

# La inteligencia artificial generativa y la educación universitaria

¿Salió el genio de la lámpara?

MELCHOR SÁNCHEZ MENDIOLA\*

ERIK CARBAJAL DEGANTE\*\*

La inteligencia artificial generativa (IAG) ha adquirido gran relevancia en todo el mundo. El objetivo de este escrito es proveer elementos para la discusión académica sobre IAG y su potencial educativo, así como analizar críticamente sus ventajas y desventajas. Las implicaciones para su uso educativo están empezando a ser identificadas. Ninguna innovación había tenido una difusión tan rápida como estas herramientas, cuyo principal ejemplo es ChatGPT. Esto ha generado una brecha entre las expectativas de la comunidad educativa y la evaluación formal de su impacto real en actividades de enseñanza y aprendizaje, en virtud de que las investigaciones formales sobre su uso apenas comienzan. Se concluye que estas herramientas tienen un gran potencial educativo, así como limitaciones y posibles efectos negativos que deben ser analizados con rigor académico por los diversos actores que participan en el acto educativo, para que docentes, estudiantes e instituciones educativas las aprovechen adecuadamente.

## Palabras clave

Inteligencia artificial

Informática

Informática educativa

Tecnologías de la información y la comunicación

Software educativo

DOI: <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2023.Especial.61692>

\* Profesor de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (México). Doctor en Ciencias de la Educación. Líneas de investigación: evaluación educativa; informática biomédica; innovación educativa. Publicación reciente: (2023, en coautoría con A. Manzano-Patiño, M. García-Minjares, E. Buzo Casanova, C. Herrera Penilla, K. Goytia-Rodríguez y A. Martínez-González), "Large-Scale Diagnostic Assessment in First-year University Students: Pre- and transpandemic comparison", *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11092-023-09410-9> CE: melchorsm@unam.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9664-3208>

\*\* Investigador en la Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia (CUAIEED) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (México). Doctor en Ciencias e Ingeniería de la Computación. Líneas de investigación: análisis de señales; inteligencia artificial; procesamiento de lenguaje natural. Publicación reciente: (2023, en coautoría con M. Hernández Gutiérrez y M. Sánchez-Mendiola), "Hacia revisiones de la literatura más eficientes potenciadas por inteligencia artificial", *Investigación en Educación Médica*, vol. 12, núm. 47, pp. 111-119. DOI: <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2023.47.23526>. CE: erik\_carbajal@cuaieed.unam.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1532-9322>

Con mucho, el mayor peligro de la inteligencia artificial es que las personas concluyen demasiado pronto que la entienden

ELIEZER YUDKOWSKY

## INTRODUCCIÓN

Con el advenimiento de las herramientas de inteligencia artificial generativa (IAG), el año 2023 se ha consolidado como el año de la inteligencia artificial (IA). El ejemplo más famoso es ChatGPT (Maslej *et al.*, 2023; Pelletier *et al.*, 2022). En una especie de “pánico moral” la comunidad académica global ha respondido a este fenómeno de forma heterogénea y en gran parte reactiva, con reacciones que van desde la incredulidad, el temor y un profundo rechazo, hasta la sensación de que vivimos el cambio más disruptivo que ha ocurrido en el último siglo (García-Peñalvo, 2023; Kasneci *et al.*, 2023). La construcción de la realidad de la sociedad moderna es compleja, ya que se alimenta de diferentes fuentes —muchas de ellas poco confiables— y a través de diversas lentes perceptuales, lo que hace virtualmente imposible tener un panorama completo y objetivo de los efectos de dicho cambio. El objetivo de este escrito es proveer una síntesis de elementos para alimentar la discusión académica sobre IAG y su potencial educativo, así como analizar críticamente las ventajas y desventajas del uso de estas herramientas.

La IA no es nueva; tiene más de medio siglo de estar presente en los escenarios de investigación y desarrollo tecnológico, con altibajos e “inviernos de IA” en los que periódicamente disminuyen la visibilidad, el financiamiento y el desarrollo (Jiang *et al.*, 2022; Maslej *et al.*, 2023). Durante estas décadas, generaciones de académicos han estado expuestos a todo tipo de predicciones, algunas fatalistas y otras excesivamente optimistas, lo que ha resultado en un “sano escepticismo” cuando aparecen noticias espectaculares sobre el tema en medios de comunicación. Lo que ocurre actualmente rebasa todas las experiencias anteriores, por lo que amerita tomarse en serio para aprovechar sus virtudes y manejar sus potenciales efectos adversos.

Para ello es menester familiarizarse con el lenguaje que se utiliza en este campo tecnológico. Existen varias definiciones de IA, por ejemplo: “la habilidad de un sistema para interpretar correctamente datos externos, aprender de dichos datos, y usar ese aprendizaje para lograr metas específicas y tareas a través de adaptación flexible” (Kaplan y Haenlein, 2019: 15); “cualquier técnica que permita a las computadoras imitar el comportamiento humano” (Jiang *et al.*, 2022: 5); hasta aproximaciones sencillas como “automatización basada en asociaciones” (U.S. Department of Education-Office of Educational Technology, 2023: 1). La esencia del concepto es que las computadoras realicen tareas que asemejen la actividad de pensar de forma parecida a la humana, con habilidades para aprender y tomar decisiones. El campo de la IA se ha ampliado con una explosión de publicaciones y la proliferación de asociaciones gremiales y congresos, así como con la expansión transversal en múltiples áreas del conocimiento, lo que ha dado lugar a un bosque conceptual y terminológico en el que es difícil ver el bosque por los árboles

(Regona *et al.*, 2022; U.S. Department of Education-Office of Educational Technology, 2023). La expresión IA se ha convertido en un término “paraguas” en el que caben muchas cosas, por ejemplo: procesamiento natural del lenguaje, aprendizaje de máquinas, robótica y sistemas expertos, lo que hace difícil que una persona pueda comprender todo lo que abarca. Por ello es importante aproximarse a glosarios de IA para educadores (Ruiz y Fuso, 2023).

En el campo de la IA existe un área llamada *machine learning* (aprendizaje de máquinas o automático, AM) en el que las computadoras son capaces de aprender sin haber sido programadas de manera explícita para ello a través del acceso a grandes cantidades de datos. En el AM hay otro concepto fundamental, *deep learning* (aprendizaje profundo, AP), el cual, en el contexto de las ciencias de la computación, tiene un significado técnico diferente al usado en pedagogía, pues se refiere al uso de modelos de aprendizaje basados en redes neuronales para realizar tareas como reconocimiento de palabras o de imágenes (Maslej *et al.*, 2023).

Otro concepto pertinente es inteligencia artificial generativa (IAG), rama de la inteligencia artificial (IA) que se refiere a la generación de contenido original (texto, imágenes, video, sonido) a partir de datos que ya existen y en respuesta a comandos o *prompts* (Lim *et al.*, 2023). Estos modelos aprenden patrones y estructuras de los datos que se les proporcionan y crean contenido nuevo similar a los datos de entrenamiento. La IAG puede ser *unimodal*, cuando tiene un solo tipo de entrada (por ejemplo, texto), o *multimodal*, que puede recibir varias entradas (como imágenes y texto). En los últimos años ocurrieron avances espectaculares en estas áreas del conocimiento con la aparición de “modelos de lenguaje masivos” (LLM, por sus siglas en inglés: *large language models*), modelos de gran tamaño que a través de redes neuronales son entrenados para aprender y reproducir la estructura del lenguaje. Con estos modelos es posible realizar procesamiento de lenguaje natural, traducción y generación automática de textos, lo que ha dado lugar a diferentes generaciones de lo que se llama “GPT” (Rudolph *et al.*, 2023; Sabzalieva y Valentini, 2023):

- Generativo: predice la siguiente palabra.
- Pre-entrenado: entrenado previamente con grandes volúmenes de datos.
- Transformador: codificador-decodificador basado en redes neurales.

El ChatGPT se basa en un modelo con sintonía fina para conversaciones; fue creado por la empresa OpenAI, en San Francisco (OpenAI, 2023a). ChatGPT 3.5 fue liberado al público el 30 de noviembre de 2022, y por su sencilla interfaz, rapidez y calidad de respuestas comenzó a ser usado por una gran cantidad de personas. En cinco días alcanzó un millón de usuarios, y en dos meses llegó a cien millones, convirtiéndose en la innovación tecnológica más rápidamente adoptada en la historia de la humanidad, al superar a Netflix, TikTok, etc. (Rudolph *et al.*, 2023; Chow, 2023). Los altos niveles de antropomorfismo que despliegan las herramientas de IAG actuales, como

la versión 4.0 de ChatGPT, han contribuido a su éxito (Choudhury y Shamszare, 2023). En 2023 el ChatGPT ha dominado la conversación en medios masivos de comunicación, redes sociales y círculos académicos y, a la vez, ha generado sorpresa, inquietud, miedo y esperanza (Bozkurt *et al.*, 2023).

## ¿CÓMO FUNCIONA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA?

La portabilidad y versatilidad de las herramientas de IA han capturado la atención en todo el mundo; es posible utilizar una aplicación de IA con múltiples fines, como entretenimiento, productividad o aprendizaje. Por un lado, ciertas aplicaciones pueden considerarse maleables al ser empleadas en tareas de naturaleza rutinaria como búsqueda, clasificación y organización de información; a este enfoque se le conoce con el nombre de IA discriminativa, por su capacidad de análisis sobre datos existentes. Sin embargo, es la capacidad generativa de algunos modelos para crear elementos multimedia artificiales lo que ha convencido a muchos usuarios de experimentarlos en su vida y llevarlos a sus áreas de trabajo. En este sentido, un grupo cada vez mayor de usuarios se enfrenta a los desafíos de la IAG en el ámbito laboral, social y educativo.

Normalmente, un sistema de IA aprende a través de un planteamiento asociado a la estructura de los datos (Oladipupo, 2010). Por ejemplo, el llamado aprendizaje supervisado representa un paradigma arduo en el que los datos son masivos y deben ser etiquetados manualmente. Con esto, el sistema es capaz de detectar automáticamente rasgos característicos de la información etiquetada, por lo que se considera que la supervisión humana es un factor en su desarrollo. Por otro lado, el aprendizaje no supervisado efectúa sus procesos de entrenamiento a través de datos sin etiqueta, lo que ocasiona que su rendimiento sea subjetivo debido a la falta de una representación explícita proporcionada por el humano. La alternativa del aprendizaje por refuerzo provee un panorama en el que el sistema aprende a medida que interactúa con su entorno; su funcionamiento se asemeja a los mecanismos de prueba y error. Además de estos tipos de aprendizaje, se ha recurrido a enfoques híbridos para abordar tareas complejas que aprovechan las fortalezas individuales y generan una metodología más integral.

La disyuntiva de elegir entre los diversos mecanismos de aprendizaje de máquina genera desafíos importantes relacionados con la naturaleza del problema. Los recursos disponibles de *hardware* dan la pauta para que el rendimiento y la eficiencia impacten significativamente en el despliegue y la escalabilidad de los modelos, además de la capacidad de almacenamiento y tratamiento de la información. Esto quiere decir que un mayor poder de cómputo amplía las posibilidades de procesamiento hasta el punto de sentar las bases de una teoría autónoma de aprendizaje de máquina que nos guíe hacia un nuevo enfoque de autosupervisión. Se estima que tal avance puede mejorar la capacidad de generalización y adaptación de las máquinas, al apoyarse en las teorías del aprendizaje humano (Gibson *et al.*, 2023).

En el ámbito computacional, el concepto de aprendizaje autosupervizado es la manera en que un sistema se autoenseña sobre cómo funciona el mundo a través de ejemplos prácticos y aplicados. La idea en la que dos redes neuronales se comunican y compiten entre sí por mejorar sus capacidades sentó las bases del funcionamiento de los mecanismos de autosupervisión (Goodfellow *et al.*, 2014). Este planteamiento generó un hito importante en la IAG a través del concepto de redes neuronales antagónicas (conocidas como GAN, por sus siglas en inglés: *generative adversarial networks*). Básicamente, mientras una red neuronal, llamada generador, se enfoca en producir contenido de alta calidad que engañaría al ser humano creyendo que es real, la otra red, llamada discriminador, se entrena para distinguir si son elementos generados artificialmente. La competencia interna en los procesos generadores y discriminadores de las redes antagónicas imita la prueba de Turing llevada a cabo en un sistema automático cerrado, hasta llegar a un estado estacionario en el que el discriminador es engañado y, finalmente, cede, con lo que se produce contenido con propiedades realistas, pero generado artificialmente.

Cuando se habla de IAG se espera establecer una clasificación de acuerdo con el tipo de información que produce y la tarea asignada a cada técnica. Además de lo que se ha mencionado previamente sobre las GAN, su capacidad de generación se enfoca en aprender de manera precisa cómo lucen los datos con el fin de generar datos nuevos aparentemente inexistentes. El término “aparente” implica, por un lado, la certeza de que la información generada no se encuentra directamente asociada a los procesos de entrenamiento internos del modelo, pero al mismo tiempo mantiene la calidad y coherencia de los datos utilizados. Esto permite evitar el denominado sesgo algorítmico (Danks y London, 2017) y proporcionar contenido novedoso que podemos asociar a un dato existente en nuestra realidad.

El principio de funcionamiento de la IAG es también adoptado por los *autoencoders* variacionales (VAE, por sus siglas en inglés: *variational autoencoders*) que, al igual que las GAN, orientan su funcionamiento mediante dos etapas: codificación y decodificación (Kingma y Welling, 2019). Tanto los VAE como las GAN se destacan por su gran efectividad al generar contenido multimedia de tipo imagen, video, audio y voz, por lo que también han sido utilizadas con fines que atentan contra la privacidad y falsifican información (Korshunov y Marcel, 2018). Por otro lado, en la disciplina del procesamiento de lenguaje natural, los LLM (Zhao *et al.*, 2023) han surgido como otra herramienta que cumple con los fundamentos de operación de la IAG. Su capacidad para generar texto les brinda amplia utilidad en una gama variada de tareas relacionadas con redacción, corrección, traducción e incluso generación de código de programación. Los atributos de los LLM han mostrado indicios de una comprensión lectora de máquina asociada a la habilidad de procesar información textual similar a como lo haría un ser humano (Sejnowski, 2023), con tiempos de procesado menores, pero que incitan a la operabilidad en un marco ambiguo de información fidedigna, lo que causa las llamadas alucinaciones (Ji *et al.*, 2023).

## IMPLICACIONES EDUCATIVAS DE LA IAG EN EDUCACIÓN UNIVERSITARIA

La irrupción del ChatGPT y de herramientas similares de IAG en el mundo educativo ha tenido respuestas interesantes, desde el rechazo hasta la adopción irreflexiva. El hecho es que la disponibilidad global de estas herramientas de uso sencillo, gratuitas o de bajo costo, genera oportunidades para actividades de aprendizaje, enseñanza y evaluación. La comunidad de profesores, líderes educativos y estudiantes no debe quedarse pasmada ante un evento de esta magnitud, que puede convertirse en una oportunidad perdida. Es indispensable reflexionar sobre el tema y aprender a utilizar estas herramientas con eficacia, profesionalismo y ética, así como dialogar con pares académicos, estudiantes y autoridades sobre las acciones a tomar a corto y largo plazo, para su adecuada implementación en beneficio del estudiantado (Baidoo-Anu y Ansah, 2023; Bozkurt *et al.*, 2023).

Desde la perspectiva de las y los docentes, existe gran cantidad de recursos para el uso pedagógicamente correcto de ChatGPT y herramientas de IAG, con colecciones disponibles en la red de materiales de acceso abierto orientados a la práctica educativa (Kasneci *et al.*, 2023; Kukulska-Hulme *et al.*, 2023; Mollick y Mollick, 2023; Nerantzi *et al.*, 2023; Herft, 2023). Es importante hacer notar que el profesorado está saturado en varias dimensiones: académica (mantenerse al día, seguir los planes y programas de estudio, evaluar el aprendizaje del estudiantado), administrativa (registro de asistencia y desempeño del estudiantado, elaboración de reportes), así como personal y familiar (en la época post-pandemia por COVID-19 se continúa viviendo una situación precaria en lo económico y la salud, lo que impacta a la esfera inmediata del docente). Todo ello ha incrementado la incidencia de *burnout* (desgaste profesional) y alteraciones en las esferas mental y socioafectiva (Gómez-Domínguez *et al.*, 2022). Por lo anterior es importante identificar las posibilidades que brindan las herramientas de IAG para aliviar esta sobrecarga de tareas y utilizarlas como una ayuda que permita liberar tiempo para dedicarlo a la faceta humana de la docencia.

Algunos ejemplos de uso de IAG por el profesorado que se han comenzado a aplicar son los siguientes: analizar los escritos y las respuestas de los estudiantes a evaluaciones formativas y sumativas, como ensayos, preguntas de selección múltiple o de respuesta construida; crear exámenes formativos y sumativos de complejidad variable, dirigidos al nivel cognitivo y de avance curricular de los estudiantes; proporcionar retroalimentación personalizada, ya que una de las principales quejas de los estudiantes es que no reciben suficiente retroalimentación en calidad y cantidad; planear la estructura didáctica de las clases mediante el diseño de actividades que estén alineadas con el currículo; crear actividades de aprendizaje problematizadoras; asistir con mayor eficacia a los estudiantes con problemas de aprendizaje; analizar trabajos científicos y cualquier tipo de publicaciones para desarrollar habilidades de pensamiento crítico; generar propuestas de proyectos de investigación con niveles progresivos de complejidad; diseñar actividades de

desarrollo profesional personal a través de la evaluación de necesidades, individual o colectiva; diseñar instrumentos que permitan ahorrar tiempo en tareas repetitivas, como la elaboración de esquemas de cursos, sesiones de clase y asignación de tareas; utilizarlas como medios para que los estudiantes realicen actividades de análisis y aprendizaje; utilizar IAG como ayudante del profesor; desarrollar funciones de tutoría personalizada; implementar roles de ayuda para proyectos colaborativos; elaborar espacios exploratorios interdisciplinarios, entre otros descritos en la literatura (Bozkurt *et al.*, 2023; Farazouli *et al.*, 2023; Kasneci *et al.*, 2023; Kukulska-Hulme *et al.*, 2023; Nerantzi *et al.*, 2023; Herft, 2023).

Todas estas acciones pueden tener efectos no deseados en el proceso educativo, por lo que se recomienda integrarlas en las actividades de enseñanza con planeación didáctica y pedagógica sólida, fundamentadas, en lo posible, en evidencia publicada o en consejos de docentes que hayan experimentado con las herramientas, para así potenciar sus efectos positivos y minimizar los negativos. Ethan Mollick propuso cinco estrategias efectivas, basadas en evidencia, para el uso de IAG en el aula, que incluyen el uso adecuado de los comandos o *prompts* (se requiere desarrollar destreza para elaborar las peticiones, preguntas o retos que se plantean a las máquinas) y descripciones detalladas de su aplicación en la práctica: 1) proveer ejemplos múltiples con explicaciones; 2) descubrir y atender las ideas equivocadas y preconcebidas de los estudiantes; 3) evaluaciones frecuentes de bajo impacto; 4) evaluación para el aprendizaje; 5) práctica distribuida (Mollick y Mollick, 2023).

En cuanto a las oportunidades para el uso de estas herramientas por las y los estudiantes, pueden considerarse las siguientes actividades: desarrollar habilidades de escritura y lectura; utilizar herramientas como “Copiloto” o compañero de estudio; generar preguntas, análisis y solución de problemas; aprender idiomas e interpretar lenguajes y culturas; generar hipótesis y problemas; comprender problemas y diseñar estrategias de solución; autoevaluar y evaluar por pares; organizar y sintetizar material de todo tipo; analizar escritos críticamente; desarrollar habilidades de investigación; definir estrategias para aprendizaje colaborativo, en línea o híbrido; actividades de empoderamiento de estudiantes con capacidades diferentes; actividades para un aprendizaje personalizado, entre otras (Bozkurt *et al.*, 2023; Kasneci *et al.*, 2023; Kukulska-Hulme *et al.*, 2023; Nerantzi *et al.*, 2023). No se trata de preguntarse si los estudiantes utilizarán o no estas herramientas tecnológicas para sus actividades personales y académicas, sino de cómo ayudarlos y orientarlos a emplearlas de forma profesional, ética y abierta. Prohibir su uso y partir de la premisa de que sólo las utilizarán para hacer trampa o buscar “atajos” de aprendizaje no funcionará, como se ha demostrado con la adopción de innovaciones tecnológicas previas.

## APLICACIONES DE LA IAG EN INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Es importante destacar que la aplicación y el impulso de la IAG en investigación educativa debe ser guiada por principios éticos, metodologías de



investigación sólidas y consideraciones pedagógicas, con el objetivo claro y congruente de optimizar las tareas realizadas en investigación. El propósito de conocer detalladamente el panorama actual de una situación o caso de estudio, exponer ciertos elementos de interés hallados en la literatura (planteados por el estado del arte) y publicar las nuevas ideas que arroja un proceso sistemático y riguroso de investigación permite adentrarse en la problemática vinculada y generar propuestas fundamentadas a raíz de los desafíos analizados. Desde la concepción e inmersión del problema hasta la difusión del conocimiento, la IAG muestra beneficios considerables al abrir el panorama de las y los investigadores con lluvias de ideas, postulación de preguntas de investigación, esclarecimiento de hipótesis, propuestas de diseño, generación de datos artificiales, ejecución de estudios, codificación de datos, formulación de metaanálisis, predecir comportamientos, identificar elementos relevantes e, incluso, brindar soporte en la correcta redacción de escritos para diversos idiomas (Sabzalieva y Valentini, 2023). Está disponible un reporte con más de 350 aplicaciones de IAG con taxonomía estructurada y descripciones concisas (Gozalo-Brizuela y Garrido-Merchán, 2023).

La comunidad internacional de investigadores está atenta al uso de ChatGPT en el proceso de escribir y publicar, con diversas opiniones y sugerencias para el uso adecuado de las herramientas. El potencial de su uso es amplio: creación de organizadores, esquemas y diagramas; incrementar la velocidad de escribir borradores y manuscritos; identificar inconsistencias en los estudios y los resultados; generar hipótesis alternativas y plausibles; analizar e interpretar trabajos publicados; mejorar la escritura en otros idiomas; proporcionar ejemplos; dar retroalimentación al autor sobre sus escritos; traducir documentos, entre otros (Huang y Tan, 2023). Es fundamental estar alerta a las limitaciones de este tipo de herramientas, como los sesgos algorítmicos que pueden generar información tendenciosa, así como las alucinaciones o generación de datos inventados y falsos. Las principales organizaciones de publicación académica advierten sobre el uso inadecuado de ChatGPT como coautor de artículos científicos, como ha comenzado a ocurrir en algunas revistas científicas, y la aparición de “fábricas de artículos” con IA (Castellanos-Gomez, 2023; Committee on Publication Ethics, 2023).

Es evidente que el máximo aprovechamiento de la IAG se logra cuando se establece una relación sinérgica con las y los investigadores que ejecutan las tareas de dirección y supervisión. El trabajo en conjunto mejora la productividad, ya que libera el tiempo invertido en tareas repetitivas realizadas en la metodología tradicional sistemática de búsqueda y revisión de la información (Carbajal-Degante *et al.*, 2023), además de que potencia la creatividad y exploración de nuevas perspectivas que complementen su estudio para generar trabajos en la comunidad científica.

## EL “LADO OSCURO” DE LA IAG

Los retos asociados con la IAG son significativos y evolucionan rápidamente al ser una disciplina reciente. Una amplia gama de factores amenaza el uso



correcto y responsable de esta tecnología, los cuales se producen a raíz de desinformación o del uso malintencionado. Muchos de los riesgos y consecuencias asociadas se pueden describir como procesos paradójicos debido a las contradicciones y desafíos inherentes desde su concepción hasta su realización.

Se sabe que el éxito de los sistemas basados en IA recae íntegramente en la abundancia de los datos. La representatividad y la organización de los mismos influye directamente en la capacidad de ejecutar determinada tarea, sin embargo, los sistemas con tendencias generadoras no están diseñados ni obligados (hasta el momento) a cumplir con los lineamientos generales de protección de datos u otras leyes de derechos de autor. Esta libertad de procesamiento permite que los sistemas de IAG demuestren un desempeño asombroso al producir material innovador, pero con riesgos relacionados con el uso contextual de la información, ya que las instrucciones explícitas de salvaguardar la dignidad humana no están directamente establecidas ni se tiene claridad de cómo incorporarlas. De ahí las siguientes paradojas:

*Paradoja: generalización vs. sesgo.* Un problema que ha aquejado desde sus inicios a la IA es la correcta comunión entre sesgo y varianza (del inglés *trade-off bias-variance*) (Neal *et al.*, 2019). La idea es evitar una tendencia simplista donde la información no se encuentre ajustada a los datos de entrenamiento y que pueda generalizar de manera efectiva a nuevos datos. El problema del sesgo va más allá de producir información inoperante, ya que incurre en actos discriminatorios por ser susceptible de replicar incluso los sesgos humanos. Asegurarse de que los datos utilizados son íntegros y reflejan la diversidad del mundo propicia la generalización de un comportamiento adecuado, pero ¿hasta qué nivel una máquina puede ser íntegra si no conoce todas las vertientes de la naturaleza humana?

*Paradoja: transparencia vs. privacidad.* Se espera que un sistema inteligente cumpla con el principio ético de promover el acceso libre a la información y a las funcionalidades del sistema sin restricciones, a la vez que preserva la privacidad de los usuarios. Esta paradoja radica en encontrar un equilibrio entre el acceso a la información y la salvaguarda de los datos a través de prácticas de anonimización y el establecimiento de protocolos de seguridad. ¿Un sistema restringido por ciertas reglas de privacidad suscita la transparencia?

*Paradoja: explicabilidad vs. complejidad.* Uno de los mayores retos es que los humanos no entendemos todo lo que supuestamente están aprendiendo las plataformas, ni se está seguro de lo que deberían aprender. Se han creado enfoques de aprendizaje que, en su mayoría, extraen inferencias a partir de los datos mediante cierta lógica proporcionada por el razonamiento humano, sin embargo, hay estudios que demuestran que en el espacio latente de características (espacio donde se generan los elementos distinguibles dentro de las redes neuronales), existe una lógica alternativa que no podemos entender del todo (Linardatos *et al.*, 2020). Entonces, ¿un sistema que no obedezca el pensamiento humano significa que no piensa? En este sentido, la

explicabilidad de los sistemas de IA (conocida como XAI) es fundamental para comprender las razones detrás de las decisiones tomadas por las máquinas, así como para evaluar la coherencia de sus capacidades autónomas. El objetivo siempre ha sido el mismo: solicitar un mayor apoyo de las máquinas en las áreas en las que el humano lo necesite. Esto implica desarrollar arquitecturas cada vez más robustas, precisas y complejas con el riesgo inherente de caer en dependencia sin haber alcanzado una interpretación clara de su funcionamiento.

El discurso actual con respecto a la IAG y las paradojas que emergen de su estudio incita a plantear dos puntos de vista en torno al ámbito educativo: uno que trae consigo disrupción del sistema educativo, y otro que es un escenario de oportunidad para mejorar la calidad y que coexiste como recurso transformador (Lim *et al.*, 2023). Es crucial instruirse sobre los riesgos antes mencionados de manera proactiva con el fin de proponer las medidas de seguridad correspondientes y las políticas adecuadas. Se requiere fomentar el uso responsable en una era que impulsa la ciencia abierta y promueve la enseñanza de los valores éticos a las máquinas, sin tratar de obstaculizar su desempeño.

## RECOMENDACIONES PARA EL USO DE LA IAG EN EDUCACIÓN

El campo de la IAG se está expandiendo de manera rápida, dinámica y compleja, por lo que es importante tratar de mantenerse al día en el tema e incorporar de forma intencional y estratégica su implementación en la educación y evaluación. Los diversos actores del acto educativo que enfrentan los retos de la IAG en enseñanza y aprendizaje interactúan de forma compleja y multidimensional, por lo que se requiere una aproximación adecuada, con cimientos teórico-conceptuales, que se acompañe de trabajos de investigación educativa que informen del proceso.

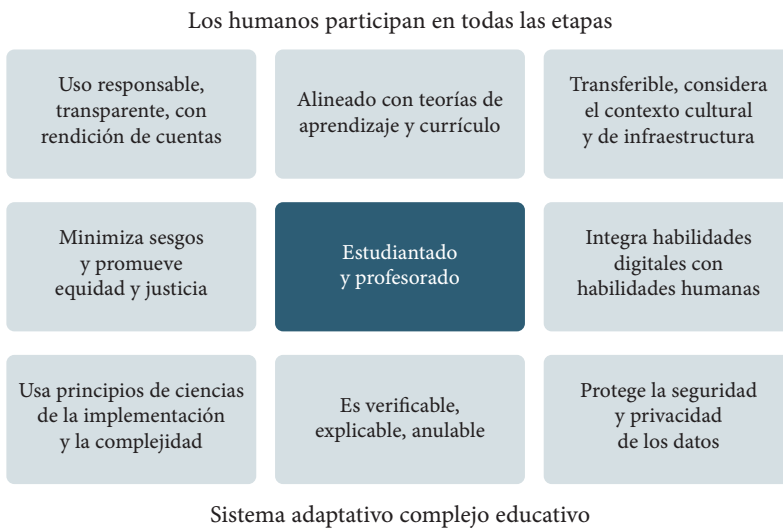
De la revisión de la literatura sobre el tema hasta julio de 2023, se desprende una gran cantidad de recomendaciones para docentes, estudiantes, instituciones educativas y entidades gubernamentales sobre el uso de la IAG en enseñanza, aprendizaje y evaluación, de las que aquí enfatizamos las siguientes (Baidoo-Anu y Ansah, 2023; Bozkurt *et al.*, 2023; Chiu *et al.*, 2023; Giannini, 2023; Kasneci *et al.*, 2023; Mhlanga, 2023; Nguyen *et al.*, 2023; Ouyang *et al.*, 2022; Pelletier *et al.*, 2022; Salas-Pilco y Yang, 2022; UNESCO, 2023a; UNESCO, 2023b; U.S. Department of Education-Office of Educational Technology, 2023):

- Priorizar en todo momento los aspectos educativos fundamentales (bases teóricas y marcos conceptuales educativos) para que la tecnología sea un auxiliar y complemento que no reemplace los aspectos pedagógicos y didácticos básicos.
- Desarrollar una competencia mínima en IA a través de actividades de formación docente, difusión y divulgación del tema, acompañadas de proyectos de definición de las habilidades de IA necesarias en la era moderna (Long y Magerko, 2020).

- Planear, desarrollar, implementar y evaluar actividades de formación docente con las principales herramientas de IAG, poniendo énfasis en aquéllas que son de acceso abierto o de bajo costo.
- Reconocer los potenciales y limitaciones de estas herramientas y diseñar estrategias preventivas que mitiguen su uso inapropiado y poco ético, así como identificar los retos todavía no resueltos, como las llamadas “alucinaciones” y resultados falsos o inventados (Rudolph *et al.*, 2023).
- Elaborar e implementar políticas departamentales, institucionales, nacionales e internacionales sobre su uso en educación y en evaluación.
- Desarrollar investigación formal con metodología rigurosa sobre su uso y desarrollo, así como hacer del conocimiento de la comunidad internacional los resultados con oportunidad, de preferencia en formatos de acceso abierto o bajo costo.
- Incluir, en los planes y programas de estudio formales, competencias, habilidades o contenidos relacionados a esta temática, integrados con las particularidades de cada disciplina (Sánchez-Mendiola *et al.*, 2013).
- Crear grupos de trabajo en las instituciones que, de forma longitudinal y con perspectiva académica, puedan orientar a las comunidades docentes y estudiantiles en el uso de estas herramientas.
- Compartir material y experiencias con otros docentes e instituciones, como lo están haciendo grupos internacionales (Nerantzi *et al.*, 2023; OpenAI, 2023b; Sabzalieva y Valentini, 2023).
- Trabajar en equipo con el estudiantado para explorar su uso y limitaciones: incluirlos desde el inicio en el necesario proceso de diálogo sobre estos complejos temas, para llegar a acuerdos consensuados.
- Mantenerse actualizados en el tema, asunto no trivial en estas épocas en las que prácticamente cada semana ocurren avances importantes. Un ejemplo interesante es la alianza GRAILE (Global Research Alliance for AI in Learning and Education), que genera actividades y recursos de acceso abierto sobre el uso de IA en educación (GRAILE, 2023).
- No confiar ciegamente en las herramientas. Su aparente calidad en los productos da la impresión de certeza, pero se debe incluir siempre a la inteligencia y experiencia humanas en el ciclo de desarrollo y evaluación de estos recursos.
- Tener claridad sobre el reto que implica el desfase entre los avances tecnológicos encabezados por unas cuantas empresas del Norte global, cuyas intenciones no son transparentes para el resto de la sociedad y que pueden estar motivadas por el beneficio financiero, para estar alertas a su uso inadecuado con apropiación de información privada de la ciudadanía. Los países con economías emergentes y del Sur global deben aprovechar al máximo estas herramientas y privilegiar las de acceso abierto y bajo costo, así como dedicar recursos locales al desarrollo de tecnologías que incorporen las necesidades contextuales.
- Cuidar los aspectos éticos, de derechos de autor, privacidad de datos y confidencialidad (Mhlanga *et al.*, 2023; Nguyen *et al.*, 2023; The White House- Office of Science and Technology Policy, 2023).

- Diseñar estrategias para mitigar o cerrar la creciente brecha digital y de competencias en IA que, en lugar de resolverse, parece ir en aumento en la era post-pandemia (Trucano, 2023; UNESCO, 2023b).
- La lista de recomendaciones sobre el tema elaborada por el Departamento de Educación de los Estados Unidos hace las siguientes sugerencias: enfatizar sobre lo indispensable que es mantener a los humanos “en el *loop*” (involucrados en todas las etapas del proceso); alinear modelos de IA con una visión compartida para la educación; diseñar las herramientas usando principios modernos de aprendizaje; priorizar el fortalecimiento de la confianza de la sociedad y la comunidad universitaria; informar a las y los educadores e involucrarlos en la toma de decisiones; atender el tema con proyectos de investigación y desarrollo, de acuerdo a los contextos, para así potenciar la confianza y seguridad; desarrollar guías y barreras de protección (U.S. Department of Education-Office of Educational Technology, 2023). En la Fig. 1 se presenta un esquema de las características que debe de incluir el uso de estas herramientas en educación, con el estudiantado y profesorado como núcleo central.

*Figura 1. Características deseadas de las herramientas y sistemas de IA en la educación*



*Fuente:* adaptado de: Greenhalgh *et al.* (2004); U.S. Department of Education-Office of Educational Technology (2023).

## CONCLUSIONES

Los avances en tecnología e IAG avanzan a un ritmo vertiginoso, demasiado rápido comparado con la velocidad de adopción por la comunidad docente. Ello constituye un reto para que las organizaciones educativas y las y los docentes se mantengan a la vanguardia en estos temas, con sus implicaciones

normativas, legales, sociológicas, éticas y culturales, lo que puede generar un ambiente de resignación o de frustración que no contribuye a mejorar el proceso educativo (Lim *et al.*, 2023; UNESCO, 2023b).

La brecha digital existente a nivel mundial, que se ha agravado por cataclismos globales como la pandemia por COVID-19, se complica ahora con una “brecha en IA”. Se requiere un análisis riguroso, así como de la generación de información contextualizada que permita abordar este enorme reto con una perspectiva interdisciplinaria (Bozkurt *et al.*, 2023; Long y Magerko, 2020). Es importante ser realistas y críticos para no ser meros consumidores de las herramientas tecnológicas y de IAG creadas en otros contextos. Es un hecho documentado que las grandes empresas tecnológicas han adquirido un enorme poder a nivel global, con limitada rendición de cuentas, y que realizan acciones que pueden invadir la privacidad y afectar la propiedad intelectual (UNESCO, 2023b). El origen de la IAG y sus diversas herramientas generalmente no tienen fines expresamente educativos, lo que complica la situación de las escuelas, universidades y docentes, que se ven obligados a adaptar, con recursos limitados, el uso de estas herramientas al entorno local, con consecuencias difíciles de evaluar. Aunado a la enorme influencia de las grandes empresas tecnológicas, que siguen su propia lógica, en las instituciones públicas existen limitaciones financieras, de recursos tecnológicos y de recursos humanos especializados. La sociedad se encuentra en una polarización creciente y desconfía de la comunidad científica y académica, lo que obstaculiza reconocer la necesidad de adoptar estas nuevas herramientas para contribuir a mejorar la calidad de la educación. Para enfrentar la situación se requiere creatividad y empoderamiento de los actores docentes y las universidades.

La llamada “agencia” de estudiantes y docentes adquiere una nueva connotación en el mundo actual, con la aparición en escena del concepto “agencia digital”, que puede describirse como un constructo que incluye competencia, confianza y rendición de cuentas digitales, y que consiste en la habilidad de las personas para controlar y adaptarse al mundo digital (Siddiq *et al.*, 2023). Dicha agencia digital puede relacionarse con términos como competencia digital y literacidad digital, entre otros, para dar lugar a un amplio y rico campo de estudio para la comunidad académica.

El “entrenamiento” de instrumentos como ChatGPT es relativamente poco transparente; utiliza volúmenes de datos que de origen son sesgados, desbalanceados, a veces obsoletos, y que pueden contener datos incorrectos o sin referencias adecuadas, por lo que muchos países se encuentran en condiciones de desventaja al no participar en la toma de decisiones sobre la materia prima a utilizar para mejorar el desempeño de la IAG. Es importante que se tome en cuenta al Sur global en estos procesos de escala mundial, para evitar los llamados “sesgos algorítmicos” (Kordzadeh y Ghasemaghaei, 2022). De otra manera seremos como “la orquesta que llega para un concierto con los músicos equivocados, el día equivocado, en el lugar equivocado y con los instrumentos equivocados” (Harden, 1998: 301).

Las tareas que se requieren involucran planeación estratégica, asignación de recursos tecnológicos, financieros y humanos, desarrollo y adaptación

de herramientas de IAG adecuadas a las necesidades locales y nacionales, así como identificación y desarrollo de habilidades y competencias digitales y de IA pertinentes a la educación, para realizar actividades de formación docente e investigación relativas al tema. La necesidad de un mapa de ruta institucional, nacional y global es imperativa. Se debe ligar a la IAG con los avances en educación en línea e híbrida, aprovechar el ímpetu generado por la pandemia en educación a distancia y el uso de la tecnología para vivir estas innovaciones con creatividad y optimismo, sin perder de vista que la tecnología y sus usos no son ideológicamente neutrales.

## REFERENCIAS

- BAIDOO-Anu, David y Leticia Owusu Ansah (2023, 25 de enero), “Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning”, *Social Science Research Network Electronic Journal*. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4337484>
- BOZKURT, Aras, Junhong Xiao, Sarah Lambert, Angelica Pazurek, Helen Crompton, Suzan Koseoglu, Robert Farrow, Melissa Bond, Chrissi Nerantzi, Sarah Honeychurch, Maha Bali, Jon Dron, Kamran Mir, Bonnie Stewart, Eamon Costello, Jon Mason, Christian M. Stracke, Enilda Romero-Hall, Apostolos Koutropoulos, Cathy Mae Toquero, Lenandlar Singh, Ahmed Tlili, Kyungmee Lee, Mark Nichols, Ebba Ossiannilsson, Mark Brown, Valerie Irvine, Juliana Raffaghelli, Gema Santos-Hermosa, Oma Farrell, Taskeen Adam, Ying Li Thong, Sunagui Sani-Bozkurt, Ramesh C. Sharma, Stefan Hrastinski y Petar Jandrić (2023), “Speculative Futures on ChatGPT and Generative Artificial Intelligence (AI): A collective reflection from the educational landscape”, *Asian Journal of Distance Education*, vol. 18, núm. 1, pp. 53-130, en: <https://zenodo.org/record/7636568> (consulta: 11 de agosto de 2023).
- CARBAJAL-Degante, Erik, Myrna Hernández Gutiérrez y Melchor Sánchez-Mendiola (2023), “Hacia revisiones de la literatura más eficientes potenciadas por inteligencia artificial”, *Investigación en Educación Médica*, vol. 12, núm. 47, pp. 111-119.
- CASTELLANOS-Gomez, Andres (2023), “Good Practices for Scientific Article Writing with ChatGPT and Other Artificial Intelligence Language Models”, *Nanomanufacturing*, vol. 3, núm. 2, pp. 135-138.
- CHIU, Thomas K.F., Qi Xia, Xinyan Zhou, Ching Sing Chai y Miaoting Cheng (2023), “Systematic Literature Review on Opportunities, Challenges, and Future Research Recommendations of Artificial Intelligence in Education”, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 4, p. 100118.
- CHOUHDURY, Avishek y Hamid Shamszare (2023), “Investigating the Impact of User Trust on the Adoption and Use of ChatGPT: Survey analysis”, *Journal of Medical Internet Research*, vol. 25, p. e47184.
- CHOW, Andrew R. (2023), “How ChatGPT Managed to Grow Faster than TikTok or Instagram”, en: <https://time.com/6253615/chatgpt-fastest-growing/> (consulta: 1 de julio de 2023).
- Committee on Publication Ethics (2023), “COPE Position Statement for Authorship and AI Tools”, Committee on Publication Ethics, en: <https://publicationethics.org/cope-position-statements/ai-author> (consulta: 1 de julio de 2023).
- DANKS, David y Alex John London (2017), “Algorithmic Bias in Autonomous Systems”, en *Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Melbourne, International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization, pp. 4691-4697. DOI: <https://doi.org/10.24963/ijcai.2017/654>.
- FARAZOULI, Alexandra, Teresa Cerratto-Pargman, Klara Bolander-Laksov y Cormac McGrath (2023), “Hello GPT! Goodbye home examination? An exploratory study of AI chatbots impact on university teachers’ assessment practices”, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, pp. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1080/02602938.2023.2241676>.



- GARCÍA-Peñalvo, Francisco José (2023), “La percepción de la inteligencia artificial en contextos educativos tras el lanzamiento de ChatGPT: disrupción o pánico”, *Education in the Knowledge Society*, vol. 24, p. e31279.
- GIANNINI, Stefania (2023), “Reflections on Generative AI and the Future of Education”, París, UNESCO, en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385877> (consulta: 1 de julio de 2023).
- GIBSON, David, Vitomir Kovanovic, Dirk Ifenthaler, Sara Dexter y Shihui Feng (2023), “Learning Theories for Artificial Intelligence Promoting Learning Processes”, *British Journal of Educational Technology*, vol. 54, núm. 5, pp. 1125-1146. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjet.13341>
- “Global Research Alliance for AI in Learning and Education” (GRAILE) (2023), en: <https://graile.ai/> (consulta: 1 de julio de 2023).
- GÓMEZ-Domínguez, Valentina, Diego Navarro-Mateu, Vicente Javier Prado-Gascó y Teresa Gómez-Domínguez (2022), “How Much Do We Care about Teacher Burnout during the Pandemic: A bibliometric review”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, núm. 12, p. 7134. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19127134>
- GOODFELLOW, Ian J., Jean Pouget-Abadie, Mehdi Mirza, Bing Xu, David Warde-Farley, Sherjil Ozair, Aaron Courville y Yoshua Bengio (2014), “Generative Adversarial Networks”, *arXiv*, en: <http://arxiv.org/abs/1406.2661> (consulta: 5 de agosto de 2023).
- GOZALO-Brizuela, Roberto y Eduardo C. Garrido-Merchán (2023), “A Survey of Generative AI Applications”, *arXiv*, en: <http://arxiv.org/abs/2306.02781> (consulta: 28 de agosto de 2023).
- GREENHALGH, Trisha, Glenn Robert, Frase Macfarlane, Paul Bate y Olivia Kyriakidou (2004), “Diffusion of Innovations in Service Organizations: Systematic review and recommendations”, *The Milbank Quarterly*, vol. 82, núm. 4, pp. 581-629. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0887-378X.2004.00325.x>
- HARDEN, Ronald (1998), “Educating More Doctors in the UK: Painting the tiger”, *Medical Teacher*, vol. 20, núm. 4, pp. 301-306.
- HERFT, Andrew (2023), “A Teacher’s Prompt Guide to ChatGPT Aligned with ‘What Works Best’”, en: <https://usergeneratededucation.files.wordpress.com/2023/01/a-teachers-prompt-guide-to-chatgpt-aligned-with-what-works-best.pdf> (consulta: 1 de julio de 2023).
- HUANG, Jingshan y Ming Tan (2023), “The Role of ChatGPT in Scientific Communication: Writing better scientific review articles”, *American Journal of Cancer Research*, vol. 13, núm. 4, pp. 1148-1154.
- Ji, Ziwei, Nayeon Lee, Rita Frieske, Tiezheng Yu, Dan Su, Yan Xu, Etsuko Ishii, Yejin Bang, Wenliang Dai, Andrea Madotto y Pascale Fung (2023), “Survey of Hallucination in Natural Language Generation”, *ACM Computing Surveys*, vol. 55, núm. 12, pp. 1-38.
- JIANG, Yuchen, Xiang Li, Hao Luo, Shen Yin y Okyay Kaynak (2022), “Quo Vadis Artificial Intelligence?”, *Discover Artificial Intelligence*, vol. 2, núm. 4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44163-022-00022-8>
- KAPLAN, Andreas y Michael Haenlein (2019), “Siri, Siri, in my Hand: Who’s the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence”, *Business Horizons*, vol. 62, núm. 1, pp. 15-25.
- KASNECI, Enkelejda, Kathrin Sessler, Stefan Küchemann, Maria Bannert, Daryna Dementieva, Frank Fischer, Urs Gasser, Georg Groh, Stephan Günemann, Eyke Hüllermeier, Stephan Krusche, Gitta Kutyniok, Tilman Michaeli, Claudia Nerdel, Jürgen Pfeffer, Oleksandra Poquet, Michael Sailer, Albrecht Schmidt, Tina Seidel, Matthias Stadler, Jochen Weller, Jochen Kuhn y Gjergji Kasneci (2023), “ChatGPT for Good? On opportunities and challenges of large language models for education”, *Learning and Individual Differences*, vol. 103, p. 102274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- KINGMA, Diederik P. y Max Welling (2019), “An Introduction to Variational Autoencoders”, *Foundations and Trends® in Machine Learning*, vol. 12, núm. 4, pp. 307-392.
- KORDZADEH, Nima y Maryam Ghasemaghahi (2022), “Algorithmic Bias: Review, synthesis, and future research directions”, *European Journal of Information Systems*, vol. 31, núm. 3, pp. 388-409.



- KORSHUNOV, Pavel y Sebastien Marcel (2018), “DeepFakes: a New Threat to Face Recognition? Assessment and Detection”, *arXiv*, en: <http://arxiv.org/abs/1812.08685> (consulta: 5 de julio de 2023).
- KUKULSKA-Hulme, Agnes, Carina Bossu, Koula Charitonos, Tim Coughlan, Andrew Deacon, Nawaal Deane, Rebecca Ferguson, Christothea Herodotou, Cheng-Wen Huang, Tabisa Mayisela, Irina Rets, Julia Sargent, Eileen Scanlon, Janet Small, Sukaina Walji, Martin Weller y Denise Whitelock (2023), “Innovating Pedagogy 2023: Open University Innovation Report 11”, Milton Keynes, The Open University, en: <https://www.open.ac.uk/blogs/innovating/?p=784> (consulta: 1 de julio de 2023).
- LIM, Weng Marc, Asanka Gunasekara, Jessica Leigh Pallant, Jason Ian Pallant y Ekaterina Pechenkina (2023), “Generative AI and the Future of Education: Ragnarök or reformation? A paradoxical perspective from management educators”, *The International Journal of Management Education*, vol. 21, núm. 2, p. 100790.
- LINARDATOS, Pantelis, Vasilis Papastefanopoulos y Sotiris Kotsiantis (2020), “Explainable AI: A review of machine learning interpretability methods”, *Entropy*, vol. 23, núm. 1, p. 18. DOI: <https://doi.org/10.3390/e23010018>
- LONG, Duri y Brian Magerko (2020), “What is AI Literacy? Competencies and design considerations”, en Regina Bernhaupt *et al.* (coords.), *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Honolulu, Association for Computing Machinery, abril, pp. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- MASLEJ, Nestor, Loredana Fattorini, Erik Brynjolfsson, John Etchemendy, Katrina Liggett, Lyons Terah, James Manyika, Juan C. Niebles, Vanessa Parli, Yoav Shoham, Russell Wals, Jack Clark y Raymond Perrault (2023), “The AI index 2023 annual report”, Stanford, Stanford University, en: <https://aiindex.stanford.edu/report/> (consulta: 1 de julio de 2023).
- MHLANGA, David (2023), “Open AI in Education, the Responsible and Ethical Use of ChatGPT Towards Lifelong Learning”, *Social Science Research Network Electronic Journal*. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4354422>
- MOLLIK, Ethan R. y Lilach Mollick (2023), “Using AI to Implement Effective Teaching Strategies in Classrooms: Five strategies, including prompts”, *Social Science Research Network Electronic Journal*. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4391243>
- NEAL, Brady, Sarthak Mittal, Aristide Baratin, Vinayak Tantia, Matthew Scicluna, Simon Lacoste-Julien y Ioannis Mitliagkas (2019), “A Modern Take on the Bias-Variance Tradeoff in Neural Networks”, *arXiv*, en: <http://arxiv.org/abs/1810.08591> (consulta: 1 de julio de 2023).
- NERANTZI, Chrissi, Sandra Abegglen, Marianna Karatsiori y Antonio Martínez-Arboleda (2023, 23 de junio), “101 Creative Ideas to Use AI in Education. A crowdsourced collection”, *Zenodo*. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8072950>
- NGUYEN, Andy, Ha Ngan Ngo, Yvonne Hong, Belle Dang y Bich-Phuong Thi Nguyen (2023), “Ethical Principles for Artificial Intelligence in Education”, *Education and Information Technologies*, vol. 28, núm. 4, pp. 4221-4241.
- OLADIPUPO, Taiwo (2010), “Types of Machine Learning Algorithms”, *New Advances in Machine Learning*. DOI: <https://doi.org/10.5772/9385>
- OpenAI (2023a), “ChatGPT, Large Language Model”, en: <https://chat.openai.com/chat> (consulta: 1 de julio de 2023).
- OpenAI (2023b), “Educator FAQ”, en: <https://platform.openai.com/docs/chatgpt-education> (consulta: 1 de julio de 2023).
- OUYANG, Fan, Luyi Zheng y Pengcheng Jiao (2022), “Artificial Intelligence in Online Higher Education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020”, *Education and Information Technologies*, vol. 27, núm. 6, pp. 7893-7925.
- PELLETIER, Kathe, Mark McCormack, Jamie Reeves, Jenay Robert, Nichole Arbino, Maha Al-Freih, Camile Dickson-Deane, Carlos Guevara, Lisa Koster, Melchor Sánchez-Mendiola, Lee Skallerup Bessette y Jake Stine (2022), *2022 EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition*, Louisville, EDUCAUSE, en: <https://library.educause.edu/resources/2022/4/2022-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition> (consulta: 1 de julio de 2023).
- REGONA, Massimo, Tan Yigitcanlar, Bo Xia y Rita Yi Man Li (2022), “Opportunities and Adoption Challenges of AI in the Construction Industry: A PRISMA review”,

- Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 8, núm. 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/joitmc8010045>
- RUDOLPH, Jürgen, Samson Tan y Shannon Tan (2023), “ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education?”, *Journal of Applied Learning & Teaching*, vol. 6, núm. 1, pp. 342-363. DOI: <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.9>
- RUIZ, Pati y Judi Fuso (2023), “Glossary of Artificial Intelligence Terms for Educators”, *CIRCLS-Center for Integrative Research in Computing and Learning Sciences*, en: <https://circls.org/educatorcircls/ai-glossary> (consulta: 1 de julio de 2023).
- SABZALIEVA, Emma y Arianna Valentini (2023), “ChatGPT e inteligencia artificial en la educación superior: guía de inicio rápido”, UNESCO, en: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146_spa) (consulta: 1 de julio de 2023).
- SALAS-PILCO, Sdenka Zobeida y Yuqin Yang (2022), “Artificial Intelligence Applications in Latin American Higher Education: A systematic review”, *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 19, núm. 1, p. 21. DOI: <https://doi.org/10.3390/world4020019>
- SÁNCHEZ-Mendiola, Melchor, Adrián I. Martínez-Franco, Argelia Rosales-Vega, Joel Villamar-Chulin, Florina Gatica-Lara, Rocío García-Durán y Adrián Martínez-González (2013), “Development and Implementation of a Biomedical Informatics Course for Medical Students: Challenges of a large-scale blended-learning program”, *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 20, núm. 2, pp. 381-387.
- SEJNOWSKI, Terrence J. (2023), “Large Language Models and the Reverse Turing Test”, *Neural Computation*, vol. 35, núm. 3, pp. 309-342.
- SIDDIQ, Fazilat, Fredrik Mørk Røkenes, Andreas Lund y Ronny Scherer (2023), “New Kid on the Block? A conceptual systematic review of digital agency”, *Education and Information Technologies*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12038-3>
- The White House-Office of Science and Technology Policy (2023), “Blueprint for an AI Bill of Rights”, en: <https://www.whitehouse.gov/ostp/ai-bill-of-rights/> (consulta: 1 de julio de 2023).
- TRUCANO, Michael (2023), “AI and the Next Digital Divide in Education”, en: <https://www.brookings.edu/articles/ai-and-the-next-digital-divide-in-education/> (consulta: 1 de julio de 2023).
- U.S. Department of Education-Office of Educational Technology (2023), “Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations”, en: <https://tech.ed.gov/ai-future-of-teaching-and-learning/> (consulta: 1 de julio de 2023).
- UNESCO (2023a), “Consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación”, *Perfiles Educativos*, vol. 45, núm. 180, pp. 176-182. DOI: <https://doi.org/10.22201/iissue.24486167e.2023.180.61303>
- UNESCO (2023b), “Global Education Monitoring Report, 2023: Technology in education: a tool on whose terms?”, UNESCO, en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723> (consulta: 1 de julio de 2023).
- ZHAO, Wayne Xin, Kun Zhou, Junyi Li, Tianyi Tang, Xiaolei Wang, Yupeng Hou, Yingqian Min, Beichen Zhang, Junjie Zhang, Zican Dong, Yifan Du, Chen Yang, Yushuo Chen, Zhipeng Chen, Jinhao Jiang, Ruiyang Ren, Yifan Li, Xinyu Tang, Zikang Liu, Peiyu Liu, Jian-Yun Nie y Ji-Rong Wen (2023), “A Survey of Large Language Models”, *arXiv*, vol. 1, en: <http://arxiv.org/abs/2303.18223> (consulta: 11 de agosto de 2023).