuesto, en financiamiento para la investigación en este campo.

En el ámbito educativo, el foco de atención inicial se centró en el desarrollo de sistemas de automatización de tareas administrativas, predicción de trayectorias, tutoría y personalización del aprendizaje (Sánchez, 2023); pero su principal punto de inflexión fue en noviembre de 2022 cuando la empresa Open AI introdujo la versión pública de su Chat Generativo Transformador preentrenado o ChatGPT. Actualmente, la investigación se enfoca en el desarrollo de sistemas robóticos, de tutoría inteligente, así como de chatbots (Alharbi, y Köprülü, 2024).

La masificación en el uso de la IA generativa se puede explicar por distintos factores, entre estos, a) que una parte importante de la población, en nuestro caso universitaria, desarrollan formas de

vida híbridas que combinan experiencias en el mundo físico y en el ciberespacio, lo cual facilita el acceso a estos recursos; b) la sensibilización forzada para el uso de diversas tecnologías educativas que se produjo en el contexto de la contingencia por el COVID-19 (UNESCO, 2021), combinada con un fuerte impulso mercadotécnico por parte de empresas proveedoras de servicios o recursos de tecnología educativa e instituciones de corte economicista (Nemorin et al., 2023), bajo el estandarte de la cuarta revolución industrial; pero sobre todo, por las capacidades que muestra y las posibilidades que se abren en distintos campos, en especial, en el escenario educativo.

Pese al entusiasmo por la irrupción de la IA generativa, en el contexto actual se percibe, para muchos, una diferencia preocupante entre el vertiginoso crecimiento y desarrollo de aplicaciones de IA generativa —y de inteligencia artificial en general— y la lenta y aletargada capacidad de gobiernos e instituciones para regular y orientar el uso ético de dicha herramienta. Además, por el aparente desinterés de las personas para reflexionar sobre las implicaciones —y actuar en consecuencia— en relación con el devenir de la humanidad, lo que ha ocasionado solicitudes por parte de sujetos e instancias connotadas para pausar el desarrollo de este campo de investigación en espera de una mayor y mejor regulación (López del Castillo, 2024).

Las inteligencias artificiales son una realidad presente en nuestra cotidianidad, en más ámbitos de los que alcanzamos a percibir, y difícilmente las podremos “devolver a la caja” (López del Castillo, 2024); en este sentido, los debates actuales giran en torno al desarrollo y uso ético y democrático de estas, al acceso equitativo y a la preservación de las interacciones humanas de cara a un futuro que se percibe mediado por la tecnología (García-Peñalvo et al., 2023), por mencionar solo algunos de los principales aspectos problemáticos.

A partir de lo expuesto, resulta apremiante una comprensión crítica de estas tecnologías en al menos tres cuestiones: a) entender que la IA no solo es un medio para alcanzar nuestros fines, sino que, además, tiene la capacidad de instaurar ciertas finalidades (García-Peñalvo et al., 2023), incrementando con ello el riesgo de conducirnos a una racionalidad instrumental imperante; b) comprender que es imprescindible tomar conciencia sobre cómo, de forma intencionada o no, toda IA generativa conlleva un posicionamiento sociopolítico, derivado de la ontología de dominio que hace posible el procesamiento de la información y la entrega de salidas consistentes (López del Castillo, 2024; Sánchez, 2023; García-Peñalvo et al., 2023), lo que puede conducirnos a mantener o exacerbar de forma velada y supuestamente neutra mecanismos de discriminación y reproducción de desigualdades e injusticias (Sánchez, 2023), y a alimentar la matriz de dominación y colonialismo desgraciadamente vigente. Finalmente, c) reconocer los límites inherentes a la estructura y funcionamiento de la IA generativa que, entre otras restricciones, circunscriben su capacidad y “creatividad” a lo ya realizado por la humanidad, en un ciclo que solo regurgita, digiere y vuelve a expulsar la media ponderada de lo mismo.

Las Inteligencias Artificiales Generativas en la Educación

Desde algunos discursos, la IA generativa se presenta como la respuesta a las perennes deficiencias y vacíos de los sistemas educativos, que, según la ideología neoliberal, constituyen rémoras de un pasado sin lugar en la cuarta revolución industrial.

Prometen, no sin la suficiente inversión económica, eficientizar los sistemas de gestión escolar y educativa, mejorar el acompañamiento, tutoría y retroalimentación del estudiantado a nivel personalizado y adaptativo, e identificar de manera temprana factores de riesgo educativo (Alharbi y Köprülü,

2024; Bolaño-García y Duarte-Acosta, 2024; González-Campos et al., 2024); además de coadyuvar al magisterio en el desarrollo de su labor, ofreciendo recursos para la realización de sus actividades y haciéndose cargo de tareas mecánicas y repetitivas (González-Campos et al., 2024), mejorando así su eficiencia pedagógica (García-Peñalvo et al., 2023), todo con el objetivo de que el profesorado enfoque su esfuerzo en el acompañamiento humano, que a los artilugios tecnológicos todavía les está vedado. Promesas que hoy día, bajo las condiciones adecuadas, son una realidad, pese a las reticencias y resistencias de sus detractores.

Esto, en opinión de quienes impulsan la IA generativa, puede favorecer en el alumnado el compromiso escolar, estimular la creatividad, el pensamiento crítico (al que se refiere Alejandra Torres-León en el capítulo anterior) y el trabajo colaborativo, desarrollar habilidades digitales y mejorar la experiencia y los resultados educativos (Bolaño-García y Duarte-Acosta, 2024; Cotton et al., 2024), además de disminuir las desigualdades de desempeño, dadas sus características sociodemográficas (Malinka et al., 2023).

Frente a esta actitud optimista respecto al uso de la IA generativa en el ámbito educativo, se yerguen cuestionamientos e incertidumbres que llaman a una utilización cauta y acotada. En primera instancia, se plantea que su implementación conlleva una inversión económica significativa (Bolaño-García y Duarte-Acosta, 2024), que, en algunos espacios, bajo el criterio economicista de costo-beneficio, no justifica o complica su financiamiento; esto tiene como consecuencia la ampliación de las brechas digitales y la desigualdad en el acceso y capacidades de uso por parte de algunas comunidades educativas (García-Peñalvo et al., 2023; Cotton et al., 2024). Al mismo tiempo, los marcos discursivos dominantes ven en la IA un mecanismo para efficientizar la capacitación de personas o recursos humanos en el ámbito laboral, lo que puede influir en o detener el desarrollo

de estas tecnologías según lo que se considera financiable o no (Nemorin et al., 2023).

Existe además preocupación por la privacidad y seguridad de los datos recopilados por estos sistemas, así como por el posible uso de estos por parte de ciberdelincuentes (García-Peñalvo et al., 2023; Bolaño-García y Duarte-Acosta, 2024), así como por los estereotipos y prejuicios que subyacen en la IA generativa, tanto a partir de las ontologías de dominio que les permiten interpretar la información de la que disponen como del propio corpus de información al que acceden (García-Peñalvo et al., 2023), lo que puede reflejarse en decisiones que afectan a ciertos estudiantes.

En cuanto a los procesos de enseñanza-aprendizaje, se argumenta que la IA generativa puede contribuir a la construcción de aprendizajes superficiales, en tanto limita el desarrollo de habilidades de pensamiento —comprensión, creatividad, pensamiento crítico, resolución de problemas y toma de decisiones—, y la interacción entre personas, además de promover la dependencia de la tecnología (Alharbi y Köprülü, 2024; González-Campos et al., 2024), la pereza (Serafim et al., 2024) y el comportamiento deshonesto a través de la entrega de evidencias de aprendizaje elaboradas con IA generativa, con escasa o nula participación del estudiantado (Sánchez, 2023; García-Peñalvo et al., 2023; González-Campos et al., 2024; Malinka et al., 2023); si a esto último se suma la incapacidad de las herramientas actuales para identificar textos creados por esas tecnologías (García-Peñalvo et al., 2023; González-Campos et al., 2024; Cotton et al., 2024), las consecuencias podrían ser desempeños académicos deficientes.

En un marco de análisis más amplio, es importante señalar dos fenómenos comunes en los discursos dominantes: la dataficación, que reduce la relación pedagógica a una serie de datos y, por tanto, puede ser gestionada por sistemas de IA, y el solucionismo

tecnológico (Sánchez, 2023), que ve en estos artilugios la solución definitiva a los problemas educativos. Ambos constructos se han instaurado en el escenario educativo, impulsados por visiones de corte economicista, neoliberal y tecnocrático, y han sido asimilados de forma acrítica por diversos actores educativos, en ocasiones inconscientes de los perjuicios que conllevan para una educación libre y emancipadora.

En este complejo escenario se interpela, nuevamente, al paradigma pedagógico tradicionalista, con sus prácticas basadas en la transmisión de conocimiento, sus estructuras curriculares rígidas (García-Peñalvo et al., 2023) y sus tareas, hoy fácilmente realizables con ayuda o a través de la IA generativa; sin embargo, en este momento no son solo los movimientos pedagógicos reformistas o críticos quienes denuncian la obsolescencia o la naturaleza perjudicial del paradigma tradicionalista en educación, sino que hoy es el propio devenir histórico, acompañado por la IA generativa, el que muestra la evidente caducidad de sus peores prácticas (Malinka et al., 2023).

Con todo y lo anterior, se plantea que el problema central radica en que el núcleo del paradigma tradicionalista no se conforma por sus postulados curriculares o didácticos, sino por su posicionamiento sociológico funcionalista; los primeros pueden cambiar travistiéndose de reformismo o tecnología educativa, pero el último permanece intocable, dando lugar a una educación que sigue siendo alienante, solo que ahora con recursos nuevos, más efectivos y eficientes para continuar su tarea adormecedora. La IA generativa indefectiblemente modificará el escenario educativo (González-Campos et al., 2024), quizás no de la mano de las instituciones en el precario contexto de la educación superior pública mexicana, sino de estudiantes y docentes que se moverán de forma más ágil de cara al reto y las posibilidades que plantean estas tecnologías; el asunto que nos debemos preguntar es en qué sentido se llevará a cabo este cambio.

La Identidad y Práctica Docente a partir de las Inteligencias Artificiales Generativas en la Educación

Como fue expuesto, se asume que la IA generativa está transformando la identidad y práctica docente en educación superior (González-Campos et al., 2024), debido a la obsolescencia de ciertas prácticas relacionadas con el paradigma pedagógico tradicional, a la necesidad de desplegar nuevas tareas de acuerdo con el contexto y momento actual, y a la emergencia de desafíos inéditos a partir de la reciente irrupción de la IA generativa en el campo educativo (véase el siguiente apartado escrito por la Dra. Gabriela Alvídrez-Minora).

También se parte de una perspectiva crítica e integral de la educación que concibe la formación de las personas, no solo como profesionales competentes en sus diversos ámbitos —cuestión ineludible—, sino como personas inscriptas en comunidades, comprometidas con su bienestar personal y el de su colectividad, así como con el devenir de la humanidad; este posicionamiento implica el desarrollo del pensamiento crítico, no únicamente como habilidad de pensamiento, sino además, como postura sociopolítica, lo cual conlleva al profesorado coadyuvar en una educación desde, en y para la libertad.

Con base en esto, es imprescindible comprender que algunas prácticas no se pueden seguir sosteniendo en el labor docente, como la demanda de tareas o la elaboración de productos susceptibles de realizarse a través de IA generativa —como ensayos, reseñas o transcripciones—, sin el correspondiente acompañamiento y evaluación formativa que permita constituir las en verdaderas experiencias de aprendizaje; el contexto actual requiere de manera urgente el desarrollo en el estudiantado de principios éticos y capacidades para la búsqueda, análisis, discriminación y evaluación de la abundante masa de información a su alcance, además de habilidades para estructurar, elaborar y comunicar

evidencias de aprendizaje relevantes para la vida social y profesional de las personas; esto debiera ser objetivo de dichas actividades y el énfasis del acompañamiento que se realice como docentes responsables de un proceso de enseñanza y aprendizaje.

Además, en estos tiempos de avances tecnológicos vertiginosos, es fundamental que el profesorado emprenda la tarea de conocer y utilizar de forma crítica las tecnologías disponibles y pertinentes para su objeto de estudio y para el trabajo con su alumnado, así como enseñar las capacidades, aplicaciones, límites e implicaciones de la IA generativa, sin tecnofobias ni tecnodependencias, pero con absoluta conciencia del momento que vivimos y de los retos que nos presentan. Estas tecnologías, además, pueden colaborar en las tareas mecánicas y repetitivas de nuestro trabajo, lo cual es especialmente valioso en un contexto caracterizado por la sobresaturación de actividades, una de las quejas persistentes del profesorado en educación superior.

Por otro lado, es necesario realizar —o continuar realizando— las actividades que la IA generativa, por sus limitaciones implícitas, no puede realizar y que constituyen las principales aportaciones de nuestra humanidad a la experiencia formativa: A saber, el análisis y reconstrucción del currículo desde una perspectiva crítica —como invita Alejandra Torres-León—, el diseño y desarrollo de experiencias educativas flexibles, que respondan a las contingencias y promuevan la interacción dialógica entre quienes participan; el acompañamiento personalizado e integral de las y los estudiantes; la promoción de actitudes y valores, no solo, sino principalmente a través de nuestros actos; y la capacidad de inspirar la imaginación y creación de realidades nunca antes concebidas y soluciones genuinamente inéditas, pero necesarias para los problemas que como humanidad se nos presentan.

Referencias

- Alharbi, J. S. N., & Köprülü, F. (2024). The views of the teachers on artificial intelligence's effects on education process. *Synesis* (ISSN 1984-6754), 16(1), 314-325. <https://seer.ucp.br/seer/index.php/synesis/article/view/2930>
- Bolaño-García, M., y Duarte-Acosta, N. (2024). Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación. *Revista Colombiana de Cirugía*. <https://doi.org/10.30944/20117582.2365>
- Castro Valles, A. (2011). Política educativa Promep y profesorado universitario (1a ed). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., & Shipway, J. R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International*, 61(2), 228-239. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148>
- García-Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F., y Vidal, J. (2023). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 9-39. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- González-Campos, J., López-Núñez, J., y Araya-Pérez, C. (2024). Educación superior e inteligencia artificial: desafíos para la universidad del siglo XXI. *Aloma: Revista de Psicología, Ciències de l'Educació i de l'Esport*, 42(1), 79-90. <https://doi.org/10.51698/aloma.2024.42.1.79-90>
- Hirsch Adler, A. (1998). Investigación superior: universidad y formación de profesores (3. ed.). Trillas.
- López del Castillo, F. L. (2024). Inteligencia artificial generativa: determinismo tecnológico o artefacto construido socialmente. *Palabra Clave*, 27(1), 1-23. <https://doi.org/10.5294/pacla.2024.27.1.9>

- Malinka, K., Perešíni, M., Firc, A., Hujňák, O., & Januš, F. (2023). On the Educational Impact of ChatGPT: Is Artificial Intelligence Ready to Obtain a University Degree? *Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*, 47–53. <https://doi.org/10.1145/3587102.3588827>
- Nemorin, S., Vlachidis, A., Ayerakwa, H. M., & Andriotis, P. (2023). AI hyped? A horizon scan of discourse on artificial intelligence in education (AIED) and development. *Learning, Media and Technology*, 48(1), 38–51. <https://doi.org/10.1080/17439884.2022.2095568>
- Sánchez, M. del M. (2023). La inteligencia artificial como recurso docente: usos y posibilidades para el profesorado. *EDUCAR*, 60(1), 33–47. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1810>
- Serafim, M.-C., Bertoncini, A.-L.-C., Ames, M.-C., & Pansera, D. (2024). Inteligencia Artificial (de)generativa: Sobre la imposibilidad de que un sistema de IA tenga una experiencia moral. *Scripta Theologica*, 56(2), 467–502. <https://doi.org/10.15581/006.56.2.467-502>
- Tuirán Gutiérrez, R. (2019). La educación superior: promesas de campaña y ejercicio de gobierno. *Revista de La Educación Superior*, 48(190), 113–183. <https://doi.org/10.36857/resu.2019.190.715>
- UNESCO. (2021). Inteligencia artificial y educación guía para las personas a cargo de formular políticas. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379376>
- UNESCO. (2024). Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389227>



Del aula al algoritmo: desafíos y oportunidades de las inteligencias artificiales generativas en la didáctica contemporánea en educación superior

Dra. Silvia Gabriela Alvírez-Minora

Resumen

Esta sección explora cómo la IA generativa redefine la didáctica en la educación superior e identifica retos y oportunidades. Se contextualiza la brecha entre avances tecnológicos y problemas socioeconómicos, subrayando la urgencia de comportamientos flexibles y un aprendizaje continuo. Resalta que la irrupción de la IA generativa cuestiona los métodos tradicionales y propone la personalización del aprendizaje. Sin embargo, demanda una postura crítica ante riesgos de dependencia y desigualdades de acceso, exigiendo una transformación del espacio educativo, reforzando la inmersión en culturas disciplinares y defendiendo enfoques integrales que combinen especialización y adaptabilidad, contrarrestando la obsolescencia de saberes enciclopédicos. Reclama una renovación pedagógica que promueva el pensamiento crítico, la creatividad y proyectos colaborativos, adaptando las metodologías tradicionales mediante la IA generativa. Enfatiza la necesidad de integrar la tecnología con una profunda reflexión ética y valores humanistas, persiguiendo una educación más equitativa, sostenible, inclusiva, resiliente y transformadora.

Introducción

En las últimas décadas, la sociedad ha experimentado una serie de cambios, principalmente en los ámbitos tecnológico y

científico, que han acelerado ciertos procesos y creado diversas oportunidades de desarrollo. Sin embargo, estas transformaciones no han alterado en gran medida las estructuras económicas y sociales establecidas. El modelo económico predominante, consolidado tras la caída del Muro de Berlín, ha persistido, adaptándose a las nuevas tecnologías, pero manteniendo sus principios básicos; lo que ha ocasionado una sociedad que, a pesar de los avances técnicos, enfrenta demandas sociales cada vez más complejas, evidenciando la brecha entre el progreso tecnológico y la resolución de problemas socioeconómicos fundamentales.

Los cambios significativos en la sociedad actual se atribuyen principalmente al desarrollo de nuevas tecnologías y a los avances científicos. Las redes de comunicación, los dispositivos móviles y el uso generalizado de software, junto con nuevos conocimientos y concepciones sobre la realidad, han modificado profundamente el funcionamiento de la sociedad y sus instituciones. Este escenario, caracterizado por la incertidumbre, la complejidad y el cambio continuo, exige comportamientos más flexibles, una mayor capacidad de adaptación y un compromiso con el aprendizaje permanente. La rapidez de estos cambios obliga a una constante actualización de conocimientos y habilidades, difuminando las fronteras entre los campos del saber y fomentando la interdisciplinariedad. En este contexto, la capacidad de aprender a aprender resulta fundamental para navegar con éxito en un mundo en constante evolución, donde la innovación y la adaptabilidad son cruciales para el progreso individual y colectivo.

La irrupción de la IA generativa en el ámbito educativo ha generado una serie de expectativas y desafíos que merecen ser revisados en profundidad. Como esbozan Holmes et al. (2019), esta transformación tecnológica no solo plantea interrogantes sobre la eficacia de los métodos tradicionales de enseñanza, sino que también abre nuevas vías para la personalización del

aprendizaje y la optimización de los recursos educativos. La IA generativa, con su capacidad para crear contenido, resolver problemas complejos y adaptarse a las necesidades individuales de las personas, está evidenciando la obsolescencia de ciertas prácticas docentes tradicionales en el aula universitaria. Este fenómeno no implica una redefinición del papel docente, sino que subraya la imperiosa necesidad de que educadoras(es) y estudiantes desarrollen y apliquen una postura crítica frente a estas tecnologías.

En el contexto actual, donde la información es abundante, pero no siempre confiable, surgen preocupaciones legítimas, como la equidad en el acceso a estas tecnologías y, principalmente, el riesgo de una excesiva dependencia que podría negar al estudiantado la posibilidad de asumir un posicionamiento crítico frente a las desigualdades sociales.

La IA generativa y su impacto en la educación superior

El universo educativo de la actualidad está marcado por la celeridad de los cambios que provienen tanto de los nuevos conocimientos y avances científicos como de las transformaciones institucionales que requiere el contexto. La era actual, a menudo caracterizada por el fenómeno del *Big Data*, identificado por las “3 V”: volumen, velocidad y variedad de datos (Aguilar, 2016), representa más que un simple avance tecnológico. Es un reflejo de cambios profundos en la forma en que generamos, procesamos y consumimos información. Esta transformación trasciende lo meramente tecnológico e impacta profundamente en los procesos de investigación y aprendizaje.

Las metodologías científicas tradicionales en el aula se enfrentan ahora a un panorama informativo más complejo y dinámico, donde la selección bibliográfica y la búsqueda en internet son cada vez más variables y desafiantes. Sin embargo, es crucial reconocer que esta evolución es parte de un *continuum* histórico

más amplio, con cambios sociales, económicos y culturales, y no puede reducirse simplemente a la aparición de una tecnología específica.

La transformación del espacio educativo

En el marco de la construcción de conocimiento crítico y reflexivo, existe la necesidad de inmersión en la cultura disciplinar, un proceso que implica familiarizarse íntimamente con el lenguaje especializado, los métodos de investigación, la historia, los debates actuales y los valores éticos propios de un campo de estudio específico. Esta inmersión es fundamental porque cada disciplina posee su propia cosmovisión, valores, normas y prácticas que determinan cómo se genera, interpreta y aplica el conocimiento en esa área; estos aspectos están fuertemente influidos por el desarrollo socio-tecnocientífico, con un factor adicional asociado a los medios de generación y transmisión de saberes (Ibáñez y Villasana, 2020). Por lo anterior, y en especial en la Educación Superior, se ha enfatizado la importancia de fortalecer aquellas concepciones epistemológicas que subrayan la necesidad de garantizar la formación integral y el robustecimiento de los campos disciplinares desde el saber propio y autónomo, en donde las personas deben formarse para un mundo en constante cambio, reconociendo que los perfiles que generan las instituciones de educación superior (IES) deben lograr una alta especialización y flexibilidad.

Diversos autores ofrecen una perspectiva crítica sobre los entornos de aprendizaje en la educación superior, poniendo de manifiesto distintas problemáticas que trascienden lo pedagógico y abarcan dimensiones sociales, políticas y económicas. Entre los problemas más apremiantes en la educación superior se encuentra la excesiva individualización del proceso de aprendizaje, fenómeno que puede perpetuar desigualdades sociales y económicas preexistentes, como señala Giroux (2018)

en su análisis del impacto del neoliberalismo en la educación superior.

La persistencia de enfoques enciclopédicos de rápida obsolescencia es otra preocupación significativa, dado que no preparan adecuadamente a las y los estudiantes para un mundo en constante cambio. Ante esto, Freire (1976) critica la continuidad de metodologías transmisivas carentes de objetivos precisos, que no fomentan el pensamiento crítico ni la capacidad de cuestionar el *statu quo*. Brown (2015) plantea que esta problemática se ve exacerbada por la creciente mercantilización de la educación superior, que prioriza la empleabilidad por encima de la formación integral y del pensamiento crítico. Además, como plantea Hooks (1994), la falta de inclusión de perspectivas educativas y filosóficas diversas y marginadas en los currículos perpetúa sesgos y exclusiones históricas, limitando la riqueza y la diversidad del discurso académico.

Frente a estas observaciones, se plantea la necesidad imperativa de una profunda reevaluación y, en su caso, reestructuración de los modelos educativos vigentes. Se propugna el desarrollo de enfoques integrales, adaptables y orientados a la aplicación práctica, con el propósito de preparar a las y los estudiantes para los desafíos dinámicos no solo de sus respectivos campos profesionales, sino también frente al compromiso social que su propia formación profesional les demande. Esta perspectiva implica un llamado a la acción para que las instituciones educativas reexaminen sus métodos y objetivos, buscando un equilibrio óptimo entre la profundidad del conocimiento disciplinar, la flexibilidad cognitiva y la aplicabilidad práctica de los aprendizajes construidos. El fin último es la formación de profesionales emancipados y críticos que afronten la complejidad y los cambios constantes del mundo contemporáneo. Cabe mencionar que las instituciones formadoras y actualizadoras de profesionales de la educación deben plantearse como

propósito fundamental asumir una posición política a favor de la eliminación de las desigualdades sociales.

Complejidades en la transición de la educación presencial a la educación en línea

El cambio tecnológico y la expansión de internet han impulsado una aparente transformación en el ámbito educativo, promoviendo un tránsito de modelos tradicionales presenciales a modalidades en línea o híbridas. Sin embargo, es crucial examinar críticamente esta evolución, ya que no representa necesariamente un cambio paradigmático en la esencia de la educación. Aunque la tecnología ha modificado los medios de entrega y de acceso al conocimiento, el núcleo funcionalista de muchas prácticas educativas persiste. En este nuevo escenario, el rol docente se enfrenta a una redefinición compleja. La incorporación de contenidos multimedia y la colaboración con las áreas de desarrollo tecnológico no deben interpretarse como una mera sustitución ni como la reducción de la función docente a un papel operativo. Por el contrario, estos cambios demandan, como afirma Alejandra Torres-León, basándose en las aportaciones de Giroux, una reflexión profunda sobre la naturaleza de la educación, el papel de quien educa y las implicaciones sociales y pedagógicas de estas transformaciones.

Si bien la implementación de algoritmos basados en IA generativa ha permitido la automatización supervisada de tareas que anteriormente requerían interacción presencial entre docentes y estudiantes, los sistemas de información académica contemporáneos incorporan funcionalidades de autoría que facultan a los educadores para generar contenidos interactivos multimedia, integrando diversos formatos y facilitando el seguimiento del progreso estudiantil. Es pertinente señalar que la limitación técnica de estas herramientas y plataformas virtuales específicas constituye una restricción significativa, la

cual radica en su vinculación, lo cual puede generar problemas de interoperabilidad y accesibilidad.

En este contexto, los Entornos Virtuales de Enseñanza-Aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés, *Learning Management Systems*) han experimentado un auge considerable, impulsando la transformación educativa tanto en entornos presenciales como en virtuales. En el caso de la educación en línea, los LMS proporcionan una plataforma sólida para albergar y gestionar contenido educativo diverso, así como para facilitar actividades grupales, ya sean asincrónicas o sincrónicas, moderadas por profesorado experto.

De acuerdo con Rodríguez (2021), los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS, por sus siglas en inglés, *Intelligent Tutoring System*) emergen como herramientas especializadas que, en conjunción con los LMS, brindan soporte adicional a las y los estudiantes en la resolución de ejercicios prácticos relacionados con la programación. Estos sistemas están diseñados para brindar ayuda al estudiantado, de modo que pueda desarrollar habilidades algorítmicas mediante ejercicios guiados, ofreciendo retroalimentación específica y modelando una tutoría humana.

Empero, es fundamental cuestionar si esta evolución tecnológica, incluyendo el auge de los LMS y los ITS, está verdaderamente acompañada de una transformación pedagógica que desafíe las estructuras educativas existentes. Dado que la dependencia de plataformas puede generar barreras de acceso para instituciones y estudiantes con recursos limitados, dificultades en la transferencia de contenidos y datos entre diferentes sistemas educativos, posibles conflictos con la privacidad y la propiedad de los datos generados, así como restricciones en la adaptación de las herramientas a contextos educativos específicos y con necesidades locales.

En este sentido, el papel del profesorado va más allá de la mera facilitación técnica, extendiéndose a la creación de experiencias de aprendizaje transformadoras que desafíen las estructuras convencionales. Entre sus funciones se mencionan las siguientes: promover el pensamiento crítico y divergente, fomentar el enfoque sentipensante que busque integrar la reflexión intelectual con la sensibilidad emocional y contextual, promover la autonomía y el empoderamiento, empoderar al educando en sus procesos de aprendizaje, e integrar de manera significativa las herramientas tecnológicas con pedagogías innovadoras y culturalmente relevantes.

Características del nuevo espacio de aprendizaje: ampliando el concepto de aula

Como se abordó en el apartado anterior, el aula del siglo XXI se desarrolla en espacios virtuales en los que predomina una interacción mediada por plataformas, aplicaciones y medios digitales. Esta nueva lógica de aula conlleva posibilidades operativas y didácticas que van más allá de repetir fórmulas, como montar itinerarios temáticos, utilizar un campo formativo en diferentes contextos o diseñar pequeñas inmersiones etnográficas. El aula, hoy por hoy, está cambiando su morfología, cada vez más “a golpe de clic”, y las y los docentes activan la colaboración de sus estudiantes, la coevaluación, la participación en proyectos conjuntos, la elaboración y difusión de informes especializados (Paredes et al., 2020).

Si bien la idea de crear ambientes atractivos y creativos para el aprendizaje es casi ineludible para la propia idea de educación en general, lo que se propone desde la innovación educativa es crear itinerarios versátiles, *aprender haciendo*, abrirse a diversas fuentes de formación personal y favorecer el trabajo cooperativo y la construcción de conocimiento social.

Paralelamente, este cambio paradigmático exige una reconsideración crítica de los modelos de evaluación y de acreditación del aprendizaje. Los métodos tradicionales para evaluar, basados predominantemente en exámenes estandarizados y en la memorización de contenidos, resultan insuficientes en un contexto que privilegia la aplicación práctica del conocimiento. Para responder a esta nueva realidad, es necesario priorizar la capacidad de transformación de los agentes educativos, así como la asunción del pensamiento crítico como posición política que se pronuncia en contra de las desigualdades sociales y de la explotación de unos grupos por otros. En consecuencia, resulta imperativo el desarrollo e implementación de estrategias de evaluación innovadoras capaces de valorar de manera holística los aprendizajes construidos por las y los estudiantes, incluyendo habilidades metacognitivas, capacidad de trabajo colaborativo y alfabetización digital, así como la ética y la responsabilidad en el uso de la información, incluyendo aspectos como la propiedad intelectual y la integridad académica.

Funcionamiento de la IA generativa en contextos educativos

Con el auge de los “Cursos Online Masivos y Abiertos” (MOOC, por sus siglas en inglés, *Massive Open Online Courses*), el campo de estudio de los Entornos Personales de Aprendizaje (PLE, por sus siglas en inglés, *Personal Learning Environment*) y de la Analítica del Aprendizaje (LA, por sus siglas en inglés, *Learning Analytics*) ha cobrado mayor preeminencia. El elemento distintivo de estos entornos es su comportamiento, que suele ir más allá del simple almacenamiento y la presentación de la información en pantallas digitales. Es decir, el de promover y desencadenar reacciones críticas. Aunque las herramientas actuales se acerquen exponencialmente al establecimiento de condiciones acríicas, el elemento clave sigue siendo el análisis crítico de la información que nos proporcionan las plataformas digitales.

Partiendo de la idea de interacción persona-máquina, si la atención se centra en las acciones prescritas por la figura docente y susceptibles de medición, se puede encontrar, esencialmente, la forma clásica de educación mediada por las TIC. En cambio, si se percata de los efectos imprevistos de las herramientas de IA generativa, ya sea solamente a nivel micro, organización del aula, o colectivo, compartir experiencias y hallazgos podría contribuir a una potencial innovación pedagógica de corte más intersubjetivo. De allí que un modelo didáctico de la IA generativa deba mantenerse abierto y evolutivo.

Desafíos pedagógicos en la era algorítmica

Este nuevo escenario tecnológico no solo transforma los medios y métodos de enseñanza-aprendizaje, sino que también desafía los fundamentos epistemológicos y ontológicos de la pedagogía tradicional. En este contexto, las y los educadores, así como las instituciones de educación superior (IES), se enfrentan a una serie de desafíos complejos e interrelacionados. Estos retos abarcan, desde la adaptación curricular para incluir saberes digitales y pensamiento computacional, hasta redefinir los roles docentes en un entorno donde la información es ubicua y fácilmente accesible. Asimismo, surgen interrogantes fundamentales sobre la naturaleza del conocimiento, la autenticidad del aprendizaje y la equidad en el acceso a recursos educativos tecnológicamente mediados.

Fomento del pensamiento crítico y desarrollo de la creatividad frente a la automatización

El enfoque pedagógico de Paulo Freire, centrado en la liberación y la concienciación (Freire, 1976), es relevante para el desarrollo de estrategias en entornos de IA generativa. Es necesario buscar entornos que permitan combinar distintas perspectivas en aprendizaje colaborativo y constructivista; sin embargo, las herramientas de trabajo en equipo diseñadas para entornos en

línea, con frecuencia, no cumplen adecuadamente este propósito. Estas herramientas tienden a producir mera coordinación de actividades o tareas, sin ofrecer oportunidades para la reflexión conjunta, el intercambio de ideas, la negociación de significados, la construcción colectiva de conocimiento o la oportunidad de transformar los espacios de aprendizaje a partir de las necesidades e inquietudes reales de la comunidad.

Se produce entonces una situación paradójica, en la que el estudiantado se encuentra en contacto con una enorme cantidad de información, pero tiene escasas oportunidades en los mundos virtuales que transita para resolver problemas y confrontar y dialogar con otras concepciones.

Ante esta generalización en la automatización de la producción de información, se hace presente la necesidad del desarrollo de habilidades creativas en el estudiantado, por ejemplo: la introducción de cursos y talleres de aprendizaje basados en proyectos de improvisación, pensamiento divergente y aprendizaje comunitario, suponiendo así nuevos retos. Este desafío no es simplemente técnico o metodológico, sino fundamentalmente filosófico y ético.

De lo anterior surgen las siguientes preguntas: ¿Cómo asegurar que el desarrollo de habilidades creativas no exacerbe las desigualdades existentes?, y ¿cómo preparar a las y los estudiantes para un futuro laboral en el que la creatividad humana coexistirá con la inteligencia artificial? Esto requiere una reconsideración profunda de lo que significa ser creativo en la era digital y de cómo se puede cultivar esa creatividad de manera que enriquezca no solo al individuo, sino también a la sociedad en su conjunto. En este sentido, una posibilidad de innovación podría basarse en una evaluación centrada en la capacidad (individual o colectiva) de transformación mediante proyectos sociales.

Adaptación de metodologías docentes tradicionales

Las metodologías tradicionales, caracterizadas por la transmisión unidireccional de conocimientos y la evaluación basada en la reproducción de información, se encuentran particularmente vulnerables ante las capacidades de la IA generativa. En este contexto, se hace imperativa una reconfiguración de las metodologías que trascienda la mera incorporación de tecnología en el aula, como el uso del proyector para la lectura colectiva extensa de un documento en formato PDF. Así, metodologías como el aprendizaje basado en problemas, el pensamiento de diseño y la investigación-acción cobran una relevancia renovada, siempre y cuando se implementen de manera que fomenten la agencia del estudiantado y su habilidad para navegar críticamente en un entorno saturado de información generada artificialmente, de tal forma que la capacidad de aprender a aprender, de autorregular el propio aprendizaje y de reflexionar sobre los procesos cognitivos se vuelve crucial.

Esta transición requiere una inversión significativa en la formación docente, una reevaluación de los objetivos educativos a nivel sistémico y una reflexión continua sobre las implicaciones éticas de integrar la IA generativa en los procesos educativos. Esta adaptación no debe verse como una mera respuesta reactiva ante una disrupción tecnológica, sino como una oportunidad para repensar de manera fundamental la educación en el siglo XXI (Chávez et al., 2023).

Oportunidades para la transformación educativa

La IA generativa en el panorama educativo plantea desafíos significativos y ofrece oportunidades sin precedentes para una transformación profunda y positiva del paradigma educativo. Estas tecnologías, con su capacidad para generar contenido, analizar datos y adaptarse a las necesidades individuales,

presentan un potencial transformador que, si se aprovecha de manera crítica y ética, podría catalizar una revolución en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Una de las oportunidades más prominentes radica en la posibilidad de personalizar el aprendizaje a una escala antes poco imaginable. La IA generativa puede analizar patrones de aprendizaje, identificar áreas de mejora y generar contenido adaptado a las necesidades específicas de cada estudiante. Esto permite crear trayectorias de aprendizaje más personalizadas, superando las limitaciones de los modelos educativos estandarizados. No obstante, es crucial abordar esta personalización con cautela, asegurando que no ocasione el aislamiento del estudiante ni la pérdida de experiencias de aprendizaje colectivas valiosas.

Otra oportunidad significativa es que la IA generativa puede actuar como tutora virtual disponible veinticuatro horas al día, siete días a la semana, proporcionando explicaciones, resolviendo dudas y ofreciendo retroalimentación instantánea. Esto podría contribuir a crear ambientes de aprendizaje para estudiantes que, por diversas razones, no tienen acceso a recursos educativos de alta significación. Sin embargo, es necesario abordar las brechas digitales existentes para garantizar que esta democratización sea verdaderamente inclusiva (Holmes et al., 2019).

La IA generativa también permite mejorar las tareas administrativas de las y los docentes, permitiéndoles enfocarse en aspectos más creativos y humanos de la enseñanza. La generación de ideas para la elaboración de los planes de clase y la creación de materiales didácticos básicos podrían proporcionar al profesorado más tiempo para la interacción significativa con sus estudiantes, la mentoría personalizada y el diseño de experiencias de aprendizaje innovadoras.

Empero, aprovechar estas oportunidades requiere un enfoque equilibrado que combine la innovación tecnológica con una reflexión ética profunda y un compromiso inquebrantable con los valores humanistas de la educación. La verdadera transformación educativa no radica en la mera adopción de tecnología, sino en su integración crítica y reflexiva en un ecosistema educativo que priorice el desarrollo integral del ser humano y la construcción de una sociedad más equitativa y sostenible.

Referencias

- Aguilar, L. (2016). *Big Data, Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones*. Alfaomega Grupo Editor.
- Brown, R. (2015) *The marketisation of higher education: issues and ironies*. New Vistas, 1 (1). pp. 4-9. <https://doi.org/10.1080/13603108.2017.1375442>
- Chávez S., Labrada M., Carbajal D., Pineda G., y Alatrastre M. (2023). Inteligencia artificial generativa para fortalecer la educación superior: Generative artificial intelligence to boost higher education. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4(3), 767-784. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i3.1113>
- Freire, P. (1976). *Educación y cambio* (Vol. 1, p. 2). Ediciones Búsqueda.
- Giroux, H. A. (2018). *La guerra del neoliberalismo contra la educación superior*. Herder Editorial.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning. *Center for Curriculum Redesign*, 144-145 p. <https://doi.org/10.58863/20.500.12424/4276068>
- Hooks, B. (1994). *Teaching To Transgress* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203700280>

- Ibáñez, R., y Villasana, P. (2020). Aproximación crítica al conocimiento didáctico del contenido en educación superior y sus posibilidades de estudio. *Revista Espacios*, 41(18), 21-28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6916842>
- Paredes L., Wilmer R., y Ramos S. (2020). El aprendizaje cooperativo, educación desde la participación social en estudiantes de bachillerato. *Revista Científica UISRAEL*, 7(2), 75-92. <https://doi.org/10.35290/rcui.v7n2.2020.300>.
- Rodríguez Ch. (2021). Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22), e015. <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.848>



12.

Desarrollo del pensamiento crítico en la era de la IA generativa

Dr. Jorge Luis García Alcaraz
Dr. Pedro García Alcaraz

Resumen

Se subraya la urgencia de formar estudiantes capaces de analizar, evaluar y cuestionar la información en un entorno saturado de datos y desinformación. Se expone la relevancia del pensamiento crítico y se describen sus componentes: análisis, evaluación, inferencia, interpretación y autorregulación. Este capítulo explora cómo la IA generativa ofrece potencial para personalizar el aprendizaje, pero plantea retos como la dependencia excesiva, los sesgos algorítmicos y las cuestiones éticas relacionadas con la privacidad y la integridad académica. Asimismo, se proponen estrategias pedagógicas: diseño de actividades basadas en problemas reales, debates socráticos, proyectos colaborativos y rúbricas de evaluación que promuevan la reflexión metacognitiva. Se enfatiza el papel de los docentes en seleccionar las herramientas más acordes y adaptarlas para crear un ambiente seguro para la crítica. Finalmente, se aboga por la formación continua del profesorado en competencias digitales para la investigación y para garantizar una integración responsable, ética, sostenible y efectiva de la IA generativa.

Introducción

Hoy en día, la tecnología cambia rápidamente y la IA generativa es una parte importante de ese cambio, especialmente en la educación (Alexandrowicz, 2024). Considera que el uso de la IA en las escuelas ofrece nuevas oportunidades y retos que requieren una reflexión cuidadosa y deben ser estudiados. Este capítulo examina cómo desarrollar habilidades de pensamiento crítico (PC) en las aulas mediante herramientas de IA cada vez más comunes (H. Hong y J. Guo, 2024). Es importante enseñar el PC porque la IA está cambiando nuestra forma de aprender y los estudiantes necesitan estar preparados para manejar un mundo lleno de información. Las herramientas de IA, como las plataformas de aprendizaje adaptativo, las simulaciones de IA y las herramientas de generación de contenidos, influyen en la metodología pedagógica de los docentes y en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. En consecuencia, analizar el rol de la IA en diversos contextos educativos ayuda a comprender su contribución al PC, a la creatividad y al aprendizaje personalizado. Asimismo, el uso de la IA en la educación plantea cuestiones éticas como la parcialidad, la privacidad de los datos y la transparencia (Bura y Myakala, 2024). Es importante abordar estas cuestiones para generar confianza y asegurar que la IA se utilice de forma ética en las escuelas.

El pensamiento crítico e importancia en el aula

El PC es un proceso mental mediante el cual las personas analizan, evalúan y comprenden la información para tomar decisiones (Kurtz et al., 2024). Es decir, significa cuestionar las creencias, analizar diferentes puntos de vista y tomar decisiones basadas en hechos; o sea, significa cuestionar lo que suponemos, analizar diferentes puntos de vista y utilizar pruebas para decidir (Szmyd y Mitera, 2024). Por tanto, el PC ayuda a las personas a comprender la información, a juzgar los argumentos y a tomar buenas

decisiones (Vieriu y Petrea, 2025). En consecuencia, trasciende la mera rememoración de hechos; exige un análisis exhaustivo, el cuestionamiento de creencias y la consideración de otras perspectivas (Singh et al., 2025). En este contexto, el PC emplea competencias como el análisis, la evaluación y la autorregulación. Ayuda a resolver problemas y a tomar decisiones, permitiendo a las personas manejar situaciones complejas con claridad. El PC es útil en muchas áreas, como la escuela y el trabajo, y resulta especialmente importante en el ámbito de la IA, donde la gente necesita evaluar los resultados de la IA. Desarrollar un PC sólido no es solo para la escuela; es importante para tomar decisiones inteligentes en el mundo actual. Ayuda a las personas a pensar de forma independiente, a hablar y a resolver problemas en diferentes situaciones.

Entonces, el PC es algo más que aprender hechos. Se trata de analizar, evaluar y comprender la información para tomar buenas decisiones (Lo, 2025). En este contexto, sostienen que el PC no se limita a la acumulación de conocimientos, sino que también implica el uso activo de la información para formular juicios razonados y tomar decisiones fundamentadas. En este sentido, el PC contribuye a la resolución de problemas y a la toma de decisiones en diversas disciplinas. En el mundo actual, donde hay demasiada información y desinformación, el PC es importante para encontrar fuentes fiables y elaborar argumentos sólidos (Linanti et al., 2020). Dicho de otro modo, ayuda a las personas a cuestionar supuestos, a pensar de forma independiente y a mantener debates significativos. Asimismo, es importante adquirir la capacidad de analizar temas, detectar prejuicios y evaluar la evidencia para tomar buenas decisiones en la vida y en el trabajo. En este sentido, el PC ayuda a las personas a ser ciudadanos activos que contribuyen a la sociedad.

En este sentido, el PC es clave para manejar la complejidad del mundo moderno, donde la gente obtiene información de muchas

fuentes. También ayuda a las personas a aprender y a adaptarse, encontrando patrones y estableciendo conexiones. El PC se asocia con la creatividad y la innovación, ya que facilita a los individuos la generación de ideas y la resolución de problemas. Por tanto, desarrollar el PC no es sólo cosa de la escuela; es esencial para triunfar en un mundo cambiante. Ayuda a los alumnos a crecer intelectualmente y a emitir juicios independientes (Tincu, 2001). El PC es importante para los estudiantes jóvenes, ya que influye en su éxito escolar y en su capacidad para resolver problemas (Fajari, 2021).

En consecuencia, el razonamiento crítico es imprescindible para fomentar una ciudadanía informada y una participación activa en los procesos democráticos. Las competencias de razonamiento crítico habilitan a los individuos para evaluar la retórica política, valorar las propuestas políticas y tomar decisiones fundamentadas sobre quién votar y qué causas respaldar. El razonamiento crítico asiste a los individuos en la toma de decisiones más fundamentadas en su vida personal, abarcando desde la administración financiera hasta la selección de servicios de salud. Esto sugiere que el PC es fundamental para la formación de ciudadanos informados y comprometidos, capaces de contribuir al bienestar de sus comunidades y al progreso de la sociedad. Para concluir, el PC constituye una competencia esencial que habilita a los individuos para abordar complejidades, resolver problemas y tomar decisiones fundamentadas en todas las facetas de la existencia.

Componentes del pensamiento crítico

El PC engloba un conjunto de competencias cognitivas y de predisposición que habilitan a los individuos para involucrarse en la investigación reflexiva y en el juicio razonado. Según Mehrin (2020), estos elementos comprenden el análisis, la evaluación, la inferencia, la interpretación y la autorregulación. En este contexto,

el análisis implica la descomposición de información compleja en fragmentos más pequeños y manejables con el objetivo de identificar elementos y relaciones fundamentales. La evaluación conlleva la evaluación de la credibilidad, la pertinencia y la validez de la información y de los planteamientos. La inferencia conlleva la extracción de inferencias lógicas, fundamentadas en las evidencias y en el razonamiento disponibles. La interpretación exige comprender el significado y la relevancia de la información y de los conceptos, mientras que la autorregulación consiste en supervisar los propios procesos cognitivos y adaptar las estrategias según se requiera. Adicionalmente, el PC conlleva la posesión y la aplicación activa de un conjunto de características cognitivas y dimensiones emocionales: autonomía intelectual, imparcialidad, humildad intelectual, audacia intelectual, perseverancia intelectual, integridad intelectual, curiosidad, confianza en la razón y disposición a percibir objeciones, a empatizar con las perspectivas ajenas y a reconocer las propias.

Un pensador crítico debe ser inquisitivo, capaz de pensar con claridad y abierto a nuevas ideas. El PC trasciende las competencias cognitivas e incorpora características como la apertura mental, la modestia intelectual y la predisposición a considerar perspectivas alternativas. Estas disposiciones son esenciales para fomentar la curiosidad intelectual, alentar el diálogo constructivo y promover una comprensión más profunda de cuestiones complejas. En este sentido, un pensador crítico está dispuesto a cuestionar sus propios supuestos, prejuicios e ideas preconcebidas y a revisar sus creencias a la luz de nuevas pruebas y conocimientos. Además, el PC implica la capacidad de comunicarse eficazmente, tanto oralmente como por escrito, de articular ideas con claridad y de participar en debates razonados. El PC trasciende la simple adquisición de competencias cognitivas; también demanda el fomento de determinadas actitudes y predisposiciones. Estas características comprenden la inclinación a la búsqueda del

razonamiento lógico, la aspiración a estar bien informado y una postura de respeto y receptividad hacia diversas perspectivas (James et al., 2023).

El papel de la inteligencia artificial generativa en la educación

La IA generativa está revolucionando el ámbito educativo al proporcionar metodologías innovadoras para el desarrollo de competencias de PC. Instrumentos como el procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje automático facilitan a los alumnos la investigación, la redacción y la resolución de problemas. Sholihah y Lastariwati (2020) consideran que estas herramientas dan acceso a mucha información, resumen de textos complejos y sugieren formas de mejorar la escritura. La IA generativa tiene el potencial de mejorar la accesibilidad a la educación, adaptar el proceso de aprendizaje a las necesidades individuales y proporcionar retroalimentación personalizada. En este sentido, H. Hong yJ. Guo (2024) consideran que la IA generativa crea experiencias de aprendizaje que se adaptan al estilo de cada estudiante. Al respecto, Darwin et al. (2023) consideran que la IA también ayuda a mejorar las habilidades de PC. Un elemento crucial es que los educadores pueden emplear la IA para realizar simulaciones y ejercicios que promuevan el razonamiento crítico y la resolución de problemas.

No obstante, la implementación de la IA generativa en el ámbito educativo presenta ciertas dificultades. Por ejemplo, Gerlich (2025) considera que los alumnos podrían depender demasiado de la tecnología y no desarrollar habilidades con PC. En este sentido, si los alumnos dependen de la IA para realizar las tareas, podrían no adquirir habilidades importantes de pensamiento. En este sentido, Darwin et al. (2023) consideran que la IA debe ayudar al pensamiento humano, no sustituirlo. Asimismo, existen preocupaciones éticas sobre la honestidad académica, el plagio y la parcialidad en el ámbito de la IA. Por tanto, Akinwalere

yIvanov (2022) consideran importante analizar el impacto de la IA en la educación y abordar sus riesgos y límites.

Retos inherentes a la Inteligencia Artificial en la evolución del pensamiento crítico

La IA generativa presenta múltiples beneficios, no obstante, también genera dificultades para el fomento del PC. Estos desafíos incluyen la confianza excesiva en la IA, la difusión de información inexacta y la debilitación del discernimiento humano. En este sentido, Cordero et al. (2024) consideran que en la educación, el uso de la IA generativa puede dar lugar a estos problemas, así como a preocupaciones sobre la equidad y el acceso. Es decir, la IA puede proporcionar información errónea o sesgada, lo que puede hacer que los recursos educativos sean menos fiables y justos.

Akinwalere yIvanov (2022) expresan que existen preocupaciones éticas sobre la veracidad y exactitud de los contenidos generados por IA en la educación. En ese caso, es importante contar con medios para comprobar la credibilidad de los materiales educativos creados por IA. Al respecto, Nguyen (2025) considera que un reto importante es la posible dependencia excesiva de las herramientas de IA, lo que puede disminuir la motivación intrínseca de los estudiantes para pensar de forma crítica y resolver problemas de forma independiente. Un desafío adicional radica en la ausencia de transparencia y habilidad para explicar los algoritmos de IA, lo cual puede obstaculizar que los estudiantes comprendan el proceso mediante el cual las herramientas de IA (sesgo algorítmico) llegan a sus conclusiones.

Las herramientas de IA generativa pueden presentar deficiencias en los matices y la comprensión contextual requeridos para involucrarse en razonamientos y argumentaciones de alto nivel. Las herramientas de IA generativa pueden perpetuar prejuicios y estereotipos, dando lugar a resultados erróneos o discriminatorios. En este sentido, si no se enseña a los alumnos

a evaluar críticamente los resultados de las herramientas de IA, pueden aceptar sin sentido crítico información sesgada o inexacta, lo que obstaculiza su capacidad para formar juicios bien razonados. Además, el uso de la IA generativa plantea problemas éticos relacionados con la integridad académica y el plagio, ya que los estudiantes pueden verse tentados a presentar contenidos generados por la IA como si fueran su propio trabajo (Yusuf et al., 2024). En consecuencia, la proliferación de la IA generativa en el ámbito educativo ha suscitado debates sobre su impacto en el desarrollo cognitivo de los estudiantes. Por lo tanto, es imperativo que estos desarrollen habilidades críticas y disposiciones éticas que los habiliten para evaluar con discernimiento los resultados generados por la IA, así como para emplearla de manera responsable en entornos académicos y profesionales.

Estrategias para los profesores

Los educadores desempeñan un papel crucial en facilitar el PC en los estudiantes, particularmente en el contexto de la IA en el aula. Esto puede suceder creando actividades divertidas, fomentando los debates y proporcionando comentarios que propicien que los alumnos piensen y resuelvan problemas. En este sentido, Baig y Yadegaridehkordi (2025) señalan que los profesores pueden utilizar herramientas de IA para que el aprendizaje sea más interactivo. Wang et al. (2024) indican que los profesores son actores clave en el uso de la IA para la enseñanza y el aprendizaje, ya que esta les ayuda a personalizar las lecciones, automatizar las tareas y dar a los estudiantes apoyo individual, haciendo que el aprendizaje sea más atractivo y eficaz.

En este sentido, los profesores deben encontrar y utilizar herramientas de IA que se adapten a sus asignaturas y a sus alumnos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje (Ma et al., 2024). Por tal motivo, las lecciones deben ayudar a los alumnos a pensar de forma crítica, a resolver problemas y a ser creativos.

Asimismo, los profesores pueden fomentar el PC creando un aula en la que se valore la curiosidad, se acepten preguntas y se promueva la apertura de miras. Los estudiantes deben sentirse seguros para compartir ideas y cuestionar sus propios pensamientos.

El uso de la IA en la educación presenta tanto ventajas como dificultades. Los profesores deben pensar en cómo la IA puede mejorar la enseñanza sin perder valores pedagógicos importantes (Ma et al., 2024) y en utilizar nuevas formas de evaluar las habilidades de PC de los alumnos en la era de la IA. Como señala Kalniņa et al. (2024), los profesores deben ayudar a los alumnos a aprender, guiarles en temas difíciles y animarlos a hacer preguntas y comprender las cuestiones éticas de la IA.

En estos tiempos, los profesores pueden utilizar la IA en su enseñanza, como herramientas inteligentes, software de aprendizaje personalizado o asistentes virtuales, para que el aprendizaje sea más personal e interactivo (Ma et al., 2024). Onesi-Ozigagun et al. (2024) consideran que la IA puede ahorrar tiempo a los profesores, permitiéndoles centrarse en dar a los alumnos apoyo individual y ayudarles a pensar de forma crítica. De acuerdo con Mello et al. (2023), al automatizar la calificación y personalizar las lecciones, los profesores pueden hacer que el aprendizaje sea más atractivo y eficaz. Entonces, los profesores deben saber utilizar adecuadamente las herramientas de IA y adaptarlas para mejorar el aprendizaje en distintos entornos (Gligorea et al., 2023).

Incorporar a los alumnos en el desarrollo del pensamiento crítico

Alexandrowicz (2024) considera que al crear experiencias de aprendizaje que desafíen a los estudiantes a cuestionar supuestos, analizar información y desarrollar argumentos

razonados implica involucrarlos en el PC. Dentro de este marco, tácticas pedagógicas como el aprendizaje basado en problemas, la indagación orientada y el cuestionamiento socrático se revelan particularmente eficaces para promover dichas habilidades.

En este sentido, la presentación de problemas reales o el análisis de casos prácticos constituye una estrategia eficaz, ya que exige del estudiante la aplicación del PC para la búsqueda de soluciones. Igualmente, la participación en proyectos colaborativos fomenta el desarrollo de esta competencia al exigir el intercambio de ideas, la argumentación y la toma de decisiones colectivas. Asimismo, la implementación de técnicas de interrogación orientadas a que los alumnos analicen información, evalúen argumentos y construyan sus propias posturas constituye otro enfoque valioso para fortalecer el PC.

En consecuencia, es imperativo que los educadores fomenten en los alumnos la formulación de interrogantes de naturaleza “por qué” y “cómo”, así como el cuestionamiento de presupuestos y la consideración de perspectivas alternativas. La inclusión de debates y discusiones en el currículo puede estimular el PC al exigir que los estudiantes defiendan sus posiciones e involucren argumentos opuestos. Proporcionar a los estudiantes la posibilidad de reflexionar sobre sus procesos cognitivos puede contribuir a una mayor conciencia de sus prejuicios y suposiciones, propiciando una toma de decisiones más reflexiva y fundamentada.

Es importante crear una cultura de aula que valore el PC y la curiosidad intelectual. En otras palabras, promover un ambiente seguro que permita a los estudiantes expresar sus ideas y cuestionar el statu quo (situación actual o de un momento específico). Por otra parte, animar a los alumnos a asumir riesgos y aprender de sus errores en lugar de limitarse a memorizar hechos y cifras. Por tanto, los profesores pueden capacitar a los alumnos para que se

conviertan en pensadores críticos y aprendices permanentes al crear un entorno de aprendizaje propicio y estimulante. En este sentido, los educadores deben cultivar un entorno que capacite a los estudiantes como aprendices, reconociendo y aprovechando sus puntos fuertes en un mundo incierto.

Al respecto Novitaningrum et al. (2020) plantea que los profesores deben esforzarse al máximo para encontrar materiales o estrategias interesantes y adecuados. Dicho con palabras de Yan (2021), el profesor debe basarse en las características de los alumnos y en los materiales didácticos al aplicar la estrategia de enseñanza, de modo que los alumnos puedan aplicar lo aprendido para desarrollar habilidades. En este contexto, los educadores deben enfocarse en la optimización de la enseñanza, la promoción de la creatividad y las estrategias para la toma de decisiones y la autoevaluación, en el que las Aplicaciones de la Inteligencia Emocional desempeñan un papel crucial en el fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto posibilita que la instrucción no se circunscriba a la gramática y el vocabulario, sino que se expanda hacia el razonamiento.

Evaluar la capacidad de pensamiento crítico

Evaluar el PC requiere algo más que los exámenes convencionales. Debemos evaluar cómo los alumnos interpretan, valoran e integran la información. Esto implica diseñar evaluaciones que examinen cómo los estudiantes aplican sus conocimientos para afrontar retos y tomar decisiones informadas y con sentido crítico.

Las tareas, como ensayos, trabajos de investigación y presentaciones, ayudan a demostrar el PC de los alumnos. En este sentido, con estas tareas se les pide a los alumnos que busquen información, analicen distintos puntos de vista y presenten argumentos sólidos. Al utilizar los portafolios, que son

recopilaciones del trabajo de los alumnos a lo largo del tiempo, también pueden mostrar cómo crece su capacidad de PC. Las rúbricas se pueden utilizar como instrumento de evaluación; son guías para calificar y ayudan a garantizar que la calificación sea justa y coherente (Vincent-Lancrin, 2023). Los profesores también pueden utilizar las discusiones y los debates en clase para evaluar críticamente cómo piensan los alumnos. En este sentido, al observar cómo los alumnos hablan sobre sus ideas, los profesores aprenden sobre su PC y sus habilidades comunicativas.

Mercado-López y Escudero-Nahón (2024) sostienen que la coevaluación la realizan los miembros de un mismo grupo de trabajo o equipo. Involucra la valoración de las acciones, responsabilidades y logros obtenidos en el contexto del equipo. Esta evaluación se lleva a cabo de manera recíproca y puede realizarse tras una actividad o una secuencia de actividades. Además, cada estudiante realiza una autoevaluación. En otras palabras, facilita la autodeterminación y la autorreflexión. En consecuencia, aplica el razonamiento crítico. En esta modalidad de evaluación, el individuo evalúa su desempeño de acuerdo a criterios establecidos, lo que facilita la metacognición. En otras palabras, es introspectiva y autorreflexiva, dado que permite observar los procesos que se han desarrollado a lo largo del proceso educativo.

Según Revilla-Cuesta et al. (2024), tanto la autoevaluación como la coevaluación facilitan que los estudiantes reflexionen sobre su propio pensamiento y compartan su perspectiva con sus pares. Esto contribuye a una mejor comprensión por parte de los estudiantes de su propio proceso de aprendizaje. Por lo tanto, mediante la implementación de diversas modalidades de evaluación, los educadores pueden adquirir una comprensión más profunda del PC de los estudiantes y proporcionar información valiosa para su mejora. Es crucial subrayar que es esencial explicar explícitamente cómo se valora el PC de los

estudiantes para que comprendan las expectativas establecidas para ellos.

Desarrollo profesional para educadores

La evolución profesional de los educadores es esencial para potenciar las competencias de PC en la era de la IA generativa. En consecuencia, los educadores requieren conocimientos y estrategias para integrar herramientas de IA, centrándose en el fomento de las habilidades de pensamiento autónomo de los estudiantes. La capacitación abarca la elaboración de experiencias de aprendizaje desafiantes para los alumnos.

Por lo tanto, la capacitación del profesorado en IA es cada vez más reconocida como un elemento crucial de la educación contemporánea. Una formación eficiente en IA para los educadores potencia su competencia digital, optimiza la calidad de la enseñanza y capacita de manera más efectiva a los estudiantes para enfrentar los desafíos futuros. No obstante, para lograr un éxito en la integración, es imperativo enfrentar tanto los desafíos técnicos como los motivacionales.

En este sentido, existen beneficios en la formación de profesores en IA, tales como una mejora de la enseñanza y del aprendizaje, ya que el uso de tecnologías avanzadas se traduce en un mayor conocimiento por parte de los alumnos y en experiencias de aprendizaje personalizadas (Wu et al., 2024). Asimismo, existe una mejora en el desarrollo profesional, la IA proporciona aplicaciones inteligentes, análisis predictivos y vías de formación a medida, aumentando sus cualificaciones y su confianza en el uso de la tecnología (Huang, 2025). Además, se eleva la eficiencia y se reduce la carga de trabajo; la IA puede automatizar tareas rutinarias, lo que permite a los profesores centrarse más en la enseñanza y en la participación de los alumnos (Hazra, 2024).

La evolución profesional de los educadores es esencial para potenciar las competencias de PC en la era de la IA generativa. En consecuencia, los educadores requieren conocimientos y estrategias para integrar herramientas de IA, centrándose en el fomento de las habilidades de pensamiento autónomo de los estudiantes. En efecto, los talleres y seminarios brindan a los educadores la posibilidad de adquirir conocimientos sobre las investigaciones más recientes sobre el PC y la IA en el ámbito educativo y de compartir prácticas óptimas con sus pares. De este modo, se pueden establecer comunidades de aprendizaje colaborativas para brindar asistencia y orientación a los docentes durante la implementación de nuevas estrategias en sus aulas. Las comunidades proporcionan un entorno propicio para que los educadores reflexionen, compartan recursos y adquieran conocimientos a partir de las experiencias ajenas. Las iniciativas de desarrollo profesional deben enfocarse en asistir a los docentes en el desarrollo de sus habilidades de PC. Adicionalmente, es imperativo proporcionarles la posibilidad de involucrarse en actividades que fomenten un PC respecto a sus convicciones y suposiciones.

No obstante, es crucial destacar que el desarrollo profesional debe abordar las implicaciones éticas inherentes al uso de la IA en el ámbito educativo, asistiendo a los docentes en el manejo de temas como la parcialidad, la privacidad y la integridad académica. Adicionalmente, las reformas curriculares implementadas en diversas naciones desarrolladas orientan el proceso educativo hacia la consecución de metas de PC, optimizando así la calidad de la educación y del aprendizaje. En este sentido, los profesores necesitan apoyo para integrar el PC en el plan de estudios, en los materiales didácticos y en las prácticas pedagógicas (Youcef, 2023). Además, las prácticas pedagógicas recomendadas por los documentos de política educativa nacional deben centrarse en

el desarrollo de habilidades de PC de los docentes y en el uso de tecnologías (Jamil, 2021).

Sin embargo, existen retos en la capacitación de los docentes para utilizar la IA generativa en el aula. Primeramente, la motivación y el compromiso: uno de los principales obstáculos es la falta de motivación de los profesores para adoptar la IA, lo que evidencia la necesidad de programas de formación atractivos, pertinentes y prácticos (Aljemely, 2024). En seguida, preocupaciones éticas y técnicas: existen preocupaciones sobre la dependencia excesiva de la tecnología, la seguridad de los datos y el uso ético de la IA en la educación, que deben abordarse en el contenido de la formación (Tan et al., 2024). Finalmente, la alineación con los objetivos educativos, es decir, las herramientas y la formación en IA deben alinearse con las visiones educativas y los objetivos curriculares de los profesores para ser eficaces (Vorotnykova, 2023).

Casos prácticos

Los estudios de caso proporcionan perspectivas significativas sobre la implementación práctica de estrategias para fomentar competencias de PC en el entorno académico, en particular en el marco de la IA generativa. Al examinar ejemplos reales de cómo los profesores integran las herramientas de IA en su enseñanza, podemos comprender mejor los retos y las oportunidades que surgen, así como los enfoques más eficaces para fomentar el PC entre los alumnos (Alexandrowicz, 2024). Estos estudios de caso suelen subrayar la importancia de seleccionar e implementar con rigor las herramientas de IA para complementar los métodos pedagógicos convencionales, en lugar de sustituirlos.

Es posible ilustrar cómo los educadores emplean la IA para personalizar las experiencias de aprendizaje, ofrecer retroalimentación a los estudiantes y fomentar oportunidades de colaboración y de resolución de problemas. Además, los

estudios de casos pueden ilustrar la importancia de proporcionar a los alumnos una instrucción explícita en habilidades de PC. Esto incluye enseñar a los estudiantes a evaluar fuentes de información, identificar sesgos y construir argumentos bien fundamentados (Kurtz et al., 2024).

Un estudio de caso podría explorar cómo un profesor utiliza una herramienta de IA generativa para ayudar a los alumnos a investigar y analizar temas complejos. El profesor podría mostrar cómo utilizar la IA para recopilar información de diversas fuentes, como artículos científicos, noticias y documentos gubernamentales. Adicionalmente, el educador puede orientar a los estudiantes para que evalúen la credibilidad y la parcialidad de cada fuente. Un estudio de caso adicional podría explorar cómo los educadores emplean la IA para promover la retroalimentación y la revisión entre pares en las asignaciones de redacción.

Los estudiantes pueden utilizar una herramienta de IA para analizar sus propios escritos y los de sus compañeros, centrándose en aspectos como la claridad, la organización y la argumentación. Mediante estos ejemplos, las investigaciones de casos evidencian el potencial de la IA generativa para fortalecer las competencias de PC, subrayando simultáneamente la relevancia de una meticulosa planificación, ejecución y reflexión constantes.

Orientaciones futuras

La incorporación de la IA generativa en el ámbito educativo presenta desafíos complejos que demandan una planificación proactiva y reflexiva, sin embargo, constituye una oportunidad transformadora. Su potencial para transformar radicalmente la pedagogía y el aprendizaje es considerable a medida que esta tecnología se desarrolla. En este contexto, resulta imprescindible asegurar que la transformación se alinee con las metas pedagógicas de promover el PC, la creatividad y el razonamiento moral. Sin

embargo, las futuras líneas de investigación deberían orientarse a la creación de instrumentos y metodologías pedagógicas que fomenten competencias cognitivas fundamentales en los alumnos, aprovechando las capacidades de la IA generativa. Por lo tanto, el desarrollo de instrumentos de IA específicamente orientados al fomento del PC constituye una de las principales áreas de investigación. Entonces, las herramientas deben ayudar a los estudiantes a analizar, evaluar y sintetizar información de diversas fuentes, y no solo a generar contenidos o a suministrar información (Fakour y Imani, 2025). Así que el desarrollo de plataformas impulsadas por IA que evalúan habilidades de PC de estudiantes proporciona retroalimentación personalizada y adapta la instrucción a las necesidades individuales. Asimismo, centrarse en las habilidades cognitivas más complejas y necesarias en el siglo XXI puede transformar la educación mediante un enfoque personalizado.

Es imperativo investigar las repercusiones prolongadas de la IA en el desarrollo cognitivo y los resultados del aprendizaje de los estudiantes. Además, los entornos educativos optimizados mediante la IA pueden influir en la capacidad de los alumnos para razonar críticamente, resolver problemas y tomar decisiones en una variedad de contextos. También, los estudios longitudinales proporcionan una comprensión más profunda de este impacto y la investigación esencial evalúa los beneficios inmediatos e implicaciones a largo plazo de la integración de la IA en el desarrollo de habilidades fundamentales (Pahi et al., 2024).

Investigar las consecuencias éticas del uso de la IA generativa en la educación es otra área crucial que requiere atención. En este contexto, la IA generativa posee el potencial de agravar las desigualdades existentes, atribuibles al sesgo algorítmico y a la preocupación por la privacidad de la información. En consecuencia, la investigación en esta disciplina debería tener como objetivo establecer directrices precisas y normas éticas

para la integración responsable de la IA generativa en contextos educativos. Entonces, para garantizar que las aplicaciones tecnológicas sean eficaces, justas y éticas, es esencial que los educadores, los responsables políticos y los desarrolladores de IA generativa colaboren estrechamente (H. Hong y Jinsen Guo, 2024).

En ese sentido, la colaboración mundial es una estrategia clave para acelerar el desarrollo de aplicaciones éticas de IA generativa que respondan a las necesidades educativas globales. En consecuencia, la transferencia de conocimientos y prácticas óptimas entre investigadores y educadores puede contribuir a superar los desafíos inherentes a la incorporación de la IA en la educación. En tal sentido, la aplicación de la IA generativa mejorará el PC y preparará a los estudiantes para un mundo en constante cambio al abordar de forma colaborativa problemas comunes (Moundridou et al., 2024).

Por consiguiente, la inversión en el desarrollo profesional de los docentes es fundamental para la incorporación efectiva de la IA generativa en sus prácticas pedagógicas. En este contexto, se propone la capacitación en el uso de instrumentos de IA generativa y la adaptación de metodologías pedagógicas para optimizar el potencial de dichas tecnologías emergentes. En consecuencia, la investigación subsecuente debería enfocarse en la formulación de estrategias pedagógicas que integren de manera efectiva las herramientas de IA generativa en el currículo académico con el objetivo de fomentar un aprendizaje activo y crítico. En este contexto, el porvenir de la IA generativa en el ámbito educativo debería orientarse al desarrollo de instrumentos y metodologías que fomenten el PC y atiendan las implicaciones éticas de dicha tecnología. En consecuencia, tanto educadores como investigadores tienen la capacidad de aprovechar el potencial de la IA generativa para preparar a los estudiantes para los desafíos futuros mediante la colaboración global y la priorización del

bienestar estudiantil. En consecuencia, la integración de la IA generativa en la educación será innovadora, transformadora y responsable con este enfoque holístico (Aure y Cuenca, 2024).

Conclusiones

La promoción del razonamiento crítico se presenta como una prioridad indispensable en la educación en la era de la IA generativa y de las venideras. Las herramientas de IA generativa ofrecen oportunidades singulares para la personalización del aprendizaje, la automatización de tareas administrativas y el acceso de los estudiantes a múltiples fuentes de información. Es imperativo que los educadores y los responsables políticos enfrenten retos para asegurar que la incorporación de tecnologías en las aulas promueva competencias cognitivas de vanguardia. En este contexto, el PC emerge como una habilidad esencial para que los alumnos puedan interrogar, examinar y valorar la información en un entorno saturado de datos y desinformación.

Por consiguiente, se puede decir que el PC es un recurso indispensable para navegar por las complejidades del mundo moderno, más que una habilidad académica. En este sentido, los estudiantes deben ser analistas activos, capaces de discernir la fiabilidad, identificar sesgos y evaluar los argumentos generados por la IA. Además, es imperativo inculcar habilidades fundamentales para el razonamiento autónomo, tales como la evaluación, la inferencia y la autorregulación, en el ámbito educativo. En consecuencia, la implementación de la IA generativa sin una adecuada orientación pedagógica puede propiciar una dependencia desmedida y dificultar el desarrollo de habilidades críticas.

La repercusión de la IA generativa en el ámbito educativo suscita interrogantes éticos y sociales que no pueden ser desatendidas. Adicionalmente, es imperativo implementar soluciones

reflexivas y colaborativas para enfrentar retos como el sesgo algorítmico, la protección de la privacidad de los datos y el uso irresponsable de contenidos generados por la IA. En este contexto, es imperativo concebir instrumentos que fomenten habilidades cognitivas avanzadas para que la IA contribuya positivamente al desarrollo del PC. Las tácticas pedagógicas deben evolucionar para incorporar el uso ético y eficaz de la IA, garantizando que complementen las interacciones humanas y los métodos pedagógicos convencionales, en vez de suplantarlos.

Los educadores desempeñan un papel fundamental en la incorporación de la IA en el ámbito educativo. En consecuencia, es imperativo que los educadores adquieran habilidades para implementar estrategias pedagógicas que fomenten el PC entre los alumnos y competencias en el uso de la IA generativa. Es crucial diseñar actividades que insten a los estudiantes a analizar, sintetizar y evaluar información. Adicionalmente, es imperativo promover un ambiente educativo que fomente la curiosidad, el cuestionamiento y la reflexión crítica. Por lo tanto, los programas de desarrollo profesional (formación) deben proporcionar a los educadores los instrumentos necesarios para abordar los desafíos éticos y prácticos que conlleva la implementación de la IA en el proceso de aprendizaje.

Es imperativo continuar la investigación sobre las repercusiones a largo plazo de la incorporación de la IA generativa en el desarrollo cognitivo de los estudiantes. El enfoque investigativo debería orientarse a las implicaciones éticas, sociales y educativas de las tecnologías, en lugar de limitarse a los beneficios inmediatos, como el aprendizaje personalizado. La cooperación entre profesionales de la educación, investigadores, responsables políticos y desarrolladores de IA será fundamental para asegurar la equidad, la responsabilidad y la eficacia de las implementaciones de IA en el sector educativo. En este contexto, con el objetivo de capacitar a los alumnos para afrontar los desafíos de un mundo en constante

evolución, es imperativo aprovechar el potencial transformador de la IA generativa mediante un enfoque reflexivo y colaborativo.

Recomendaciones

La IA generativa actual tiene el potencial para revolucionar la educación superior mediante la promoción de competencias de PC tanto en el estudiantado como en el cuerpo docente. Para aprovechar eficazmente este potencial, las universidades deben abordar la integración de la IA mediante una estrategia integral que mejore los procesos de enseñanza y aprendizaje, al tiempo que promueva el razonamiento analítico y el compromiso intelectual (Vieriu y Petrea, 2025).

La primera recomendación es dar prioridad a la alfabetización en IA tanto a los estudiantes como al profesorado. Es imperativo que las instituciones universitarias instauren programas de desarrollo profesional que faculten a los educadores con los conocimientos y competencias necesarios para la integración efectiva de las herramientas de IA en su práctica pedagógica. Estos programas deben enfatizar la función de la IA como instrumento complementario, en lugar de sustituto, en el proceso de toma de decisiones humanas. El profesorado debe recibir formación para utilizar plataformas basadas en la IA con el fin de mejorar su enseñanza, por ejemplo, personalizando las experiencias de aprendizaje o proporcionando a los estudiantes comentarios basados en datos. Para los estudiantes, la alfabetización en IA debe incluir instrucción sobre cómo evaluar críticamente los resultados de la IA, comprender las limitaciones de estos sistemas e interactuar con ellos como herramientas que ayudan, en lugar de dictar, sus procesos de pensamiento. Este doble enfoque garantiza que tanto los educadores como los alumnos sigan siendo participantes activos en el proceso educativo, en lugar de receptores pasivos de contenidos generados por la IA (Resnick, 2024).

En segundo lugar, las instituciones universitarias deben integrar la IA en sus currículos de modo que requiera una participación crítica. Por ejemplo, se puede animar a los estudiantes a analizar los resultados generados por la IA en términos de precisión, sesgo e implicaciones éticas. Las tareas que requieren que los estudiantes critiquen las conclusiones basadas en la IA o utilicen la IA como herramienta para resolver problemas pueden ayudar a desarrollar sus habilidades de PC. El profesorado, a su vez, puede diseñar evaluaciones que desafíen a los estudiantes a cuestionar la fiabilidad de los sistemas de IA, comparar las soluciones generadas por la IA con las suyas propias y reflexionar sobre las implicaciones sociales más amplias de la tecnología de IA. Estas actividades no solo fomentan el PC, sino que también preparan a los estudiantes para desenvolverse de manera responsable en un mundo cada vez más impulsado por la IA (Vasconcelos y dos Santos, 2023).

Adicionalmente, es imperativo que la institución universitaria realice inversiones en la infraestructura necesaria para facilitar la integración fluida de las herramientas de IA en las aulas. Esto incluye equipar las aulas con plataformas de IA fiables, garantizar el acceso a Internet de alta velocidad y proporcionar apoyo técnico al profesorado y al alumnado. La planificación financiera es fundamental para garantizar el acceso a estas herramientas para todos los integrantes de la comunidad académica, mitigando la posibilidad de generar una brecha digital. Adicionalmente, es imperativo que la institución universitaria establezca directrices éticas para el uso de la IA, que incluyan políticas relativas a la privacidad de los datos, la transparencia en los algoritmos y el acceso equitativo. Estas medidas contribuirán a mantener la integridad académica y a garantizar un uso responsable de las herramientas de IA (Joshi, 2024).

Una sugerencia crucial es promover la colaboración interdisciplinaria en la aplicación de la IA al razonamiento

crítico. El profesorado de diversas disciplinas puede trabajar conjuntamente para diseñar proyectos impulsados por la IA que requieran la resolución de problemas interdisciplinarios. Por ejemplo, una colaboración interdisciplinaria entre los departamentos de informática y ciencias sociales podría investigar las repercusiones éticas de la IA en la sociedad, lo que requeriría que los estudiantes examinen los sistemas de IA desde enfoques tanto técnicos como humanísticos. Este tipo de colaboración no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también anima a los estudiantes a abordar los problemas desde múltiples puntos de vista, lo cual es una característica distintiva del PC (Khare et al., 2018).

Por último, las universidades deben establecer sistemas para la evaluación y la mejora continuas de la integración de la IA. Las evaluaciones regulares deben cuantificar el impacto de la IA en los resultados académicos de los alumnos, en particular en la promoción del PC. Se debe solicitar activamente la opinión del profesorado y de los estudiantes y utilizarla para perfeccionar las estrategias de enseñanza basadas en la IA. Además, la institución debe mantenerse informada sobre los avances en IA y tecnología educativa, garantizando que sus prácticas sigan siendo pertinentes y eficaces (Fakour y Imani, 2025).

Para concluir, la incorporación de la IA en el entorno educativo brinda oportunidades significativas para fomentar el PC entre los alumnos y el cuerpo docente, aunque debe abordarse de manera reflexiva y estratégica. Al dar prioridad a la alfabetización en IA, fomentar el compromiso crítico, invertir en infraestructura, promover la colaboración interdisciplinaria y mantener un compromiso con la evaluación continua, las universidades pueden crear un entorno en el que la IA sirva de catalizador para un mayor crecimiento intelectual y compromiso. Estas estrategias asegurarán que la implementación de la IA potencie,

en lugar de reducir, la capacidad humana para el PC en el ámbito de la educación superior.

Referencias

- Akinwalere, S. N., & Ivanov, V. (2022). Artificial Intelligence in Higher Education: Challenges and Opportunities. *Border Crossing*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.33182/bc.v12i1.2015>
- Alexandrowicz, V. (2024). Artificial Intelligence Integration in Teacher Education: Navigating Benefits, Challenges, and Transformative Pedagogy. *Journal of Education and Learning*, 13(6), 346. <https://doi.org/10.5539/jel.v13n6p346>
- Aljemely, Y. (2024). Challenges and best practices in training teachers to utilize artificial intelligence: a systematic review. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1470853>
- Aure, P. A., & Cuenca, O. (2024). Fostering social-emotional learning through human-centered use of generative AI in business research education: an insider case study. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 17(2), 168-181. <https://doi.org/10.1108/JRIT-03-2024-0076>
- Baig, M. I., & Yadegaridehkordi, E. (2025). Factors influencing academic staff satisfaction and continuous usage of generative artificial intelligence (GenAI) in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00506-4>
- Brandão, A., Pedro, L., & Zagalo, N. (2024). Teacher professional development for a future with generative artificial intelligence – an integrative literature review. *Digital Education Review*, 45, 151. <https://doi.org/10.1344/der.2024.45.151-157>
- Bura, C., & Myakala, P. K. (2024). *Advancing Transformative Education: Generative AI as a Catalyst for Equity and Innovation*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2411.15971>

- Cordero, J., Torres-Zambrano, J., & Cordero-Castillo, A. (2024). Integration of Generative Artificial Intelligence in Higher Education: Best Practices. *Education Sciences*, 15(1), 32. <https://doi.org/10.3390/educsci15010032>
- Darwin, D., Rusdin, D., Mukminatien, N., Suryati, N., Laksmi, E. D., & Marzuki, M. (2023). Critical thinking in the AI era: An exploration of EFL students' perceptions, benefits, and limitations. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186x.2023.2290342>
- Fajari, L. E. W. (2021). Critical thinking skills and their impacts on elementary school students. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 18. <https://doi.org/10.32890/mjli2021.18.2.6>
- Fakour, H., & Imani, M. (2025). Socratic wisdom in the age of AI: a comparative study of ChatGPT and human tutors in enhancing critical thinking skills [Original Research]. *Frontiers in Education*, Volume 10 - 2025. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1528603>
- Gerlich, M. (2025). AI Tools in Society: Impacts on Cognitive Offloading and the Future of Critical Thinking. *Societies*, 15(1), 6. <https://doi.org/10.3390/soc15010006>
- Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A. T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning: A Literature Review. *Education Sciences*, 13(12), 1216. <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>
- Hazra, S. (2024). Artificial Intelligence for Teacher Education and Its Utility in Human Civilization. *International Journal For Multidisciplinary Research*. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i04.25819>
- Hong, H., & Guo, J. (2024). Cultivation of Critical Thinking Skills: Exploring the Impact of Generative Artificial Intelligence-Enabled Instruction in English Essay Writing. *Journal of*

- Contemporary Educational Research*, 8(8), 226. <https://doi.org/10.26689/jcer.v8i8.7999>
- Hong, H., & Guo, J. (2024). Cultivation of Critical Thinking Skills: Exploring the Impact of Generative Artificial Intelligence-Enabled Instruction in English Essay Writing. *Journal of Contemporary Educational Research*, 8(8), 226-232. <https://doi.org/https://doi.org/10.26689/jcer.v8i8.7999>
- Huang, H. (2025). Development and Evaluation of a Teacher Training Program in Artificial Intelligence Technology. *Journal of Advanced Research in Education*. <https://doi.org/10.56397/jare.2025.01.05>
- James, T., Griffin, H., Johnston, K., & Armstrong, F. (2023). Reflective Minds, Brighter Futures: Empowering Critical Reflection with a Guided Instructional Model. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 20(6). <https://doi.org/10.53761/1.20.6.9>
- Jamil, M. (2021). Secondary School Science Teachers' Practices for the Development of Critical Thinking Skills: An Observational Study. *Journal of Development and Social Sciences*, 2, 259. [https://doi.org/10.47205/jdss.2021\(2-iv\)22](https://doi.org/10.47205/jdss.2021(2-iv)22)
- Joshi, M. A. (2024). Adaptive learning through artificial intelligence. *International Journal on Integrated Education*, 7(2), 41-43.
- Kalniņa, D., Nīmanīte, D., & Baranova, S. (2024). Artificial intelligence for higher education: benefits and challenges for pre-service teachers. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1501819>
- Khare, R., Stewart, B., & Khare, A. (2018). Artificial Intelligence and the Student Experience: An Institutional Perspective. *IAFOR Journal of Education*, 6(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.22492/ije.6.3.04>

- Kurtz, G., Amzalag, M., Shaked, N., Zaguri, Y., Kohen-Vacs, D., Gal, E., Zailer, G., & Barak-Medina, E. (2024). Strategies for Integrating Generative AI into Higher Education: Navigating Challenges and Leveraging Opportunities. *Education Sciences*, 14(5), 503. <https://doi.org/10.3390/educsci14050503>
- Lee, H. P., Sarkar, A., Tankelevitch, L., Drosos, I., Rintel, S., Banks, R., & Wilson, N. (2025). The Impact of Generative AI on Critical Thinking: Self-Reported Reductions in Cognitive Effort and Confidence Effects From a Survey of Knowledge Workers. 1. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713778>
- Linanti, A. T., Ridlo, S., & Bintari, S. H. (2020). The Implementation of Portfolio Assessment to Increase Critical Thinking Ability for High School Students on Human Coordination System Material. *Journal of Innovative Science Education*, 9(3), 130. <https://doi.org/10.15294/jise.v9i3.41065>
- Lo, L. S. (2025). AI Literacy: A Guide for Academic Libraries. *College & Research Libraries News*, 86(3). <https://doi.org/10.5860/crln.86.3.120>
- Ma, K., Zhang, Y., & Hui, B. H. (2024). How Does AI Affect College? The Impact of AI Usage in College Teaching on Students' Innovative Behavior and Well-Being. *Behavioral Sciences*, 14(12), 1223. <https://doi.org/10.3390/bs14121223>
- Mehrin, I. (2020). Promoting Critical Thinking through Cultural Topics in Bangladeshi Tertiary EFL Context. *Journal of NELTA*, 25, 1. <https://doi.org/10.3126/nelta.v25i1-2.49728>
- Mello, R. F., Freitas, E., Pereira, F. D., Cabral, L., Tedesco, P., & Ramalho, G. (2023). Education in the age of Generative AI: Context and Recent Developments. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2309.12332>
- Mercado-López, E. P., & Escudero-Nahón, A. (2024). Aplicación de la autoevaluación y coevaluación dentro del Aula invertida

para mejorar el desempeño académico. *Debates en Evaluación y Curriculum*, 8(8).

Moundridou, M., Matzakos, N., & Doukakis, S. (2024). Generative AI tools as educators' assistants: Designing and implementing inquiry-based lesson plans. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100277. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100277>

Nguyen, V. (2025). The Use of Generative AI Tools in Higher Education: Ethical and Pedagogical Principles. *Journal of Academic Ethics*. <https://doi.org/10.1007/s10805-025-09607-1>

Novitaningrum, A., Lestari, L., & Anam, S. (2020). Teachers' Questioning Strategies to Promote Students' Critical Thinking in EFL Classroom: Perceptions And Practices. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 1(8), 53. <https://doi.org/10.29103/ijevs.v2i1.1977>

Onesi-Ozigagun, O., Ololade, Y. J., Eyo-Udo, N. L., & Ogundipe, D. O. (2024). Revolutionizing education through ai: a comprehensive review of enhancing learning experiences. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(4), 589. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i4.1011>

Pahi, K., Hawlader, S., Hicks, E., Zaman, A., & Phan, V. (2024). Enhancing active learning through collaboration between human teachers and generative AI. *Computers and Education Open*, 6, 100183. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100183>

Resnick, M. (2024). Generative AI and Creative Learning: Concerns, Opportunities, and Choices. *An MIT Exploration of Generative AI*. <https://doi.org/https://doi.org/10.21428/e4baedd9.cf3e35e5>

Revilla-Cuesta, V., Hurtado-Alonso, N., González, I. F., Skaf, M., & Ortega-López, V. (2024). Teaching self-criticism and peer-critique skills to engineering students through a temporal

- survey-based program. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1399750>
- Sholihah, T. M., & Lastariwati, B. (2020). Problem based learning to increase competence of critical thinking and problem solving. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 14(1), 148. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v14i1.13772>
- Singh, A., Taneja, K., Guan, Z., & Ghosh, A. (2025). *Protecting Human Cognition in the Age of AI*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2502.12447>
- Szmyd, K., & Mitera, E. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on the Development of Critical Thinking Skills in Students. *European Research Studies Journal*, 1022. <https://doi.org/10.35808/ersj/3876>
- Tan, X., Cheng, G., & Ling, M. H. (2024). Artificial Intelligence in Teaching and Teacher Professional Development: A Systematic Review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100355>
- Tincu, M. F. (2001). *What Is Critical Thinking and How Critical Thinking Improves Student Learning*. <https://scholarworks.uni.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2648&context=grp>
- Vasconcelos, M. A. R., & dos Santos, R. P. (2023). Enhancing STEM learning with ChatGPT and Bing Chat as objects to think with: A case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), em2296. <https://doi.org/https://doi.org/10.29333/ejmste/13313>
- Vieriu, A. M., & Petrea, G. (2025). The Impact of Artificial Intelligence (AI) on Students' Academic Development. *Education Sciences*, 15(3), 343. <https://doi.org/10.3390/educsci15030343>
- Vincent-Lancrin, S. (2023). Fostering and assessing student critical thinking: From theory to teaching practice. *European*

Journal of Education, 58(3), 354. <https://doi.org/10.1111/ejed.12569>

- Vorotnykova, I. (2023). Professional development of science and mathematics teachers using artificial intelligence. Open educational e-environment of modern university. *OPEN EDUCATIONAL E-ENVIRONMENT OF MODERN UNIVERSITY*. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2023.152>
- Wang, K., Ruan, Q., Zhang, X., Fu, C., & Duan, B. (2024). Pre-Service Teachers' GenAI Anxiety, Technology Self-Efficacy, and TPACK: Their Structural Relations with Behavioral Intention to Design GenAI-Assisted Teaching. *Behavioral Sciences*, 14(5), 373. <https://doi.org/10.3390/bs14050373>
- Wu, W., Burdina, G., & Gura, A. (2024). Use of Artificial Intelligence in Teacher Training. *Int. J. Web Based Learn. Technol.*, 18, 1-15. <https://doi.org/10.4018/ijwlwt.331692>
- Yan, Z. (2021). English as a Foreign Language Teachers' Critical Thinking Ability and L2 Students' Classroom Engagement. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.773138>
- Youcef, L. D. (2023). Exploring Teachers' Perceptions of Critical Thinking in English Language Classrooms in Higher Education: A Case of EFL Teachers. *ALTRALANG Journal*, 5(3), 271. <https://doi.org/10.52919/altralang.v5i3.367>
- Yusuf, A., Pervin, N., & González, M. R. (2024). Generative AI and the future of higher education: a threat to academic integrity or reformation? Evidence from multicultural perspectives. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00453-6>



13.

Sinopsis

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez

Resumen

Este capítulo subraya el reto que enfrentamos los docentes ante la presencia de la IA generativa y la necesidad de adoptar una mentalidad crítica y abierta ante la innovación continua, pero siendo precavidos ante los sesgos algorítmicos, la privacidad de los datos y la inequidad en el acceso a estas plataformas. Integrar la IA generativa en el aula exige un juicio pedagógico y el fomento del pensamiento crítico en los estudiantes. En conclusión, la IA generativa complementa y amplía las capacidades docentes, reforzando su papel como guía, mentor y promotor de un aprendizaje crítico, sin pretender reemplazar la dimensión humana y ética. Seguramente, las constantes actualizaciones de esta inteligencia transformarán día a día las aulas y el proceso de enseñanza-aprendizaje en todos los niveles escolares.

Introducción

El papel del docente y del alumno se transforma y la educación se redefine. La IA se encuentra a nuestro alrededor, impactando nuestra existencia y nuestro comportamiento. El docente pasa de ser un dotador de información a un facilitador del aprendizaje. Estudios recientes han demostrado que la IA puede reducir el tiempo dedicado a tareas administrativas y de evaluación, lo que permite a los docentes centrarse en los aspectos más creativos

y humanos de la enseñanza (Sethi y Jain, 2024). Sin embargo, la relación entre docente y alumno seguirá existiendo, ambos son complementarios. El docente dirige las experiencias de aprendizaje y diseña las intervenciones pedagógicas, mientras que la IA ofrece los recursos informáticos. El sentido crítico, la empatía y el coraje son cualidades que las máquinas aún no pueden replicar, y es aquí donde el docente mantiene su papel central. Por ello, resulta fundamental que los docentes continúen ejerciendo su función, dado que no todas las herramientas de IA resultan útiles para todos los fines. El educador debe seleccionar los materiales más adecuados, considerando factores como la equidad, la accesibilidad y el impacto a largo plazo en el aprendizaje de los estudiantes (Kim y Kim, 2022).

La colaboración entre docentes y tecnologías informáticas puede generar entornos de aprendizaje más dinámicos y adaptativos. Por ejemplo, los sistemas de tutoría inteligentes proporcionan retroalimentación inmediata y personalizada, mientras que los docentes utilizan esta información para diseñar intervenciones pedagógicas más efectivas. Asimismo, la IA generativa facilita la identificación de patrones de aprendizaje, lo que permite abordar dificultades específicas y adaptar las estrategias de enseñanza (Zawacki-Richter et al., 2019).

Integrar la vanguardista IA en el entorno educativo implica transformar no solo las metodologías de enseñanza, sino también las mentalidades de todos los actores. El éxito de esta implementación depende, en gran medida, de la disposición de docentes, estudiantes y administradores a adoptar una postura crítica y abierta ante la innovación tecnológica. Un estudio de Ertmer y Ottenbreit-Leftwich (2010) señala que una barrera común en la adopción de nuevas tecnologías es la resistencia al cambio, alimentada por percepciones erróneas y por la falta de familiaridad con las herramientas. Para fomentar la resiliencia, es crucial que los docentes desarrollen una mentalidad de

aprendizaje continuo, en la que la tecnología se conciba como un recurso que enriquece la práctica pedagógica, priorizando la formación profesional sobre las meras habilidades técnicas (Moorhouse, Li y Walsh, 2021).

Desafíos Éticos y Pedagógicos

Tanto docentes como estudiantes debemos ser conscientes de las limitaciones y sesgos presentes en los sistemas de IA. Según Zawacki-Richter et al. (2019), uno de los obstáculos centrales para su adopción es la falta de certeza sobre su utilidad, el escaso conocimiento sobre cómo se entrenan estas herramientas y los sesgos inherentes a sus algoritmos. Por ello, resulta imprescindible mantener una actitud crítica ante los riesgos asociados a la implementación de la IA en el aula y abordar los desafíos éticos asociados, como la privacidad de los datos y la equidad en el acceso a la tecnología (Williamson y Eynon, 2020). Los docentes deben prepararse para garantizar que la integración de la IA beneficie a todos los estudiantes y fomente en ellos habilidades de pensamiento crítico que les permitan evaluar la información y las respuestas generadas automáticamente. De este modo, se evitará una dependencia excesiva de la tecnología y se promoverá una comprensión más profunda de los conceptos científicos.

La formación en IA de los docentes, sin duda, ampliará su desarrollo profesional, incrementará sus habilidades pedagógicas y facilitará su desempeño; además, fomentará una cultura de aprendizaje continuo que, en última instancia, beneficiará a los estudiantes y mejorará la calidad de la educación (Salinas-Navarro et al., 2024).

Conclusiones

La IA generativa representa una oportunidad significativa para enriquecer la educación y la ciencia. Sin embargo, su integración

exitosa exige comprenderla como una herramienta que potencia —y no reemplaza— al docente. En lugar de concebirla como una amenaza que desplaza la labor del educador, proponemos una visión en la que la tecnología amplía sus capacidades, permitiéndole centrarse en áreas que requieren intervención humana: la orientación personalizada, la motivación y el apoyo emocional. Así, los docentes se convierten en guías, mentores y facilitadores del pensamiento crítico y de la creatividad de los estudiantes.

Los docentes continúan siendo el elemento primordial de la educación y su papel es ahora más importante que nunca para guiar y facilitar el aprendizaje en un mundo cada vez más digitalizado. Adoptar una mentalidad crítica y abierta al cambio es esencial para maximizar los beneficios y mitigar los riesgos.

El desarrollo de la IA generativa ha abierto una nueva frontera en la educación científica, con profundas implicaciones en la interacción entre docentes, estudiantes y conocimientos. No obstante, su adopción efectiva requiere un enfoque equilibrado y crítico que reconozca tanto las oportunidades como los desafíos. En última instancia, la transformación educativa en la era de la IA depende no solo de la tecnología en sí, sino también de cómo los actores educativos se apropien de ella de manera reflexiva.

La invitación final es a seguir explorando, innovando y cuestionando el papel de la IA en la educación, siempre con la convicción de que el verdadero aprendizaje se construye entre todos: IA, educando y educador.

Preguntas y reflexiones sobre la evolución de la IA generativa en la educación.

¿Cómo garantizar que el uso de la IA en las aulas, en todas sus formas, no perpetúe ni amplifique las desigualdades existentes en la educación?

La brecha digital es un desafío persistente que puede exacerbar las desigualdades educativas. Abordar este problema requiere políticas y prácticas que aseguren el acceso equitativo a la tecnología y a la infraestructura necesarias. Si bien la IA generativa tiene el potencial de ofrecer recursos personalizados y accesibles a un público amplio, también existe el riesgo de que exacerbe las desigualdades si el acceso a estas tecnologías no es equitativo. La UNESCO (2020) advierte que la brecha digital sigue siendo un desafío importante, y que el acceso desigual a la tecnología podría dejar atrás a estudiantes de contextos socioeconómicos desfavorecidos.

¿Cómo pueden las herramientas con IA apoyar el desarrollo de competencias más allá del conocimiento técnico, como el pensamiento crítico, la creatividad y la ética?

Si bien estas herramientas pueden facilitar el aprendizaje de contenidos específicos, queda la pregunta de cómo integrarlas en un enfoque pedagógico más amplio que fomente habilidades transversales. Un informe de la Unesco (2020) sugiere que la IA generativa debe diseñarse para apoyar no solo el conocimiento técnico, sino también las habilidades de pensamiento crítico y la resolución de problemas complejos.

¿Qué función debe cumplir el docente en la evaluación continua para asegurar la perpetuidad de la formación humana, política, social y científica?

Los docentes podrían asumir funciones más centradas en la facilitación del aprendizaje y en la orientación ética en el uso de la tecnología. Dado que los sistemas de IA se basan en grandes volúmenes de datos y pueden reflejar sesgos inherentes, los docentes tienen un papel crucial en la evaluación de estas tecnologías desde una perspectiva ética. Según la UNESCO (2021), la formación ética debe ser una parte central de la capacitación

docente en la era de la IA, con un enfoque en la comprensión de los sesgos algorítmicos y las implicaciones sociales de su uso.

¿Cómo afectará la evolución de la IA a la identidad profesional del docente y su papel en la educación superior?

Con la creciente automatización de ciertas tareas educativas, es importante reflexionar sobre cómo evolucionará la identidad del docente. ¿Se verá afectado su papel como mentor y facilitador del aprendizaje humano? Aquí planteamos que la tecnología presenta tanto desafíos como oportunidades para la redefinición del papel del docente, y la reflexión crítica sobre estas cuestiones será esencial en los próximos años.

¿Cómo puede la IA contribuir al aprendizaje personalizado sin sacrificar la interacción humana esencial para el desarrollo cognitivo y emocional de los estudiantes?

A pesar de los avances en la personalización del aprendizaje, sigue siendo necesario un equilibrio entre la interacción tecnológica y la humana. Los estudios han demostrado que las interacciones humanas desempeñan un papel crucial en el desarrollo socioemocional de los estudiantes, lo cual no debe subestimarse en la implementación de tecnologías avanzadas (Sethi y Jain, 2024).

¿Cómo podemos fomentar una cultura de ética y responsabilidad en el uso de la IA en contextos educativos?

Establecer marcos éticos y regulaciones claras es esencial para guiar el uso responsable de la IA actual y de las venideras. La participación de docentes, estudiantes, desarrolladores y legisladores es crucial en este proceso.

¿Qué metodologías de investigación son necesarias para evaluar el impacto a largo plazo de estas inteligencias en los resultados educativos y en el desarrollo cognitivo de los estudiantes?

Comprender el impacto a largo plazo de las IA requiere enfoques de investigación multidisciplinarios y longitudinales. Esto permitirá adaptar las prácticas educativas basadas en evidencia sólida.

¿Qué metodologías educativas son imprescindibles implementar para promover el pensamiento crítico y comprender que las respuestas de la inteligencia artificial pueden ser incorrectas, parciales o manipuladas, por lo que deben ser analizadas con criterio y cautela?

Para responder a las últimas dos preguntas, a lo largo de este libro se abordan en profundidad las metodologías que se consideran más influyentes. A continuación, se resumen algunas de ellas:

1. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): plantea situaciones reales y complejas que los estudiantes deben resolver. Esto fomenta la investigación, el análisis crítico y la colaboración, ayudándolos a cuestionar y evaluar la información proveniente de diversas fuentes, incluida la IA.
2. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): involucra a los estudiantes en la realización de proyectos integrales que requieren planificación, investigación y creación. Esta metodología les permite explorar y comprender en profundidad temas específicos, evaluando críticamente los recursos y las herramientas utilizados, así como las respuestas de la IA.
3. Pensamiento Socrático y Debate: mediante preguntas abiertas y discusiones en profundidad, se anima a los estudiantes a explorar diferentes perspectivas y a cuestionar las respuestas recibidas. Esto es especialmente útil para analizar y criticar respuestas generadas por IA.

4. Desarrollo de la Alfabetización Mediática y Digital: enseñar a los estudiantes a interpretar, evaluar y crear contenido mediático en un contexto digital. Esta habilidad es esencial para discernir la calidad y la fiabilidad de la información proporcionada por la IA y otras fuentes en línea.
5. Enseñanza de la Metacognición: fomentar que los estudiantes reflexionen sobre su propio proceso de pensamiento. Al ser conscientes de cómo aprenden y procesan la información, pueden identificar prejuicios y errores tanto en sus razonamientos como en las respuestas de la IA.
6. Análisis de Casos y Estudios Críticos: utilizar ejemplos concretos en los que la IA haya cometido errores o mostrado sesgos para analizar las causas y discutir las implicaciones éticas y prácticas.
7. Integración de la Ética en la Tecnología en el Currículo: incluir en los programas educativos temas sobre ética, sesgos algorítmicos y el impacto de la IA en la sociedad. Esto ayuda a los estudiantes a comprender las limitaciones y responsabilidades asociadas al uso de la IA.
8. Aprendizaje Colaborativo: promover el trabajo en equipo en el que los estudiantes puedan compartir ideas, debatir y confrontar diferentes puntos de vista, enriqueciendo su comprensión y su capacidad crítica.
9. Evaluación Crítica de Fuentes: enseñar a identificar y evaluar la credibilidad de las fuentes de información. Esto incluye verificar hechos, contrastar información y reconocer posibles sesgos o manipulaciones en los datos proporcionados por la IA.
10. Uso Reflexivo de Herramientas de IA en el Aula: incorporar la IA como herramienta educativa, pero siempre acompañada

de actividades que inviten a los estudiantes a analizar y cuestionar sus resultados, fomentando una actitud crítica ante las respuestas automatizadas.

11. Actividades de Resolución de Conflictos y Toma de Decisiones: situaciones en las que los estudiantes deben tomar decisiones informadas basadas en la evaluación de información diversa y, a veces, contradictoria, desarrollando así su habilidad para discernir y seleccionar información fiable.

Referencias

- Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher Technology Change: How Knowledge, Confidence, Beliefs, and Culture Intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255-284. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551>
- Kim, N. J., & Kim, M. K. (2022). Teacher's perceptions of using an artificial intelligence-based educational tool for scientific writing. In *Frontiers in Education* (Vol. 7, p. 755914). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.755914>
- Moorhouse, B. L., Li, Y., & Walsh, S. (2023). E-Classroom Interactional Competencies: Mediating and Assisting Language Learning During Synchronous Online Lessons. *RELC Journal*, 54(1), 114-128. <https://doi.org/10.1177/0033688220985274>
- Salinas-Navarro, D. E., Vilalta-Perdomo, E., Michel-Villarreal, R., & Montesinos, L. (2024). Using generative artificial intelligence tools to explain and enhance experiential learning for authentic assessment. *Education Sciences*, 14(1), 83. <https://doi.org/10.3390/educsci14010083>
- Sethi, S. S., & Jain, K. (2024). AI technologies for social emotional learning: Recent research and future directions. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 17(2), 213-225. <https://doi.org/10.1108/JRIT-03-2024-0073>

- UNESCO. (2020). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development. Paris: UNESCO Publishing. <https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/6533/Artificial%20intelligence%20in%20education%20challenges%20and%20opportunities%20for%20sustainable%20development.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UNESCO. (2021). Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. The General Conference of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), meeting in Paris from 9 to 24 November 2021, at its 41st session. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381133/PDF/381133eng.pdf.multi.page=62>
- Williamson, B., & Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 223–235. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & 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), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

Anexos

Lista de algunas plataformas con Inteligencia Artificial mencionadas en el texto.

Nombre de la plataforma	Liga del sitio web	Descripción de la aplicación
Adrenaline	https://useadrenaline.com/	Creador y depurador de código
AgriTech Simulator	https://agritechsimulator.com/	Simulador para entrenamiento en maquinaria agrícola.
AI Comic Factory	https://aicomicfactory.com/	Crea comics con IA
AI Magic Tools	https://runwayml.com/	Creación de imágenes, filtros, herramientas colaborativas y mucho más
AI Text Classifier	https://freeaitextclassifier.com/	Detector de textos generados con IA
Aithor	https://aithor.com/	Generador de textos.
Alice Technologies	https://www.alicetechnologies.com/	Plataforma de simulación para optimización de construcción.
AlphaCode 2	https://alphacode.deepmind.com/	Generador de código.
AlphaFold	https://alphafold.ebi.ac.uk/	Predice la estructura tridimensional de proteínas.
Amazon Q Developer	https://aws.amazon.com/es/q/developer/	Generador y depurador de código
ANSYS	https://www.ansys.com/	Simulaciones avanzadas para análisis estructural.
Artbreeder	https://www.artbreeder.com/	Generador de imágenes.
AudioLM	https://github.com/lucidrains/audiolm-pytorch	Generador de audio
Autodesk Revit	https://www.autodesk.com/products/revit/overview	Software para modelado de información de construcción.
Bardo	https://gemini.google.com/	Generación de contenido y asistencia en tareas de programación.
Bentley Systems	https://www.bentley.com/	Herramienta para modelado y simulación en ingeniería.
Beyond Labz	https://www.beyondlabz.com/	Plataforma para simulaciones avanzadas de química.
Bing Image Creator	https://www.bing.com/images/create	Creación de imágenes.
BioDigital Human	https://www.biodigital.com/	Exploración del cuerpo humano en 3D para estudios de anatomía.
Blackboard	https://www.blackboard.com/	Sistema de gestión de aprendizaje virtual.
Bohemia Interactive Simulations	https://bisimulations.com/	Simulador militar para entrenamiento en combate urbano.

CAE	https://www.cae.com/	Simulaciones avanzadas para entrenamiento en aviación.
Capsim	https://www.capsim.com/	Simulador de decisiones empresariales.
Chatba	https://www.chatba.com/	Generador de presentaciones y diapositivas.
ChatGPT	https://openai.com	Generación de texto, asistencia en conversaciones, traducción de idiomas.
ChatPDF	https://www.chatpdf.com/	Resume y chatea con textos en PDF.
ChatSonic	https://writesonic.com/chat	Generador de texto, voz e imágenes.
ChemCollective Virtual Labs	http://chemcollective.org/	Laboratorio de simulación química interactiva.
ClassVR	https://www.classvr.com/	Entornos de realidad virtual para educación.
Claude	https://www.anthropic.com/claude	Generador de texto y de código.
CM Labs Simulations	https://www.cm-labs.com/	Simulador de maquinaria y equipos pesados.
ClipDrop	https://clipdrop.co/	Elimina fondos u objetos de fotografías, cambia su iluminación o resolución, crea clips y edita páginas web.
Code GPT	https://codegpt.co/	Generador y asistente de códigos.
Código Alfa	https://exploraia.com/alpha-code-2-revolucion-en-inteligencia-artificial-y-programacion/	Generación de código y asistencia en programación.
Cognii	https://cognii.com/	Tutor virtual basado en IA.
CM Labs Simulations	https://www.cm-labs.com/en/	Simuladores basados en IA
Conker	https://www.conker.ai/	Generador de exámenes
Connected Papers	https://www.connectedpapers.com/	Genera mapas de documentos relacionado con otros del mismo tema.
Consensus	https://consensus.app/search/	Genera textos confiables de artículos científicos.
Copi.ia	https://www.copy.ai/	Generación automática de copias publicitarias y contenido
Copiloto de GitHub	https://github.com/features/copilot	Sugerencias inteligentes para autocompletar código en varios lenguajes.
Craiyon	https://www.craiyon.com/	Generación de video
CrisisSim	https://www.crisissimulation.io/	Simulador de crisis empresariales.
CROPSIM	https://www.cropsim.org/	Simulador de crecimiento de cultivos en diferentes climas.
DALL-E	https://openai.com/index/dall-e-3/	Generación de imágenes a partir de descripciones textuales.
Deep Dream Generator	https://deepdreamgenerator.com/	Generación de imágenes
Decktopus	https://www.decktopus.com/	Generación de presentaciones
Dimensions	https://www.dimensions.ai/	Búsqueda de documentos científicos.

DisGeNET	https://www.disgenet.org	Plataforma que integra información sobre genes y enfermedades.
DreamFusion	https://dreamfusion3d.github.io/gallery.html	Generador de imágenes en 3D
DreamStudio	https://dreamstudio.ai/	Creación de imágenes a partir de texto.
DSSAT	https://dssat.net/	Plataforma para simulación de crecimiento de cultivos.
Duplichecker	https://www.duplichecker.com/	Software para verificar la originalidad de textos.
Elicit	https://elicit.com/	Genera textos académicos.
Explainpaper	https://www.explainpaper.com/	Permite interactuar con archivos PDF.
FieldView	https://www.climate.com/	Plataforma de agricultura de precisión.
Fliki	https://fliki.ai/	Generación de videos a partir de texto.
Fundamental Surgery	https://www.fundamentalsurgery.com/	Plataforma de entrenamiento quirúrgico en entornos virtuales.
Fuzor	https://www.kalloeotech.com/fuzor/	Software de simulación para visualización arquitectónica.
Gamma	https://gamma.app/	Es capaz de hacer presentaciones preciosas en base a una serie de cosas que tú le dictes.
GAMS	https://www.gams.com/	Simulaciones matemáticas y financieras avanzadas.
Gemini	https://gemini.google.com/app	Crea textos e imágenes profesionales.
Gencraft	https://gencraft.com/	Generador de imágenes.
GET3D	https://research.nvidia.com/labs/toronto-ai/GET3D/	Generador de imágenes en 3D.
Google Colab	https://colab.research.google.com/	Herramienta para escribir y ejecutar código en Python.
Google Deepmind	https://deepmind.google/	Plataforma multimodelos
Google Earth	https://www.google.es/intl/es/earth/index.html	Crea imágenes satelitales de alta resolución,
GPT Zero	https://gptzero.me/	Detección de textos generados con IA
GraphGPT	https://graphgpt.vercel.app/	Generador de gráficos
Grammarly	https://www.grammarly.com/	Corrección gramatical y sugerencias para mejorar la escritura
GTAP	https://www.gtap.agecon.purdue.edu/	Simulador para análisis de tratados comerciales.
H2O.ai	https://h2o.ai/	Plataforma de IA para análisis predictivo de datos.
HubSpot's Marketing Simulation	https://www.hubspot.com/	Simulador de marketing digital.
Humata		
IBM Watson Analytics	https://www.ibm.com/watson-analytics	Plataforma de simulación para análisis de datos.

Imagen video	https://imagen.research.google/video/	Generador de video.
Imagine 3D	https://www.imagine3d.fr/	Generador de imágenes en 3D.
Inwold	https://inworld.ai/	Crea personajes virtuales a partir de texto.
iThenticate	https://www.ithenticate.com/	Herramienta para detección de plagio en investigaciones académicas.
Jasper	https://www.jasper.ai/	Creación de contenidos para marketing, blogs y redes sociales.
Jenni	https://app.jenni.ai/	Generador de textos.
John Deere Operations Center	https://operationscenter.deere.com/	Plataforma de simulación para agricultura de precisión.
JupyterLab	https://jupyter.org/	Plataforma de código abierto para crear documentos interactivos de ciencias.
Kickresume IA	https://www.kickresume.com/en/	Te ayuda a realizar currículum vitae (CV)
Labster	https://www.labster.com/	Laboratorios virtuales para simulaciones científicas.
LanguageTool	https://languagetool.org/es	Corrector ortográfico y gramatical.
Lens	https://www.lens.org/	Recopila y conecta millones de patentes con una vasta cantidad de publicaciones académicas, como artículos, libros y tesis.
Litmaps	https://app.litmaps.com/	Genera mapas de documentos científicos relacionados.
Make-A-video	https://makeavideo.studio/	Generador de video.
Markstrat	https://www.markstrat.com/	Simulaciones para campañas de marketing.
MATLAB	https://www.mathworks.com/products/matlab.html	Herramienta para modelado matemático y análisis de datos.
MetaMap	https://metamap.nlm.nih.gov/	Herramienta para mapeo de términos médicos y científicos.
Microsoft HoloLens	https://www.microsoft.com/en-us/hololens	Plataforma de realidad aumentada para operaciones militares.
Midjourney	https://www.midjourney.com/home	Creación de arte e imágenes estilizadas a partir de texto.
Molecular Workbench	http://mw.concord.org/modeler/	Plataforma para simulación de experimentos científicos.
Moodle	https://moodle.org/	Plataforma para gestión de cursos en línea.
NightCafe	https://creator.nightcafe.studio/	Generación de imágenes
OpenKnowledgeMaps	https://openknowledgemaps.org/	Plataforma para visualización de conocimiento científico.
Originality AI	https://originality.ai/	Herramienta antiplagio.
Osso VR	https://www.ossovr.com/	Plataforma de simulación de procedimientos quirúrgicos.
Otter	https://otter.ai/	Transcripción de voz a texto.
Paperpal	https://paperpal.com/	Redacción de artículos científicos.

Pearson's Revel	https://www.pearson.com/revel/	Evaluación adaptativa para estudiantes basada en IA.
Perplexity	https://www.perplexity.ai	Motor de búsqueda con IA generativa.
PhET	https://phet.colorado.edu/	Simulador interactivo en ciencias y matemáticas
Pictory	https://pictory.ai/?el=2000&htrafficsource=pictoryblog	Conversión de texto a vídeo para marketing y redes sociales.
Pilot Training Next (PTN)	https://www.airforcemag.com/article/pilot-training-next/	Simulador de entrenamiento de vuelo militar.
Plagiarism Checker	https://www.smallseotools.com/plagiarism-checker/	Detector de plagio con versiones gratuitas limitadas.
PoliSim	https://polisim.co.uk/	Simulador educativo para políticas públicas.
Protein data bank	https://www.rcsb.org/	Banco de proteínas.
Proximie	https://www.proximie.com/	Plataforma de colaboración remota para cirugías.
PubTator	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/research/pubtator/	Plataforma para extracción de entidades en textos científicos.
Quillbot	https://quillbot.com/premium	Parafraseado de texto.
Quetext	https://www.quetext.com/	Herramienta para detectar plagio en textos.
Rehearsal VRP	https://www.rehearsal.com/	Plataforma para simulación de ventas y negociación.
Research Rabbit	https://researchrabbitapp.com/home.	Genera mapas para analizar el impacto de artículos, sus autores y tópicos específicos.
Revit	https://codes.iccsafe.org/	Construcción y modelado
RunwayML	https://runwayml.com/	Edición de vídeo impulsada por IA, incluyendo eliminación de fondo.
Salesforce Sales Cloud	https://www.salesforce.com/solutions/sales-cloud/	Plataforma para gestión de ventas basada en IA.
SciBERT	https://github.com/allenai/scibert/	Modelo de lenguaje entrenado para textos científicos.
Scispace	https://typeset.io/	Permite interactuar con archivos PDF, realizar revisiones de literatura, extraer datos de documentos, parafrasear textos, generar citaciones, detectar textos generados por IA.
Scite	https://scite.ai	Asistente, búsqueda de citaciones y revisión de referencias en un documento.
Semantic Scholar	https://www.semanticscholar.org	Búsqueda de documentos científicos.
SimCity EDU	https://www.glasslabgames.org/games/SC	Simulaciones de políticas públicas y económicas.
SimScale	https://www.simscale.com/	Simulación y modelado para ingeniería y arquitectura.
SIMTICS	https://www.simtics.com/	Simulaciones interactivas para el entrenamiento médico.
SimulTrain	https://www.simultrain.com/	Plataforma para simulaciones empresariales.

Skycision	https://www.skycision.com/	Simulador para entrenamiento en maquinaria agrícola.
Slides IA	https://www.slidesai.io/es	Su objetivo es hacer presentaciones de PowerPoint o Google Slides por nosotros mismos.
Squirrel AI	https://squirrelai.com/	Tutorías personalizadas mediante IA para estudiantes.
Stable Diffusion		
Starryai	https://starryai.com/	Generación de imágenes
Synthesia	https://www.synthesia.io/es	Generación de vídeos con avatares y voz en off.
Tableau	https://www.tableau.com/	Plataforma de análisis predictivo de mercado.
Taranis	https://www.taranis.ag/	Detección de plagas mediante imágenes satelitales.
Taskade IA	https://www.taskade.com/ai/app	Crear mapas mentales.
Text2SQL	https://www.text2sql.ai/	Generador de texto en formato SQL.
Tinkercad	https://www.tinkercad.com/	Diseño y modelado en 3D
Touch Surgery	https://www.touchsurgery.com/	Simulador de cirugías para educación médica.
TradeSim	https://www.tradesim.com/	Plataforma de simulación para análisis de comercio internacional.
Traductor DeepL	https://www.deepl.com/es/translator	Traducción automática con alta precisión y comprensión del lenguaje.
Transkriptor	https://transkriptor.com/es/	Transcriptor de audio y video a texto.
Trimble Connect	https://connect.trimble.com/	Plataforma de colaboración en proyectos de construcción.
Trinka	https://www.trinka.ai/es/	Herramienta para la corrección gramatical de texto.
Turnitin	https://www.turnitin.com.mx/	Detección de texto ya publicado y generado con IA
VBS (Virtual Battlespace)	https://www.bisimulations.com/products/vbs4	Simulaciones virtuales para entrenamiento militar.
VideoGen	https://videogen.io/es	Generador de video.
Voicemaker	https://voicemaker.in/	Generador texto a voz.
Wix	https://es.wix.com/	Creador de páginas Web.
Wolfram Alpha	https://www.wolframalpha.com/	Herramienta de cálculo computacional en tiempo real.
XVR Simulation	https://www.xvrsim.com/	Simulaciones para entrenamiento en gestión de crisis.
You	https://you.com/	Motor de búsqueda con múltiples herramientas de IA generativa.
YoutubeDigest	https://www.youtubedigest.app/	Convertor de video a texto
zSpace	https://zspace.com/	Simulaciones educativas inmersivas con realidad aumentada.

Elaboración propia. Enero de 2026

Notas finales

A lo largo de este libro, exploramos diversas facetas en las que la IA generativa puede impactar en la educación formal. Se analizan las oportunidades que ofrece su uso crítico y razonado, y los peligros asociados a la pérdida de reflexión y discernimiento por su sobreutilización. Esta obra puede servir como punto de partida para futuras investigaciones y debates, orientando el camino hacia una educación científica más efectiva, crítica, inclusiva y ética.

A continuación, se resumen las ideas puntuales y se enfatiza la importancia de mantener una mentalidad abierta, pero sumamente crítica, ante la inclusión en el aula de los modelos de IA generativa.

Puntos clave:

- La IA generativa ya forma parte de nuestra realidad y su incorporación al proceso educativo es inevitable; por ello, es necesario fomentar el diálogo y la reflexión sobre cómo implementarla.
- La IA generativa representa, a la vez, un desafío y una oportunidad que exige del educador una actitud abierta, prudente y reflexiva.
- La IA generativa potencia la práctica docente, pero no la reemplaza.
- La IA generativa puede agravar la inequidad educativa y económica.

- Las respuestas de la IA generativa deben ser siempre verificadas, dado los sesgos en los datos con los que fue entrenada y las “alucinaciones” —o información falsa— que suele generar.
- La IA generativa puede promover y reforzar determinadas ideologías.
- La IA generativa debe considerarse una herramienta tecnológica con posibilidades pedagógicas y formativas en la educación escolarizada.
- Debido a los sesgos en la información que la IA generativa proporciona, las instituciones educativas deben capacitar a los profesores en un uso formal y crítico.
- La colaboración entre docentes y tecnologías es clave para maximizar los beneficios de la IA generativa en la educación.
- Faltan estudios longitudinales que permitan comprobar el impacto real de la IA generativa en el ámbito educativo.

Autores

Preámbulo, prefacio, introducción general y resúmenes.

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez.

Profesor investigador de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Imparte clases de investigación, método científico y redacción de textos académicos en licenciatura y en posgrado. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 2 y de la Academia Mexicana de Ciencias. Editor y revisor científico de MDPI, Elsevier, DOVEpress. Autor de artículos científicos, capítulos de libro y libros. Director de tesis de alumnos de licenciatura y posgrado.

 <https://orcid.org/0000-0002-4347-6725>

Cap. 1. El papel de la colaboración entre humanos y máquinas en la creatividad científica

Dra. Celia Gabriela Villalpando Sifuentes.

Doctora en Educación. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Reconocimiento Perfil PRODEP. Líder del Cuerpo Académico 54, Estudios de Educación y Ciencias Sociales, líneas de investigación: Sujetos de la Educación y Trabajo Docente. Docente-investigadora de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

 <https://orcid.org/0000-0001-9571-6308>

Cap. 2. Ética en el uso de la IA generativa en la investigación científica en la educación superior

Dra. Anna V. Sokolova Grinovievkaya

Profesora Titular de Carrera, Nivel C, de Tiempo Completo, en el Departamento de Educación y Comunicación de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, en la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana. Realizó su doctorado en Ciencias Sociales (Comunicación y Política) en la Universidad Autónoma Metropolitana. Nivel I del SNII. Área V Humanidades. <https://orcid.org/0000-0001-9115-5873>

Dra. Ofelia Gómez Landeros

Médica cirujana, egresada de la Universidad Nacional Autónoma de México en mayo de 1982. Especialista en Residencia de Medicina Familiar en el Instituto Mexicano del Seguro Social y en la Universidad Nacional Autónoma de

México, egresada en 1985. Labora en la Universidad Autónoma Metropolitana desde hace 25 años y, en septiembre de 2012, fue nombrado profesor Asociado D de tiempo completo en la Licenciatura en Medicina del Departamento de Atención a la Salud, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Ha desempeñado los cargos de: Responsable Divisional del Internado Rotatorio de Pregrado y Servicio Social (2012-2013), Coordinadora de la Licenciatura en Medicina (2013-2015) y Coordinadora de la Licenciatura en Medicina (2019). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Ciudad de México.

 <https://orcid.org/0000-0003-1050-8126>

Cap. 3. Una revisión bibliográfica de la IA generativa en educación

Dra. María Armida Estrada Gutiérrez

Profesora investigadora de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, adscrita al Departamento de Humanidades, en la Licenciatura en Educación y en la Maestría en Investigación Educativa Aplicada. Doctora en Ciencias Sociales en la terminal de Educación Superior.

 <https://orcid.org/0000-0003-3689-343X>

Cap. 4. Las inteligencias artificiales generativas de uso científico en la industria y la academia

Dr. Jorge Luis García Alcaraz

Profesor de tiempo completo adscrito al Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (México). Tiene Doctorados en Ciencias de la Ingeniería Industrial, en Innovación en Ingeniería de Producto y Procesos Industriales, en Ingeniería y Tecnologías Industriales, en Ingeniería Mecánica y en Ingeniería y Tecnologías de la Información. Actualmente, es Investigador Nacional nivel III.

 <https://orcid.org/0000-0002-7092-6963>

Pedro García Alcaraz

Docente e investigador en el Instituto Nacional de México, campus Colima. Él es Ingeniero en Sistemas Computacionales, Maestría en Computación y Doctorado en Educación con distinción “SUMMA CUM LAUDE”. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores en Nivel I. Su trabajo se enfoca en ciencias de la educación, con publicaciones en revistas científicas internacionales.

 <https://orcid.org/0000-0003-0341-4463>

Dra. Cely Celene Ronquillo Chávez

Profesora e investigadora adscrita al Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (México). Imparte clases principalmente en el Programa de Licenciatura en Economía y, eventualmente, en la Maestría en Investigación Educativa Aplicada También, se desempeña como subdirectora del área de Desarrollo Académico y tiene a su cargo el Seguimiento y la evaluación docente. Actualmente es candidata a Investigador Nacional.

 <https://orcid.org/0000-0002-7902-4544>

Cap. 5. La IA generativa como herramienta de experimentación científica

Dr. Francisco Javier Olivas-Aguirre

Doctor en Ciencias Químico Biológicas por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez con más de 8 años de experiencia docente y consultor independiente. Actualmente, es profesor en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y es Investigador Nacional (SNII) Nivel 1. Ha sido reconocido como Profesor Distinguido en tres ocasiones y cuenta con una sólida trayectoria como autor de artículos y capítulos de libros internacionales.

 <https://orcid.org/0000-0002-6035-1211>

Dr. Miguel Ángel Olivas-Aguirre

Doctor en Ciencias Fisiológicas por la Universidad de Colima (UCOL), Investigador Nacional SNII Nivel 1 y miembro del programa “Investigadores por México” del CONAHCYT. Profesor en el Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas (CUIB) de la UCOL, donde es investigador y responsable del Laboratorio de Fisiopatología del Cáncer.

 <https://orcid.org/0000-0002-4832-128X>

Dr. Marco Antonio Hernández-Lepe

Doctorado en Ciencias Químico Biológicas por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Investigador Nacional (SNII) Nivel 1. Antropometrista internacional ISAK Nivel 3. Profesor Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Medicina y Psicología de la Universidad Autónoma de Baja California. Responsable técnico del Laboratorio Nacional Conahcyt de Composición Corporal y Metabolismo Energético (LaNCoCoME).

 <https://orcid.org/0000-0003-1954-2857>

Cap. 6. Inteligencia Artificial Generativa como potenciador del aprendizaje personalizado

Dr. Jorge Luis Márquez López

Licenciado en Administración Pública. Coordinador de la Licenciatura en Administración del Deporte. Facultad de Ciencias de la Cultura Física. Universidad Autónoma de Chihuahua. Participa en el Diseño Curricular de la Licenciatura en Administración Deportiva, Estudio de Caso, Consulta a Expertos y Empleadores.

 <https://orcid.org/0000-0002-4642-5296>

M.C. Edgar Francisco Ordoñez Bencomo

Profesor de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigación en áreas relacionadas con la cultura física y las ciencias del deporte.

 <https://orcid.org/0000-0002-7783-9571>

M.R.M. Ramón Anchondo Pérez

Ingeniero en Sistemas Computacionales y Hardware. Profesor de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua. Encargado del Laboratorio de Computación, Redes y Electrónica.

Cap. 7. Evaluación formativa: La IA generativa para retroalimentar al estudiante en tiempo real, identificando puntos fuertes y débiles

Dra. Alejandra Villalpando Sifuentes

Maestra en Desarrollo Profesional Docente. Actualmente, labora en la Escuela Normal Superior “José E. Medrano R.” como docente en la Licenciatura en Educación Secundaria con especialidad en Química. Asimismo, trabaja en las Escuelas Secundarias Estatales No. 3011 “Ma. Edmeé Álvarez” y “Héroes Ferrocarrileros” como docente en español. En este momento estudia el Doctorado en Educación en la Escuela Normal Superior “José E. Medrano R.”

 <https://orcid.org/0009-0006-1792-6573>

Cap. 8. La inteligencia artificial generativa en la evaluación formativa

Dr. César Sánchez Olavarría

Doctor en Educación, docente investigador del CIE-UATx, PTC con perfil deseable PRODEP-SEP en México, integrante del CA PROCESOS EDUCATIVOS-CONSOLIDADO, miembro del SNII nivel 1, integrante titular de COMIE y AFIRSE, coordinador del programa de Doctorado en Educación de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. Entre sus publicaciones destacan artículos en revistas indexadas y la publicación del libro sobre Trayectorias de Egresados de Ciencias de la Comunicación.

 <https://orcid.org/0000-0002-8278-6769>

Dra. Ana Bertha Luna Miranda

Doctora en Educación, docente investigadora del CIE-UATx, PTC con perfil deseable ante PRODEP-SEP. Miembro del SNII nivel 1, Líder del CA PROCESOS EDUCATIVOS-CONSOLIDADO, integrante titular COMIE y AFIRSE. Evaluadora y coordinadora honoraria del Premio Nacional de Calidad en Tlaxcala. Entre sus publicaciones destacan: coordinación del libro “Metodología de la Investigación Educativa”, capítulos de libros y artículos en revistas Indexadas. Universidad Autónoma de Tlaxcala.

 <https://orcid.org/0000-0003-3443-079>

Cap. 9. El papel del docente científico en la era de la inteligencia artificial generativa

Dra. Nelly Gordillo-Castillo

Es profesora investigadora en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, y coordinadora de Investigación y Posgrado del Instituto de Ingeniería y Tecnología. Doctor en Ingeniería Biomédica por la Universidad Politécnica de Cataluña, España en 2010. Líneas de investigación: desarrollo de técnicas automáticas de detección de patologías en imágenes médicas. Editora en jefe de la Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica y actualmente dirige la Revista Cultura Científica y Tecnológica y Ciencia Vital: revista de divulgación científica de la UACJ. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel 2; Premio Estatal Chihuahua de Ciencia en el área de medicina; editora de libros y de literatura científica de Elsevier y ScienceDirect; comisionada de la Federación Internacional para la Ingeniería Médica y Biológica (IFMBE); y mentora de mujeres y niñas en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), acreditada por el British Council.

 <https://orcid.org/0000-0003-2931-7637>

Dr. David Cortés Sáenz

Ingeniero electromecánico por el Instituto Tecnológico de Chihuahua, México. Maestría y Doctorado en Proyectos de Innovación tecnológica en la Ingeniería de producto y proceso en la Universidad Politécnica de Cataluña, España. Investigación posdoctoral en ingeniería ambiental y ecodiseño en la Universidad Autónoma de Barcelona en el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I. Coordinador de Investigación y Posgrado del Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Se especializa en diseño de producto, innovación y ecodiseño.

 <https://orcid.org/0000-0003-1459-6127>

Dr. José Manuel Mejía Muñoz

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Departamento de Diseño, Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Investigación en modelación de imágenes, tomografía e inteligencia artificial.

 <https://orcid.org/0000-0002-1599-6993>

Cap. 10. Estrategias para el uso de la IA generativa en la enseñanza de lenguajes de programación

Dr. Miguel Murguía-Romero

Biólogo y Doctor egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM con estudios en Inteligencia Artificial en la Fundación Arturo Rosenblueth, instituciones donde ha impartido cursos de programación e inteligencia artificial. Actualmente, es coordinador de la Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO) del Instituto de Biología de la UNAM.

 <https://orcid.org/0000-0002-2532-7398>

Dra. Diana G. Flores-Camargo

Bióloga por la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM, hizo sus estudios de posgrado en la Maestría en Ciencias Ambientales de la Universidad Simón Bolívar. Su línea de trabajo es la Informática de la Biodiversidad, particularmente bases de datos sobre Biodiversidad, actividad que realizó durante once años en la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). En el 2019 colaboró en la UNIBIO y desde

entonces apoya en las pruebas de usabilidad y coordinación del voluntariado Beta “tester” del Sistema web IBdata. Laboró como consultora de bases de datos biológicas, en el Laboratorio de Virología del Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (InDRE) y en la iniciativa privada elaborando dictámenes técnicos forestales y manifestaciones de impacto ambiental. Desde el año 2020 se ha enfocado en la sistematización de información del uso de las especies de plantas en bases de datos y en el 2023 se incorporó al Jardín Botánico del IBUNAM donde está a cargo del manejo de las bases de datos BADEPLAM del Laboratorio de Etnobotánica Ecológica, de la Colección etnobotánica y del Jardín Etnobiológico.

 <https://orcid.org/0009-0009-6979-5116>

Cap. 11. Docencia en educación superior e inteligencias artificiales generativas: reflexiones en la encrucijada

Implicaciones políticas del uso de Inteligencias Artificiales Generativas en Educación Superior

Dra. Alejandra Torres-León

Licenciada en Educación Especial en el área de Discapacidad Intelectual, Maestra en Pedagogía Crítica, Doctora en Ciencias Sociales. Fue maestra de apoyo y directora de Servicios de Educación Especial en Preescolar y Primaria en distintas geografías del estado de Chihuahua. Fundadora y subdirectora del Centro Latinoamericano de Pensamiento Crítico (CELAPEC). Actualmente es docente-investigadora de tiempo completo en el Centro de Actualización del Magisterio de Ciudad Juárez. Es miembro del Consejo Mexicano de Investigación Educativa (COMIE), de la Red de Investigadores de Chihuahua (REDIECH), del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) y de la Asociación Filosófica de México. Es autora del libro *El perverso juego de la inclusión*, y del libro *Aproximaciones a la alteridad*. Ha realizado diversas publicaciones de artículos y capítulos de libro que abordan críticas a los mecanismos de control y normalización aplicados a niños con discapacidad.

 <https://orcid.org/0009-0007-6315-7549>

Identidad y práctica docente en educación superior a partir de las Inteligencias Artificiales Generativas

Dr. Juan Andrés Elías-Hernández

Licenciado en educación, Maestro en Investigación Educativa y Doctor en Ciencias de la Educación, Profesor-investigador en el Centro de Investigación y Docencia, y docente de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Investigador Nivel 1 del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores;

miembro de la Red de Investigadores Educativos de Chihuahua. Sus líneas de indagación abarcan la formación y la práctica docente, las comunidades de aprendizaje y las educadoras, y las metodologías participativas.

 <https://orcid.org/0000-0002-0876-3542>

Del aula al algoritmo: desafíos y oportunidades de las inteligencias artificiales generativas en la didáctica contemporánea en educación superior

Dra. Silvia Gabriela Alvérez-Minora

Licenciada en Educación Preescolar, Maestra en Desarrollo Educativo y Doctora en Ciencias de la Educación. Profesora-investigadora en el Centro de Investigación y Docencia en el cual combina investigación, docencia, extensión y gestión educativa. Se especializa en el acompañamiento y la formación continua de figuras educativas de educación básica y de educación superior, en las que impulsa la transformación educativa.

 <https://orcid.org/0000-0002-9520-0683>

Capítulo 12. Desarrollo del pensamiento crítico en la era de la inteligencia artificial generativa

Dr. Jorge Luis García Alcaraz

Profesor de tiempo completo adscrito al Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (México). Tiene Doctorados en Ciencias de la Ingeniería Industrial, en Innovación en Ingeniería de Producto y Procesos Industriales, en Ingeniería y Tecnologías Industriales, en Ingeniería Mecánica y en Ingeniería y Tecnologías de la Información. Actualmente, es Investigador Nacional nivel III.

 <https://orcid.org/0000-0002-7092-6963>

Dr. Pedro García Alcaraz

Docente e investigador en el Instituto Nacional de México, campus Colima. Ingeniero en Sistemas Computacionales, Maestría en Computación y Doctorado en Educación con distinción "SUMMA CUM LAUDE". Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores en Nivel I. Su trabajo se enfoca en ciencias de la educación, con publicaciones en revistas científicas internacionales.

 <https://orcid.org/0000-0003-0341-4463>

Capítulo 13. Sinopsis
Dr. Arnulfo Ramos Jiménez

Nota final:
Dr. Arnulfo Ramos Jiménez

POSFACIO

Lo efímero vs. lo perdurable

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez

Todo libro que se atreva a hablar de inteligencia artificial nace con una fecha de caducidad impresa en el lomo. Este libro no es la excepción. Su redacción comenzó a finales de 2023 y concluyó en el primer semestre de 2024. Entre aquella escritura y esta edición han transcurrido apenas dos años, pero en el calendario de la IA dos años equivalen a décadas. Conviene, pues, ser francos con quien abre estas páginas: parte de lo que aquí se describe —nombres de aplicaciones, versiones de modelos, cifras de desempeño— ya ha sido superado. Escribir sobre esta materia se parece a dibujar sobre la corriente de un río: «Apenas la mano traza la forma y el agua ya la ha desplazado» (Sutra del Diamante: la impermanencia, 402 d.C.).

Y sin embargo, esa obsolescencia es más aparente que real y merece aquí una explicación. Conviene distinguir dos relojes que avanzan a velocidades muy distintas. Uno es el reloj de lo efímero: las herramientas, las marcas comerciales, los récords en tablas comparativas que se rompen cada mes. El otro es el reloj de lo perdurable: las preguntas pedagógicas, éticas y humanas que la tecnología plantea y que ninguna versión nueva resuelve, sino que agudiza. Este libro fue construido, deliberadamente, sobre el segundo reloj. No es un catálogo de aplicaciones —para eso bastan los buscadores—, sino una reflexión sobre qué significa enseñar, evaluar y pensar cuando la máquina escribe, calcula y

argumenta con nosotros. Esas preguntas no han caducado; se han vuelto más urgentes.

Actualicemos, no obstante, el estado del arte, pues el lector lo merece:

En el plano técnico, el centro de gravedad se ha desplazado hacia delante. Cuando se escribió esta obra, el paradigma dominante era el de los grandes modelos de lenguaje generativos, capaces de producir texto plausible a partir de una orden. Desde entonces han irrumpido dos novedades de fondo. La primera son los modelos de razonamiento —inaugurados por o1 de OpenAI a finales de 2024, popularizados por el modelo abierto DeepSeek-R1 a comienzos de 2025 y consolidados con la llegada de GPT-5 en agosto de 2025—, sistemas que razonan paso a paso antes de responder y que mejoran de forma notable las respuestas en matemáticas, ciencia y programación. La segunda son los agentes: aplicaciones que ya no se limitan a contestar, sino que planifican y ejecutan tareas de varios pasos. Incluso, la lista de empresas que este libro enumera se ha reordenado —la irrupción de DeepSeek lo ilustra—, prueba de que esta carrera no tiene ganadores permanentes; tan solo el usuario o los gobiernos. Nada de esto desmiente la tesis de la obra; al contrario, la afila: si la máquina ya no solo responde, sino que razona y actúa, la pregunta sobre el «lugar irremplazable del docente» se vuelve más apremiante.

En el plano de la gobernanza, lo que en 2024 era una advertencia se ha convertido en marco normativo. La Unión Europea aprobó el Reglamento (UE) 2024/1689 —la primera ley integral de IA del mundo—, en vigor desde el 1 de agosto de 2024, que clasifica de forma explícita como de «alto riesgo» los sistemas de IA que determinan el acceso a la educación o el rumbo de una vida profesional. Sus obligaciones se aplican por fases —prácticas prohibidas y alfabetización en IA desde febrero de 2025; modelos de propósito general desde agosto de 2025; requisitos prohibidos

para los sistemas de alto riesgo o plenos, de forma escalonada, a partir de junio de 2026—. En paralelo, la UNESCO, que en 2023 publicó su primera Guía para la IA generativa en la educación y la investigación, difundió en 2024 sus marcos de competencias en IA para docentes y para estudiantes, y en 2025 el informe. La IA y la educación: proteger los derechos de quienes aprenden; la OCDE, por su parte, dedicó su Panorama de la Educación Digital 2026 a los usos eficaces de la IA generativa. Y sin embargo, la misma UNESCO había advertido que menos del 10 % de las escuelas y universidades contaban con orientación formal sobre IA: la brecha entre el vértigo tecnológico y la lentitud institucional que este libro señala sigue abierta. El llamado urgente que esta obra dirige a los pedagogos para que asuman el liderazgo de la transformación digital ya no es un deseo: es una agenda profesionalizante e institucional en marcha.

Pero es en el plano de la evidencia donde la actualización resulta más reveladora —y donde el tiempo, lejos de refutar al libro, lo confirma—. Una de las inquietudes que advierten estas páginas es que el uso excesivo de la IA pueda comprometer el desarrollo de habilidades cognitivas fundamentales. Cuando se escribió este libro, esta inquietud era una hipótesis prudente. Hoy empieza a ser un hallazgo razonado. En junio de 2025, el MIT Media Lab difundió el estudio *Your Brain on ChatGPT* (Kosmyna y cols.), que registró mediante electroencefalografía la actividad cerebral de 54 participantes al escribir con ChatGPT, con un buscador o sin ayuda alguna: quienes se apoyaron en el modelo mostraron menor conectividad neuronal y peor recuerdo de lo que habían escrito, y rindieron por debajo del resto cuando después se les pidió trabajar sin asistencia, un patrón que los autores bautizaron como «deuda cognitiva». Un estudio independiente de Gerlich (2025), con 666 participantes, asoció el uso intensivo de estas herramientas con una menor capacidad de pensamiento crítico, mediada por la descarga cognitiva. Ambos trabajos exigen cautela

—el del MIT es una preimpresión aún no arbitrada y de muestra pequeña—, pero su relación es difícil de ignorar.

Y he aquí lo decisivo: esa misma evidencia señala, precisamente, como remedio lo que este libro propone. Los estudios coinciden en que el daño no proviene de la herramienta, sino de su uso pasivo, desmedido y sin guía. Cuando la IA se emplea de forma reflexiva y crítica —y, significativamente, cuando el estudiante ejerce primero sus propias capacidades y solo después incorpora la máquina—, el pensamiento no se atrofia, sino que se potencia. Es exactamente la tesis central de la obra: la IA generativa no sustituye al docente, sino que amplía sus capacidades siempre que se use desde una perspectiva ética, crítica y mediada por un maestro. El docente como mentor no es una figura nostálgica; es, según los primeros datos empíricos, la condición para que la tecnología eduque en lugar de anestesiar.

Sí, algunos datos de este libro han envejecido y ningún texto sobre IA puede evitarlo. Pero el temor a la falta de novedad puede confundir el mapa con el territorio. Lo que el lector no encontrará envejecido son las preguntas: cómo enseñar sin delegar el pensamiento, cómo evaluar sin renunciar al juicio, cómo aprovechar una herramienta poderosa sin dejar que piense por nosotros. En un paisaje que cambia más rápido de lo que cualquier catálogo puede seguir, esta obra no aspira a ser un inventario de lo sucedido, sino una brújula que oriente.

Le invito, pues, a leer las páginas no como la fotografía de un instante ya pasado, sino como un modo de pensar que el tiempo —contra todo pronóstico— no ha hecho sino confirmar.

Fuentes consultadas para esta actualización

- Comisión Europea. Reglamento (UE) 2024/1689 (Ley de IA), en vigor desde el 1 de agosto de 2024. La educación figura

como ámbito de «alto riesgo» (Anexo III). <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>

- Gerlich, M. (2025). AI Tools in Society: Impacts on Cognitive Offloading and the Future of Critical Thinking. *Societies*, 15(1), 6.
- Kosmyna, N. y cols. (2025). Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt when Using an AI Assistant for Essay Writing Tasks. MIT Media Lab (preimpresión en arXiv, junio de 2025).
- OCDE (2026). OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education. OECD Publishing, París. <https://doi.org/10.1787/062a7394-en>
- OpenAI (2025). Lanzamiento de GPT-5 (agosto de 2025). DeepSeek (2025). Modelo de razonamiento DeepSeek-R1 (enero de 2025).
- Sutra del Diamante (Vajracchedikā Prajñāpāramitā Sūtra), sección 32 (應化非真分), verso final; trad. al chino de Kumārajīva, ca. 402 d.C.
- UNESCO (2023). Guidance for Generative AI in Education and Research (Miao y Holmes).
- UNESCO (2024). AI Competency Framework for Teachers y AI Competency Framework for Students.
- UNESCO (2025). AI and Education: Protecting the Rights of Learners (Semana del Aprendizaje Digital 2025).

Nota: las versiones concretas de los modelos, sus cifras de desempeño y los calendarios regulatorios seguían evolucionando al cierre de esta edición (julio de 2026); se recomienda al lector contrastarlos con las fuentes primarias citadas.



“Inteligencia Artificial Generativa en el aula: Desafíos y ventajas” es una puerta de entrada a un futuro en el que la IA deja de percibirse como amenaza y se consolida como aliada en la formación integral de nuestros estudiantes. Ofrece una visión audaz, práctica y crítica sobre cómo la IA puede —y debe— formar parte esencial de la educación moderna. A lo largo de sus páginas, los lectores hallarán información valiosa e inspiración para liderar el cambio desde sus propias aulas.

Esta obra es más que un libro: es un llamado a la acción para integrar la IA generativa en los procesos pedagógicos. Conjuga pedagogía y tecnología en un enfoque equilibrado que combina teoría y práctica, y se presenta como herramienta indispensable para todo educador comprometido con el futuro de sus estudiantes y la evolución de la enseñanza en la era digital. Su lectura no solo es recomendable, sino también clave para quienes aspiran a forjar un mundo más inclusivo, equitativo y preparado para los retos del mañana, en el que tecnología y aprendizaje convivan armónicamente.

ISBN (Digital): 978-628-7937-00-0

