

Informe C

Inteligencia artificial y educación

Retos y oportunidades en España

Introducción	1	El encaje de la IA en el sistema educativo	13
		Alfabetización en IA	13
Oportunidades de la IA para el alumnado	3	Regulación para el uso de IA	15
Herramientas de IA generativa	4	Hacia la IA responsable en educación	15
Herramientas para personalizar el aprendizaje	4		
		Ideas fuerza	16
Oportunidades de la IA para el personal educativo	6	Bibliografía	I-IV
Herramientas de IA generativa	6		
Herramientas para evaluar y corregir	6		
Herramientas para optimizar la formación de equipos	6		
Herramientas para saber cómo se aprende	7		
Herramientas para automatizar tareas rutinarias	7		
Riesgos del uso de la IA en el ámbito educativo	7		
Privacidad y protección de datos	8		
Vigilancia	9		
Sesgos	9		
Efecto filtro	10		
Desconexión social	10		
Efectos en las capacidades humanas	10		
Inexactitudes, errores y exceso de confianza	11		
Derechos de autor y plagio	11		
Comercialización de la educación	12		
Agrandar la brecha digital	12		
Gasto energético y coste ambiental	12		

Cómo citar este informe:

Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). Informe C. Inteligencia artificial y educación. (2024) www.doi.org/10.57952/hqct-6d69

Personal experto consultado (por orden alfabético)

Calvo, Jorge¹. Director y profesor de Innovación en el Colegio Europeo de Madrid. Docente universitario en la Universidad Alfonso X El Sabio.

Cobo, Cristóbal¹. Senior Fellow del Inter-American Dialogue.

de la Higuera, Colin¹. Catedrático en la Universidad de Nantes, Francia, y Catedrático de la UNESCO.

de Salvador Carrasco, Luis¹. Director de la División de Innovación y Tecnología de la Agencia Española de Protección de Datos.

Díaz Rodríguez, Irene¹. Catedrática de Inteligencia Artificial y vicerrectora de Investigación de la Universidad de Oviedo.

Fernández, Raquel¹. Catedrática en Lingüística Computacional y vice-directora de investigación del *Institute for Logic, Language and Computation*, Universidad de Ámsterdam. Países Bajos.

González González, Carina Soledad. Catedrática de Arquitectura y Tecnología de Computadores en la Universidad de La Laguna.

Lobo Martínez, Jorge¹. Maestro y coordinador CompDigEdu en el Colegio de Educación Infantil y Primaria Lope de Vega de Madrid.

López Cobo, Montserrat¹. Responsable de proyectos en el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (JRC).

Mateos Caballero, Alfonso¹. Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid.

Mesa Sánchez, Cristina¹. Socia del departamento de Propiedad Industrial e Intelectual de Garrigues.

Ortiz de Zárate Alcarazo, Lucía. Investigadora predoctoral en la Universidad Autónoma de Madrid.

Poyatos Dorado, César. Investigador y profesor de Tecnología Educativa en el departamento de Pedagogía de la Universidad Autónoma de Madrid. Miembro del grupo de investigación Educación Digital e Innovación (EDI).

Rodríguez García, Juan David¹. Asesor técnico docente en INTEF.

Sanchez Vera, María del Mar¹. Profesora titular del departamento de Didáctica y Organización Escolar de la Facultad de Educación de la Universidad de Murcia. Miembro del Grupo de Investigación de Tecnología Educativa (GITE).

Sierra, Carles¹. Director del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial del CSIC (IIIA-CSIC)

Tarabini-Castellani Clemente, Aina. Profesora del departamento de Sociología de la Universitat Autònoma de Barcelona y miembro de los grupos de investigación GEPS (Grupo de investigación en Globalización, Educación y Políticas sociales) y GIPE (Grupo Interdisciplinar de Políticas Educativas).

Vallès Peris, Núria¹. Científica titular en el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial del CSIC (IIIA-CSIC) y miembro del grupo de investigación STS-b (Barcelona Science and Technology Studies Group) de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Wasson, Barbara¹. Catedrática y directora del Centre for the Science of Learning & Technology (SLATE) de la Universidad de Bergen, Noruega.

EQUIPO C (por orden alfabético)

Este informe ha sido liderado por:

Sofía Otero. Técnica de evidencia científica y tecnológica.

El equipo de trabajo está compuesto por:

Coordinación

Ana Elorza. Coordinadora de la Oficina C en la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

Pedro Peña. Letrado de las Cortes Generales. Director de Estudios, Análisis y Publicaciones.

Equipo técnico

Bárbara Coscolluela. Letrada de las Cortes Generales. Jefa del Departamento de Asuntos Europeos.

Cristina Fernández-García. Técnica de conexión con la comunidad científica y la sociedad.

Maite Iriondo de Hond. Técnica de evidencia científica y tecnológica.

Rüdiger Ortiz-Álvarez. Técnico de evidencia científica y tecnológica.

Jose L. Roscales. Técnico de evidencia científica y tecnológica.

Equipo en prácticas:

Claudia Pereira Domingues. Técnica en prácticas de la Oficina C.

Nelly Pérez Gutiérrez. Técnica en prácticas de la Oficina C.

Método de elaboración

Los Informes C son documentos sobre los temas seleccionados por la Mesa del Congreso que contextualizan y resumen la evidencia científica disponible para el tema de análisis. Además, recogen las áreas de consenso, disenso, las incógnitas y los debates en curso. Su proceso de elaboración se fundamenta en una exhaustiva revisión bibliográfica que se complementa con entrevistas individuales y metodologías de consulta participativa basadas en el diálogo estructurado con el personal experto. El informe es revisado posteriormente por el personal experto consultado. La Oficina C colabora con la Dirección de Documentación, Biblioteca y Archivo del Congreso de los Diputados en este proceso.

Para la redacción del presente informe la Oficina C ha referenciado 209 documentos y consultado a un total de 19 personas expertas en la materia. Se trata de un grupo multidisciplinar en el que el 47 % pertenece a las ciencias sociales y el 53 % al área de ingeniería y tecnología. El 79 % trabaja en centros o instituciones españolas mientras que el 21 % lo hace al menos en una institución extranjera.

La Oficina C es la responsable del contenido del informe y actúa como supervisora editorial del mismo.

¹ Especialistas que también han participado en la revisión total o parcial del informe.

La inteligencia artificial (IA)* se ha popularizado desde la llegada de la IA generativa. El cambio de paradigma no deriva solo de la disponibilidad de nuevas herramientas: la clave es que es posible, si así se decide, delegar en las máquinas tareas complejas que antes eran dominio exclusivo de la inteligencia humana.

Su uso en educación conlleva oportunidades y riesgos sobre los que todavía hay incertidumbres: aún no hay suficiente evidencia sólida e independiente sobre los efectos de introducirla en la educación y su eficacia para mejorar el aprendizaje.

Frente a las altas expectativas de algunos y el pesimismo de otros, el personal experto insta a debatir cómo encaja la IA en el sistema educativo. A pesar de la celeridad con que aparecen nuevas herramientas, urge decidir cómo dotar a las instituciones con los medios materiales, las capacidades humanas, la metodología, y los marcos éticos y regulatorios para mejorar la educación.

En este informe se resumen las oportunidades y riesgos de la IA en educación, así como algunas alternativas para relacionarse con esta tecnología de manera más segura y responsable.

Las herramientas más destacadas de IA se basan en el aprendizaje automático y en particular en el aprendizaje profundo, es decir, los programas aprenden a partir de la experiencia y son capaces de identificar patrones en los datos sin necesidad de indicarles previamente cuáles son los parámetros más relevantes.

Entre ellos, las herramientas de IA generativa producen contenido (texto, imágenes, audio, video) siguiendo las indicaciones del usuario. En particular, los modelos de lenguaje de gran tamaño como ChatGPT, entrenados con gran cantidad de información procedente de internet, generan textos muy parecidos a los redactados por personas. Sin embargo, no entienden realmente el lenguaje. De forma simplificada, sus respuestas se basan en la probabilidad de que una palabra siga a otra, por lo que pueden inducir a error. En la actualidad, almacenan más conocimiento en inglés, lo que puede disminuir la calidad de las respuestas en otras lenguas. Por ello, en España se está desarrollando un modelo entrenado en español y en las lenguas cooficiales.

En el foco

Las herramientas de IA en educación son numerosas y utilizan diferentes aproximaciones con el objetivo de apoyar el aprendizaje.

Algunas son capaces de desempeñar tareas específicas, como resolver problemas matemáticos, corregir código o traducir textos. Otras, tratan de personalizar el aprendizaje, ya sea mediante

tutores virtuales o plataformas educativas. Estas últimas se basan en los datos de entrenamiento y en los de uso y crean modelos capaces de recomendar itinerarios de aprendizaje que responden al progreso del estudiante en la asignatura. Algunas de estas herramientas han demostrado su eficacia a nivel académico, aunque pueden acarrear desventajas como el empobrecimiento de la dimensión social del aprendizaje.

Las herramientas de IA generativa también pueden ser útiles para el alumnado adulto siempre que se utilicen siguiendo las normas establecidas en la institución. Pueden usarlas para tareas como resumir, definir conceptos, clarificar el significado de un texto o simplificarlo.

Algunos modelos, como ChatGPT, ofrecen respuestas que permiten sacar buenas notas en trabajos universitarios sin que se identifique el uso de la IA. Además, actualmente no es posible detectar si un texto ha sido creado por IA generativa y si se sospecha no se puede evidenciar la copia. Por tanto, urge replantearse qué se va a aprender y con qué fines y cómo se van a examinar y validar las capacidades del alumnado, ya que las pruebas sin vigilancia pueden no reflejar sus conocimientos.

La IA generativa puede apoyar al profesorado y al personal educativo en tareas como elaborar planes de sus asignaturas, generar rúbricas, adaptar textos, o automatizar tareas administrativas rutinarias (planificar horarios, asignar espacios etc.).

El profesorado también puede usar herramientas de IA como apoyo en las correcciones o para obtener información sobre cómo aprende el alumnado. Los datos obtenidos a través de distintas herramientas digitales se analizan y modelan para hacer predicciones que permiten al profesor adaptar sus contenidos a los progresos y dificultades del grupo. Por otro lado, la herramienta gratuita Eduteams permite optimizar la formación de equipos en clase.

Además de las oportunidades, el uso de IA en educación también plantea riesgos. Entre estos, se encuentran preocupaciones sobre la privacidad y la protección de datos, posibles errores e inexactitudes del contenido generado, la discriminación por sesgos, la definición de autoría y el respeto a los derechos de autor o el impacto en las capacidades humanas, como la creatividad o la curiosidad. Asimismo, existen riesgos como la desconexión social del alumnado, depositar demasiada confianza en las decisiones algorítmicas, o que los estudiantes se sientan vigilados y cambien sus comportamientos. También, el riesgo de una posible privatización encubierta de la educación, la homogenización de contenidos sin considerar las diferencias culturales, el aumento de la brecha digital o que la IA suponga un alto coste ambiental.



Imagen FOTCIENCIA Ciencia y tecnología en las aulas, el futuro de la educación© Blanca Jara Pazos y Adriana Cuevas Noboa



Horizonte

Para decidir sobre el encaje de la IA en el sistema educativo y limitar sus riesgos e impactos indeseados, se precisa contar tanto con los tecnólogos como con los responsables políticos, los especialistas en ciencias sociales y la comunidad educativa. Además, hay aspectos que favorecen una relación más segura y productiva con la IA.

Por un lado, el desarrollo de una IA responsable y de calidad demostrada, que cumpla con la ley, se adhiera a principios éticos y sea robusta, explicable y admita la supervisión humana. Por otro lado, es importante establecer leyes específicas, ya en marcha con el reglamento europeo sobre IA, que entrará en vigor mayoritariamente en 2026, y otras iniciativas.

Por último, la alfabetización en IA del alumnado y el personal educativo es clave, no solo para usar la tecnología existente, sino también para entender su funcionamiento, cultivar el pensamiento crítico y ser innovadores y responsables en su desarrollo y aplicación. El profesorado preuniversitario en España cree que necesita formación en IA, esencial para adaptar las nuevas herramientas a sus prioridades pedagógicas.

Finalmente, la comunidad experta urge a promover recursos educativos abiertos y el desarrollo de herramientas públicas independientes.

*Ver la definición en el glosario a pie de página del informe

Inteligencia artificial y educación

Introducción

El sector educativo se considera uno de los más sensibles a los cambios que puede traer la IA. Además, el estudiantado ya utiliza tecnologías como la IA generativa de manera frecuente.

El uso de la IA en educación conlleva riesgos y beneficios, sobre los que todavía hay incertidumbres y falta de estudios sistemáticos. Ante lo que algunos caracterizan como un falso dilema entre la innovación o el retroceso, se propone debatir sobre la mejor forma de equipar a las instituciones educativas con el marco necesario para mejorar la educación.

Aunque comenzó a desarrollarse a mediados de la década de 1950, la **inteligencia artificial (IA)** se ha popularizado en los últimos años, especialmente con la eclosión de la IA generativa en 2022 (**Ver cuadro 1**)^{1,2}. En la denominada era de la implementación, se compara la llegada de la IA con la introducción de la electricidad¹. Se considera que tiene el potencial de revolucionar decenas de industrias diferentes y transformar el mercado de trabajo^{1,3-5}. Por ejemplo, según el INE, en España la emplean el 9,55 % de las empresas con más de diez trabajadores, porcentaje que se cuadruplica en las empresas de más de 250 empleados⁶. Además, la llegada de la IA generativa ha aumentado el potencial de automatización de los trabajos desempeñados por empleados con mayor nivel educativo². Según el personal experto, el cambio estructural no deriva solo de la disponibilidad de nuevas herramientas, sino de que la IA permite, si así se decide, delegar en las máquinas tareas complejas que antes eran dominio exclusivo de la inteligencia humana⁷.

El sector educativo se considera uno de los más sensibles a los cambios que causará la IA, tanto por las tareas que podrán ser automatizadas o complementadas por ella como por el potencial aumento de la productividad del personal educativo^{4,8}.

A pesar de las expectativas, es demasiado pronto para saber si será una tecnología realmente disruptiva⁹. Por el momento, pocos países la integran en sus sistemas educativos¹⁰. Sin embargo, el 82 % de los alumnos españoles de entre 14 y 17 años, el 73 % del profesorado y el 69 % de los padres y madres encuestados dice haber usado alguna vez alguna herramienta de IA, principalmente *chatbots* o asistentes virtuales¹¹. De hecho, el 40 % del alumnado afirma usar ChatGPT de manera frecuente¹¹.

Además, el 39 % del profesorado encuestado y el 57 % de los padres y las madres cree que la IA tendrá un impacto positivo en la educación, con solo un 27 % de los primeros y un 11 % de los segundos inclinándose por un efecto negativo o muy negativo¹¹. Sin embargo, la sociedad también percibe el riesgo de exclusión que pueden traer los modelos educativos digitales, donde se incluiría la IA, ante la falta de acceso a las infraestructuras necesarias para implementar estos modelos en algunos hogares¹².

La aplicación de IA en la educación supone un reto educativo y social que parte de una innovación tecnológica, lo que entronca con el debate sobre el uso de nuevas tecnologías en la educación¹³. A este respecto, un reciente informe de la UNESCO indica que escasean los datos fiables e imparciales sobre el impacto de la tecnología educativa, ya que esta evoluciona más rápido de lo que es posible evaluarla y en ocasiones la validación procede de las propias empresas desarrolladoras¹⁰. Entre el personal experto hay un gradiente de opiniones, desde los que se centran en los aspectos negativos que la tecnología tiene sobre el aprendizaje a los que la perciben como la revolución que transformará la educación¹³. En este debate, algunas voces apuntan que el ser humano siempre ha estado involucrado con la tecnología y recuerdan la controversia que causó la instalación de pizarras grandes en las aulas del siglo XIX, cuando los estudiantes se rebelaron contra la idea de resolver problemas en la pizarra sin la ayuda de los libros y los profesores tuvieron que descubrir su utilidad para dar instrucciones al grupo completo¹³. Así, cualquier herramienta, sea digital o no, se podría considerar tecnología y hay que decidir cuál es la mejor forma de usarla¹³.

· **Inteligencia artificial:** Aunque no existe una única definición de IA⁵, el convenio marco sobre la IA del Consejo de Europa¹⁹⁶ ha adoptado la definición del 8 de noviembre de 2023 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). Esta define un sistema de IA como aquel basado en máquinas que, con objetivos explícitos o implícitos, deduce, a partir de las entradas que recibe, cómo generar resultados tales como predicciones, contenido, recomendaciones o decisiones que pueden influir en entornos físicos o virtuales. Los diferentes sistemas de IA varían en sus niveles de autonomía y adaptabilidad después de su despliegue²⁰⁶.

· **Chatbot:** Programa informático que simula una conversación humana con el usuario en tiempo real.

La inteligencia artificial generativa es una tecnología que puede crear contenido a petición de las indicaciones que introduce el usuario.

Los textos generados se parecen mucho a los escritos por personas, pero se construyen en base a la probabilidad y pueden incluir información no fiable.

Aunque muchos modelos son multilingües, albergan sobre todo conocimiento en inglés, lo que afecta a la calidad de las respuestas en otros idiomas. En España se está desarrollando un modelo entrenado en español y las lenguas cooficiales.

Cuadro 1. La eclosión de la IA generativa

La inteligencia artificial generativa es una tecnología que puede crear contenido, como texto, imágenes, audio o video a petición de las indicaciones (*prompts*) que escribe el usuario en lenguaje natural²⁶.

La herramienta ChatGPT (cuyas siglas se traducen como modelo de lenguaje basado en un transformador generativo previamente entrenado) es una aplicación de IA generativa especializada en dialogar (*chatbot*), que fue lanzada por la empresa privada *OpenAI* en noviembre de 2022^{26,27}. Le siguieron otras como Gemini, de Google, Microsoft Copilot o el software libre de Meta, Llama 3.1. Además, hay herramientas que aportan las fuentes del texto y opciones especializadas en artículos científicos como Consensus o SciteAI²⁸. En particular, ChatGPT ha sido adoptada rápidamente, es especialmente popular entre los jóvenes y cuenta con más de 200 millones de usuarios a nivel mundial. Entre ellos, más de 4 millones residen en España^{10,26,29}.

ChatGPT es un modelo de lenguaje de gran tamaño (LLM, por sus siglas en inglés) que se basa en el *aprendizaje profundo*, con miles de millones de parámetros, para controlar la respuesta del sistema²⁷. El objetivo es que el modelo aprenda a predecir qué palabra es más probable que siga a la anterior en una frase²⁷. Para ello, se entrena con gran cantidad de textos descargados de internet y, en fases posteriores, las respuestas son refinadas con supervisión humana²⁷. El resultado son textos que se parecen mucho a los generados por personas²⁷. Sin embargo, estos modelos no comprenden realmente el lenguaje³⁰ y, al no basarse en reglas lógicas sino en la probabilidad, la información generada no siempre es fiable³¹ y puede ser fuente de desinformación^{26,32}. Además, el entrenamiento del modelo de ChatGPT-4o, recientemente liberado, terminó en octubre de 2023, por lo que no ofrece información actualizada. Sin embargo, otros servidores que incorporan estas tecnologías disponen de acceso continuo a internet y sí lo hacen³³.

Aunque por su entrenamiento muchos modelos de lenguaje de gran tamaño son multilingües, actualmente almacenan más conocimiento en inglés, lo que puede derivar en que usuarios de otras lenguas reciban respuestas diferentes, de menor calidad, ante una misma pregunta^{34,35}. A este respecto, en España se está desarrollando un modelo de lenguaje de gran tamaño entrenado en español, catalán, vasco y gallego financiado por el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) de la Nueva Economía de la Lengua³⁶.

Otro aspecto a tener en cuenta es que estos modelos siempre ofrecen una respuesta, pero no suelen intentar clarificar antes a lo que se refiere el usuario, ni suelen aportar explícitamente información fiable sobre el grado de certidumbre de sus afirmaciones^{37,38}. Hay investigaciones en curso para mejorar estos aspectos^{39,40}.

Entre las formas de mejorar este tipo de modelos, una de las más habituales es aumentar su tamaño, lo que incrementa el número de parámetros y la cantidad de datos de entrenamiento⁴¹. Aunque hay otras opciones con menor consumo energético, esta estrategia de mejora conlleva costes ambientales y aumenta el precio de implementar los modelos, lo que limita el acceso a nuevos desarrolladores y los idiomas que pueden beneficiarse de las mejoras⁴¹. Por eso, algunos expertos se plantean si es necesario seguir aumentando su tamaño y proponen aproximaciones más racionales, con revisión previa de los datos que alimentan el modelo⁴¹.

Actualmente el usuario puede refinar algunos de estos modelos alimentándolos con sus propias bases de datos para aumentar su grado de especialización en algún ámbito, adaptar las respuestas a un estilo determinado o mejorar su desempeño en alguna tarea⁴²⁻⁴⁴. Esto conlleva una inversión de tiempo y recursos⁴²⁻⁴⁴.

Aunque mejorables^{45,46}, algunos de estos modelos, los denominados multimodales, han sido entrenados con imágenes y texto y teóricamente representan la semántica del lenguaje de forma más parecida a los humanos, al tener capacidades mejoradas para relacionar datos de distinto tipo⁴⁷⁻⁴⁹.

· *Prompts*: Contexto o pregunta que escribe el usuario para interactuar con la IA generativa.
· *Aprendizaje profundo (en inglés deep learning)*: Rama más exitosa del aprendizaje automático, que ha supuesto un antes y un después en la IA¹⁵⁷. Este método es capaz de identificar patrones a partir de los datos introducidos, sin necesidad de indicarle previamente qué características son los parámetros más relevantes¹⁵⁷. Se logra mediante redes multicapa que descomponen el problema en distintos niveles de complejidad y se afinan con el entrenamiento de datos hasta inferir un resultado satisfactorio^{5,57}.

El uso de la IA en educación conlleva beneficios y riesgos, sobre los que todavía hay incertidumbres^{14,15} y falta de estudios sistemáticos¹⁶⁻¹⁹. Sin embargo, algunos recalcan que la incertidumbre en materia tecnológica siempre es temporal e indican que el alarmismo distrae de los problemas reales sobre los que se debe meditar en el momento actual¹⁴. También indican que la IA es sustancialmente distinta y complementaria a la inteligencia humana y que el reto es establecer un ecosistema donde puedan cooperar^{20,21}. En esta línea, otros proponen huir de visiones utópicas o distópicas, que califican como un falso dilema entre la innovación o el retroceso^{22,23}.

Como alternativa, llaman a la acción para reflexionar sobre la mejor forma de equipar a las instituciones educativas no solo con las herramientas y las metodologías necesarias, sino también con las capacidades humanas, la mentalidad, la ética y los marcos regulatorios para apoyar la evolución de la educación²³. En esta vía, la celeridad con la que surgen nuevas tecnologías dificulta actualizar la legislación, las pedagogías y las formas de monitorización al ritmo preciso^{24,25}.

Para adaptar la educación y la formación a la era digital, que incluye la IA como una herramienta más, se están desarrollando planes a nivel europeo y nacional (**Ver Cuadro 2**).

Se han establecido diversos planes a nivel europeo y nacional para adaptar la educación y la formación a la era digital, lo que incluye las herramientas de IA.

Cuadro 2. Planes para adaptar la educación a la era digital

Para adaptar la educación y la formación a la era digital, que incluye la IA como una herramienta más, la Comisión Europea lanzó en 2020 el Plan de Acción de Educación Digital 2021-2027⁵⁰.

A nivel nacional, recientemente se ha publicado la nueva Estrategia de Inteligencia Artificial, que viene a reforzar y acelerar la edición de 2020 (ENIA)⁵¹. Además, la Agenda España Digital 2026, en el eje estratégico relativo a las personas, indica como objetivo completar la transformación digital de la educación⁵².

Para ello, entre 2021 y 2024 se presupuestó destinar 1.412 millones de euros a las líneas del Plan Nacional de Competencias Digitales para la digitalización de la educación y el desarrollo de competencias digitales para el aprendizaje y a lo largo de la vida laboral^{53,54}. A nivel universitario, mediante la coordinación entre el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), se propone modificar los planes de estudio para ampliar la formación digital de los futuros maestros e incluir la formación digital en el currículum de las diferentes carreras, entre otras medidas⁵³.

El objetivo de digitalización de la educación, que incluye la IA, se concretó por parte del Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes en el Plan de Digitalización y Competencias Digitales del Sistema Educativo (Plan #DigEdu)⁵⁵.

En resumen, la Agenda España Digital 2026 establece la visión global para la digitalización del país, el Plan Nacional de Competencias Digitales define cómo mejorar las habilidades digitales de la población y el Plan #DigEdu es la estrategia específica para llevar la digitalización al sistema educativo^{53,55}.

Oportunidades de la IA para el alumnado

Existen múltiples aplicaciones basadas en IA cuyo propósito es apoyar al estudiantado en su aprendizaje.

Existen múltiples aplicaciones basadas en IA cuyo propósito es apoyar al estudiantado en su aprendizaje^{19,56}. Por ejemplo, algunas resuelven las operaciones matemáticas que el usuario escanea paso a paso, otras interpretan los esquemas del estudiante y ofrecen retroalimentación, otras ayudan a escribir o corregir código, a mejorar dibujos o animarlos^{19,57,58}. También hay software educativo para aprender idiomas, traducir textos o resolver las dudas del alumnado^{19,57,58}. Respecto a su uso en las aulas, el Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes ha publicado un documento orientativo que analiza el grado de cumplimiento de la legislación europea en materia de protección de datos de carácter personal de más de 70 aplicaciones de IA con versión gratuita⁵⁸. Entre las más populares se encuentran las herramientas de IA generativa y las de aprendizaje adaptativo.

Actualmente, no se recomienda el uso de herramientas de IA generativa en menores de 13 años.

Para los estudiantes con acceso a ella, los usos son muy variados. Ya hay guías con recomendaciones para un uso ético.

Existen herramientas capaces de personalizar la enseñanza basándose en los conocimientos previos, habilidades y respuestas de los estudiantes. Esta tecnología presenta riesgos y beneficios.

Herramientas de IA generativa

A pesar de lo extendido de su uso entre los estudiantes¹¹, las aplicaciones más populares están recomendadas solo a partir de los 13 años⁵⁹ y, en algunos casos, de los 18⁶⁰. Como el contenido generado puede no ser apropiado, los menores de 13 años necesitan consentimiento paterno para usar ChatGPT, aunque ninguna de las herramientas tiene un mecanismo de verificación de edad⁶⁰.

Los estudiantes adultos o con consentimiento pueden emplear IA generativa para resumir, esquematizar, destacar palabras clave, obtener definiciones y ampliar una explicación, expresar una idea de manera alternativa, buscar bibliografía básica, estructurar trabajos, traducir o simplificar textos, revisar su estilo gramatical y formato, generar cuestionarios de autoevaluación, corregir código, redactar su currículum vitae, actuar como oponente para preparar debates, generar imágenes, presentaciones etc.^{33,61-64}. Pero han de ser conscientes del riesgo de inexactitud, la falta de profundidad del contenido y la necesidad de supervisión del resultado^{33,61-64}. Se recomienda que no se queden con la primera respuesta y que aprendan a dialogar con la aplicación utilizando instrucciones efectivas⁶¹. Para un uso ético, los estudiantes deben respetar las normas establecidas por el profesorado respecto a las herramientas de IA generativa, referenciarlas si se han usado, desarrollar las habilidades críticas necesarias, según la etapa educativa, para identificar los sesgos o la información falsa en los resultados generados, evitar proporcionar información personal y no copiar literalmente los textos producidos de forma automática, sin un análisis que lleve al aprendizaje⁶¹ (**Ver Cuadro 3**).

Las instituciones educativas tienen la tarea de valorar la idoneidad de estas herramientas en educación²⁴.

Herramientas para personalizar el aprendizaje

Hace décadas se demostró que las tutorías individuales mejoraban el rendimiento académico de los estudiantes y reducían las diferencias entre ellos⁷⁸. Aun así, incluso en clases pequeñas, personalizar el contenido para cada estudiante supone un gran esfuerzo^{19,57,78}. Sin embargo, desde la década de 1970, se han desarrollado plataformas basadas en IA que permiten adaptar los **itinerarios de aprendizaje**, basándose en el conocimiento previo de cada estudiante, en sus debilidades y fortalezas⁵⁷. Con los datos de entrenamiento y los resultados que se generan con el uso, el aprendizaje automático permite crear y actualizar modelos personalizados, o un modelo de estudiante medio, que se utilizan para recomendar nuevos itinerarios que respondan a su progreso⁵⁷. Algunos algoritmos, cuando se trata de asignaturas complejas, son capaces de generar trillones de rutas diferentes⁵⁷.

Estas plataformas, junto con los **tutores virtuales**, permiten que los alumnos reciban *feedback* inmediato a cualquier hora sin temor a ser juzgados por las respuestas. Además, amplían el tiempo de aprendizaje más allá de la escuela⁷⁹, señalan al profesor las partes donde los estudiantes tienen más dificultades y utilizan recursos elaborados como animaciones, representaciones 3D o grabaciones con la pronunciación correcta⁵⁷. También, hay opciones dirigidas a alumnos con discapacidad o dificultades en el aprendizaje, como la dislexia⁸⁰⁻⁸³. Aunque algunos informes indican que los estudiantes con discapacidad están en desventaja cuando se utilizan tecnologías digitales debido a trabas en la accesibilidad, otros señalan que es necesario trabajar para llevar las nuevas tecnologías a todos^{19,84}.

En la otra cara de la moneda, la individualización del aprendizaje supone ignorar su componente social y centrar el objetivo en el rendimiento académico^{57,85}. Se desconocen las consecuencias que esto puede tener en el bienestar psicológico del estudiante y en su habilidad para autorregularse, ya que estos métodos precisan más autocontrol y disciplina^{57,85}. Además, para predecir los siguientes pasos del itinerario, el modelo se basa en las respuestas del estudiante medio o en datos del pasado del estudiante⁵⁷. Sin embargo, las personas están en continua evolución y su comportamiento y circunstancias pueden no ser predecibles⁵⁷.

- **Itinerarios de aprendizaje:** Secuencia de actividades que se ejecutan para aprender un determinado contenido o habilidad.
- **Tutores virtuales:** Herramienta impulsada por IA que ofrece asistencia educativa personalizada.

Las herramientas de IA generativa podrían aprobar exámenes o generar obras artísticas. Su uso conlleva riesgos como evitar el aprendizaje o incurrir en errores, violación de derechos de autor o plagio. Actualmente, es imposible evidenciar la copia de textos producidos por IA generativa.

Es necesario replantearse qué se va a enseñar y con qué fines y cómo se van a examinar y validar las capacidades del alumnado.

Aunque en algunos casos se ha optado por prohibir estas tecnologías, en otros se han establecido guías para un uso adecuado y ético.

Cuadro 3. Deberes, trabajos de investigación y cómo evaluar en la era de la IA generativa.

La IA generativa es capaz de aprobar exámenes universitarios y crear obras artísticas^{24,64-69}. Además, en un estudio se observó que los trabajos generados por la IA pasaban por humanos en un 94 % de los casos y obtenían notas incluso más altas, especialmente en los primeros cursos de grado⁶⁵. Por tanto, es necesario replantearse qué se va a aprender y con qué fines y cómo se van a examinar y validar las capacidades del alumnado, ya que las pruebas sin vigilancia pueden no reflejar sus conocimientos^{24,64,68-70}. Respecto al qué, la comunidad experta opina que es necesario que se sigan adquiriendo habilidades fundamentales a un nivel alto para poder desarrollar el pensamiento complejo, incluso en aquellas tareas que la IA puede desempeñar mejor que los humanos²⁴. También es importante que el alumnado aprenda a usar las herramientas actuales, sin sustituir el aprendizaje de habilidades críticas^{70,71}.

Independientemente de su valor educativo, los estudiantes consideran que la IA generativa es útil¹¹⁷². Pueden resolver sus tareas mucho más rápidamente e, incluso, producir textos que juzgan mejores que los propios sin necesidad de pasar por el proceso de aprendizaje^{57,73}. El uso indebido de esta tecnología también es especialmente relevante en los trabajos de investigación de grado y posgrado, ya que el estudiante podría incurrir, incluso sin saberlo, en errores, violación de derechos de autor o **plagio (ver más adelante)**^{68,74}.

Algunos argumentan que el problema no es nuevo, ya que los estudiantes siempre han utilizado todo tipo de recursos no siempre detectables (enciclopedias, internet, ayuda externa...) para resolver sus tareas y superar sus evaluaciones y que la IA generativa simplemente agranda y visibiliza problemas que ya estaban presentes^{57,71,75}. En este caso, sin embargo, el punto de inflexión viene dado por la imposibilidad de distinguir si un texto ha sido generado por la IA^{71,76}. Incluso los detectores de IA generativa más avanzados, que pierden eficacia si se modifican palabras o frases sueltas, solo ofrecen una probabilidad de que el texto no tenga origen humano⁷¹. Sin embargo, como no se tiene acceso al texto que generó el modelo, no es posible evidenciar la copia si el estudiante la niega⁷¹.

Aunque en algunos casos se ha optado por prohibir completamente estas tecnologías, en otros se han establecido guías para formar y orientar a alumnos y profesores en un uso adecuado y ético^{24,61,68,71,77}. Por un lado, se recomienda repensar la evaluación de los trabajos teniendo en cuenta la tecnología disponible^{68,75}. Por ejemplo, las calificaciones podrían basarse en exámenes o trabajos en el aula, sin tecnología, en presentaciones o exámenes orales o en ejercicios donde se especifica qué herramientas pueden usarse y cuáles no, con preguntas o formatos innovadores que los modelos de lenguaje de gran tamaño no puedan resolver fácilmente. También puede requerirse declarar explícitamente en los trabajos de investigación qué tecnologías se han usado y en qué forma^{61,68}. Asimismo, se recomienda valorar más los procesos que los productos, supervisar al alumnado de manera continua y acompañar en el uso de la tecnología, incentivando capacidades superiores como el pensamiento crítico^{68,75}. Algunas de estas aproximaciones (los exámenes orales, la supervisión continua) precisan más tiempo en el aula y por tanto más personal, lo que deriva en un aumento de los costes o la transformación de la organización y dinámicas escolares⁶⁸.

Por tanto, el algoritmo puede tener dificultad para interpretar las fluctuaciones de la normalidad o incluso registrarlas, ya que muchas variables con relevancia educativa (por ejemplo, conversaciones en el aula) no están a su alcance⁵⁷.

El aprendizaje personalizado a través de tecnologías de automatización también podría agrandar las diferencias entre los estudiantes con mayor y menor rendimiento académico e incluso encasillarlos (el conocido en psicología como efecto Pigmalión o profecía autocumplida), al exponerlos mayoritariamente solo a contenido que les vaya a gustar o con el que se sientan cómodos⁵⁷. Además, el alumnado puede descubrir sus debilidades y sabotearlos. Por ejemplo, los estudiantes pueden responder erróneamente para obtener tareas más fáciles que puedan terminar en menos tiempo⁸⁶. También, resolver las tareas de un compañero y que el sistema infiera erróneamente que este progresa y proponga problemas más difíciles que terminen desmotivándolo⁸⁶.

A pesar de las incertidumbres, algunas de estas herramientas han demostrado su eficacia, frecuentemente en la enseñanza de Matemáticas, aunque a menudo en estudios cortos, con investigaciones en universidades o institutos y menos evidencia en etapas más tempranas

· **Plagio:** Usar contenido creado por otra persona como si fuera propio, sin acreditar explícitamente de dónde procede la información.

o en otras áreas como la lectura y la escritura^{19,87-90}. Otros apuntan que es necesario investigar si la mejora proviene del uso de la herramienta en sí o de recibir instrucción más tiempo⁹⁰. Sus detractores esgrimen que solo es un parche que desvía recursos de la raíz del problema: la necesidad de más profesores cualificados¹⁹.

Oportunidades de la IA para el personal educativo

El objetivo de estas tecnologías no sería sustituir a los docentes sino ampliar sus capacidades.

Algunos señalan que los promotores de la IA pretenden sustituir al profesorado o relegarlo a tareas menores¹⁹. Otros en cambio esperan que la tecnología libere a los docentes de algunas tareas para que puedan centrarse en otras más relevantes¹⁹. Según esta visión, el objetivo de utilizar IA para ayudar al profesorado no es sustituirlo por la tecnología sino ampliar sus capacidades a través de nuevas herramientas, el llamado maestro aumentado⁵⁷.

Herramientas de IA generativa

Las herramientas de IA generativa pueden acelerar la consecución de algunas tareas docentes.

Con los *prompts* adecuados y una revisión posterior, los profesores pueden ayudarse de esta tecnología para elaborar planes de sus asignaturas, identificar los objetivos clave de aprendizaje, generar *rúbricas* e infografías, resumir o adaptar temas para alumnos con diversidad funcional o distinto nivel, transformar textos a diferentes estilos, encontrar nuevos recursos educativos, idear pruebas, generar audio y vídeo a partir de texto y otros usos listados anteriormente^{61,64,79,91,92}.

Puede ser interesante utilizarlas en clase para hacer ver a los alumnos sus limitaciones, por ejemplo, identificando los errores⁵⁷.

Herramientas para evaluar y corregir

Los sistemas de evaluación basados en IA se consideran de alto riesgo. Una vía intermedia consistiría en usar la IA para apoyar al docente en las correcciones.

El Consenso de Pekín sobre IA y educación, auspiciado por la UNESCO, propone aprovechar el potencial de los datos para evaluar las distintas competencias de los estudiantes, siempre que se mitiguen los riesgos asociados¹⁶. También usar la IA para apoyar la evaluación a gran escala y a distancia¹⁶. Los defensores de utilizar la IA para corregir proponen que, además de ahorrar tiempo al profesorado, podrían obtenerse calificaciones más objetivas y prolongar el período de evaluación, lo que disminuiría las dinámicas orientadas a preparar las pruebas^{93,94}. Sin embargo, la IA puede estar sesgada y no ser justa corrigiendo, lo que perpetuaría desigualdades pasadas^{19,93}. Además, el análisis de la IA puede no tener la profundidad de interpretación de los humanos^{19,93}. Estas características han llevado a considerar estos sistemas como de alto riesgo (ver Regulación más adelante)⁹⁵. Además, someter a una persona a una decisión automatizada con efectos jurídicos o significativos ya está prohibido en el artículo 22 del Reglamento General de Protección de Datos si no hay ciertas garantías, como la intervención humana cualificada⁹⁶.

Una vía intermedia consistiría en usar la IA para apoyar al docente en las correcciones. De esta forma, la tecnología ofrecería sugerencias y atajos, pero la calificación la realizaría el profesorado¹⁹. También podría utilizarse la IA para guiar al alumnado durante la evaluación continua, corrigiendo los primeros borradores de sus trabajos para poder darles indicaciones antes de que envíen la versión final¹⁹.

Herramientas para optimizar la formación de equipos

El programa gratuito Eduteams, desarrollado por el CSIC, distribuye a los estudiantes en equipos diversos, para que todos los grupos sean igual de capaces de desempeñar la tarea y que los alumnos puedan aprender unos de otros.

El alumnado aprende más, retiene la información por más tiempo y está más satisfecho con sus clases cuando trabaja en equipo y sigue dinámicas de *aprendizaje activo*⁹⁷⁻⁹⁹. Para agruparlos de la manera más equilibrada posible, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha desarrollado el programa informático gratuito Eduteams⁹⁷. Utilizando distintos algoritmos y basándose en la personalidad, género y competencias del alumnado,

· **Rúbrica:** Tabla que desglosa los distintos niveles de desempeño para valorar el aprendizaje del alumnado.

· **Aprendizaje activo:** El estudiante participa en su aprendizaje pensando, discutiendo hipótesis, investigando y creando. En clase, practica habilidades, resuelve problemas, reflexiona sobre preguntas complejas, toma decisiones, propone soluciones o explica sus ideas por escrito o en debates. Recibe retroalimentación de sus profesores y compañeros²⁰⁷.

distribuye a los estudiantes en equipos que tengan todas las competencias necesarias para desarrollar una tarea y a la vez sean diversos en cuanto a personalidad y género. El objetivo es que todos los grupos sean igual de capaces de desempeñar el trabajo y que los participantes puedan aprender unos de otros^{97,100}. Los equipos que hace la IA parecen funcionar mejor que los que se agrupan por métodos tradicionales^{101,102}.

Herramientas para saber cómo se aprende

Los datos de aprendizaje recogidos a través de distintas herramientas digitales se analizan y modelan, a menudo con inteligencia artificial, para hacer predicciones y facilitar el aprendizaje.

Los investigadores en el campo del **aprendizaje analítico** obtienen datos sobre cómo aprende el alumnado para que el profesorado (o incluso otros actores implicados como alumnos, padres, instituciones, etc.) pueda tomar decisiones que faciliten el aprendizaje^{19,103}. Por ejemplo, el resultado del análisis puede llevar a modificar el diseño de un curso, influir en cómo los estudiantes revisan el contenido, reconocer aspectos que les resultan difíciles, identificar personas en riesgo de abandonar el curso, saber cómo van en otras asignaturas, predecir la nota final, tener una impresión del rendimiento de toda la clase o permitir al alumno saber cómo progresan sus compañeros etc.^{62,104–111}.

Algunos investigadores señalan la necesidad de recoger más datos sobre cómo se aprende y que estos provengan de fuentes diversas y sean interoperables.

Los datos recogidos a través de distintas herramientas digitales se analizan y modelan, a menudo con IA para hacer predicciones^{112,113}. Por ejemplo, la fuente de datos pueden ser plataformas de aprendizaje adaptativo que informen al profesor del progreso y dificultades de sus alumnos con los deberes, para que pueda adaptar sus clases en consecuencia^{114,115}.

Es frecuente que los docentes no estén implicados en la investigación sobre cómo se aprende, lo que dificulta la interpretación de los resultados, muy dependiente del contexto¹¹⁶. Algunos investigadores proponen que una parte del profesorado se especialice en obtener datos para colaborar con ellos. Además, indican que para poder escalar los resultados del aprendizaje analítico, necesitan integrar datos que provengan de diversas fuentes y que estos sean **interoperables**^{116,117}.

Herramientas para automatizar tareas rutinarias

El personal educativo puede utilizar las herramientas de IA para disminuir su carga de tareas administrativas y enfocar sus esfuerzos en el alumnado.

El profesorado podría utilizar herramientas de IA para contabilizar la asistencia y reducir su carga de tareas administrativas⁷⁹.

Estas también podrían ayudar a los servicios administrativos e institucionales, por ejemplo para apoyar en los procesos de admisión o mediante **chatbots** monitorizados que resuelvan las dudas de los aspirantes en horario ininterrumpido^{19,64,118,119}. De igual manera, pueden usarse para confeccionar horarios, asignar espacios, escribir recordatorios para las familias o para planificar el calendario de exámenes^{93,120}.

Riesgos del uso de la IA en el ámbito educativo

Aún no hay suficiente evidencia sólida e independiente sobre los efectos de introducir IA en la educación.

La IA, aunque tiene sus propias especificidades, entra dentro de la tecnología educativa¹³. Aunque no hay tanta evidencia sobre su uso en educación, sí hay más sobre la tecnología educativa en general^{19,57}. En la literatura científica, se ha observado que hay dos parámetros que influyen en el éxito de las intervenciones: la dedicación y formación del implementador y el tamaño de la muestra¹²¹. Respecto a este último, la mayoría de las experiencias se investigan a pequeña escala y son una prueba de eficacia más que de efectividad en condiciones menos controladas. El efecto positivo suele diluirse al escalar, aunque también se conocen intervenciones exitosas con millones de alumnos^{10,121}.

Como otras tecnologías, la IA es un producto social que se puede orientar hacia unos valores u otros. La comunidad experta urge a abrir el debate público, incluyendo a tecnólogos, sociólogos y personal educativo, para decidir cómo encaja la IA en el sistema educativo y limitar sus riesgos.

· **Aprendizaje analítico:** Técnicas para recopilar y medir datos sobre los estudiantes y sus contextos, con el objetivo de comprender y apoyar la asimilación del conocimiento y optimizar el entorno en el que se produce^{57,208}.
· **Interoperable:** Datos intercambiables entre distintos sistemas.

Un experimento con tecnología educativa a gran escala fue la educación durante la reciente pandemia cuando, debido al cierre repentino de los centros educativos, las clases se impartieron en remoto utilizando medios digitales¹²². Aunque estas decisiones permitieron a muchos estudiantes continuar el curso, otros quedaron excluidos¹²². En países como España, se estima que se perdió un 35 % del aprendizaje en comparación a un año normal y que estas pérdidas fueron aún mayores para menores de entornos desfavorecidos^{122,123}. En este contexto tan difícil, también empeoró la salud mental y física, y las relaciones humanas se remplazaron por las mediadas por máquinas¹²². En estas circunstancias extremas, los estudios señalan que la tecnología no fue capaz de sustituir a las escuelas¹²².

Respecto a la IA, aún no hay suficiente evidencia sólida e independiente sobre los efectos de introducirla en la educación y su eficacia para mejorar el aprendizaje^{19,57,120}, por lo que las afirmaciones que reivindican su poder transformador en este ámbito son todavía aspiracionales¹⁹.

Para algunos, la tecnología no es ideológicamente neutra, sino que acarrea unos valores que no pueden separarse del contexto social y político en el que opera^{22,32,124,125}. Al ser un producto social, sus efectos e impactos no pueden desvincularse de los objetivos de las políticas educativas, que pueden priorizar mayor equidad y justicia social, o mayor excelencia y diferenciación^{22,124,126}. Para decidir cómo encaja la IA en el sistema educativo y limitar sus riesgos e impactos indeseados, se precisa contar tanto con los tecnólogos como con los responsables de política educativa, los especialistas en ciencias sociales y la comunidad educativa, para abrir y diversificar el debate público¹²⁴. Esto implica conocer cómo las personas usan esta tecnología, qué recursos se necesitan para producirla, qué actores desarrollan y comercializan las aplicaciones y qué formas de organización educativa conllevan¹²⁴. En el contexto educativo se traduce en contar con el profesorado, el alumnado, los gestores y expertos en educación, así como evaluar si el objetivo que persigue la introducción de la IA promueve su bienestar y una educación inclusiva, equitativa y de calidad¹²⁷.

A continuación, se describen una serie de riesgos asociados al uso de IA en educación, algunos comunes a otras tecnologías educativas.

Privacidad y protección de datos

El Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) protege los derechos y las libertades fundamentales de las personas físicas en relación con las actividades de tratamiento de datos de carácter personal⁹⁶.

Tendrán que someterse al RGPD los tratamientos que incluyan operaciones implementadas con sistemas de IA que tratan datos personales, generan perfiles de personas físicas o toman decisiones sobre ellas¹²⁸. En este sentido, ha de someterse a los principios de: licitud, lealtad y transparencia (que los datos se traten solo si lo ampara una base legal, sin llevar a error o a engaño al interesado, al que se debe informar de manera clara y concisa), limitación de la finalidad (que se recojan con fines determinados explícitos y legítimos), minimización de datos (recoger los mínimos necesarios para el propósito de la actividad), exactitud, limitación del plazo de conservación (que se pueda identificar al interesado solo el tiempo necesario para los fines acordados) y seguridad y confidencialidad (que se garantice la seguridad de los datos) y **responsabilidad proactiva**⁹⁶.

Sin embargo, la realidad es diferente. Por un lado, en algunas herramientas de aprendizaje falta información sobre el tratamiento de datos, como qué datos se recogen (pueden ser personales, académicos, de asistencia u otros más invisibles como los clics del alumno, el tiempo en la página, las respuestas que se reescriben etc.), dónde se almacenan, por cuánto tiempo, cómo se garantiza la calidad de los datos generados, qué intervinientes participan en los tratamientos o para qué fines se usarán^{19,76,129}. También hay cierta opacidad que dificulta validar si efectivamente se cumplen los principios mencionados¹⁹.

⁹⁶ **Responsabilidad proactiva (en inglés *accountability*)**: es necesario que el responsable del tratamiento aplique medidas técnicas y organizativas apropiadas a fin de garantizar y poder demostrar que el tratamiento es conforme con el RGPD (artículo 24).

Tendrán que someterse al Reglamento General de Protección de Datos las herramientas de IA que tratan datos personales, perfilan personas físicas o toman decisiones sobre ellas.

En algunas herramientas de tecnología educativa falta información sobre el tratamiento de datos y hay cierta opacidad para verificar si se cumple con el RGPD. Algunos algoritmos pueden inferir información verdadera o errónea que vulnere la privacidad del usuario o resulte en discriminación.

Por otra parte, los sistemas que incluyen IA pueden aumentar los riesgos para los derechos y libertades de alumnos, profesores y familiares, así como de seguridad¹³⁰ o presentar algunos específicos¹²⁸. Asimismo, los modelos basados en aprendizaje automático suelen funcionar mejor con más datos de los estrictamente necesarios, lo que dificulta establecer el límite del principio de minimización¹³⁰.

En la misma línea, además de los datos que se le provean, algunos algoritmos pueden inferir información, verdadera o errónea, que vulnere la privacidad de los usuarios e incluso pueda resultar en discriminación^{15,19}.

Hay que tener en cuenta que el tratamiento de datos para el uso de IA en las aulas no puede basarse en el consentimiento de un menor de 14 años y generalmente no puede fundarse en el consentimiento, que no es apropiado cuando hay un desequilibrio de poder entre las partes y puede retirarse en cualquier momento^{86,131}. Como todo tratamiento de datos personales, si no está basado en el consentimiento solo podrá llevarse a cabo si es necesario para cumplir determinados propósitos: ejecutar o perfeccionar un contrato, atender el interés público o cumplir una obligación legal^{86,96}. En los últimos dos casos, dicho propósito debe estar establecido en una norma con rango de ley^{86,96}.

Existen mecanismos para disminuir el riesgo, como ejecutar las aplicaciones en el propio dispositivo en lugar de en un servidor web, usar versiones que no sigan aprendiendo, convertir los datos en menos legibles, agregarlos, o anonimizarlos^{128,130}.

Si el tratamiento que emplea IA implica un alto riesgo, es obligatorio que sea realmente idóneo (cumpla objetivamente su propósito), necesario (no haya otra forma menos lesiva de conseguir el propósito) y proporcional (los beneficios para la sociedad y el interesado compensan la intrusión en los derechos y libertades)⁹⁶.

Asimismo, la determinación de la calidad y confiabilidad de los productos que utilizan IA no puede basarse únicamente en las manifestaciones de fabricantes y distribuidores: es fundamental que, como cualquier otro desarrollo tecnológico, pasen exámenes previos ejecutados por terceros y que se desarrollen marcos de referencia para acreditar el cumplimiento del RGPD¹²⁸.

Vigilancia

Los estudiantes pueden sentirse vigilados y cambiar sus comportamientos.

Si las aplicaciones de IA recogen constantemente datos sobre su desempeño académico, los estudiantes pueden sentirse vigilados, expuestos y cambiar sus comportamientos, inhibirse, autocensurarse o actuar como creen que se espera de ellos^{76,86}. Algunos estudios advierten de que disponer de tantos datos puede derivar en relaciones en el aula basadas en la desconfianza, el control y la supervisión^{23,132}.

Sesgos

Los sesgos pueden resultar en un mal funcionamiento del algoritmo o incluso en discriminación de los estudiantes. Pueden estar en los datos de entrenamiento, en los algoritmos o en la apariencia física del sistema.

Seleccionar adecuadamente los datos para el entrenamiento de la IA es un paso clave para su funcionamiento ético: si no están equilibrados, la herramienta puede reproducir estos sesgos durante su funcionamiento^{64,76,133,134}. Por ejemplo, si se ha entrenado mayoritariamente con rostros de hombres blancos, no será tan eficiente reconociendo rostros de mujeres, especialmente mujeres no blancas¹³⁵. Es más, si hay un grupo sobrerrepresentado, la IA puede reconocer patrones o establecer relaciones de causalidad erróneas en su beneficio. Por ejemplo, puntuar mejor los currículums de hombres al inferir que ser hombre es preferible en determinados puestos¹³⁵.

No se ha hecho público el conjunto de datos que se ha utilizado para entrenar los principales modelos de lenguaje, aunque se sabe que incluye una mayoría de contenido sin seleccionar recogido directamente de internet¹³⁶. Uno de estos conjuntos de datos, el llamado *Common Crawl*, ha servido para entrenar a los principales modelos y contiene un porcentaje no desdeñable de contenido no deseado, que incluye discurso de odio y contenido sexual explícito incluso después de haber sido filtrado¹³⁶. En los textos e imágenes producidos por

estos modelos se han detectado sesgos que llevan a generar contenido sexista, racista o a perpetuar y replicar determinados estereotipos^{15,57,76}.

Los prejuicios también pueden estar en los algoritmos y en la apariencia física, voz o nombre que adopte el sistema. Por ejemplo, la mayoría de los asistentes virtuales para los estudiantes en distintas universidades españolas tiene nombre y apariencia de mujer¹³⁵.

Además de la recomendación de usar datos de calidad, existen técnicas de diseño centrado en la persona para favorecer el desarrollo ético de los productos de software^{137,138}. Aquí se incluyen, por ejemplo, protocolos para diseñar productos más inclusivos en cuanto al género¹³⁹, instrucciones específicas para neutralizar variables discriminatorias¹³⁵ o utilizar la IA como herramienta para anonimizar perfiles en los procesos de selección o eliminar la información que permita la identificación personal¹³³.

Efecto filtro

La IA generativa no es un buscador, sino que actúa como un filtro según los datos con los que se ha entrenado^{57,74}. Puede no tener acceso a todo el conocimiento de un tema (por ejemplo, incluir artículos de unos autores y de otros no o excluir el conocimiento no digitalizado), lo que empobrece la realidad para los usuarios y sesga el conocimiento^{57,74}.

Por estas razones, algunos expertos señalan la conveniencia de que universidades y otras entidades públicas desarrollen modelos más transparentes y confiables, abiertos y sin ánimo de lucro^{74,140}.

Desconexión social

La escuela, además de un espacio académico, es un espacio de socialización insustituible donde se aprende con y de los otros y donde el vínculo con el profesorado es central para el éxito educativo^{141,142}. Como con otras tecnologías, el uso de dispositivos de IA por parte de los estudiantes puede llevar a que interactúen menos con sus compañeros y profesores^{120,122,143}. Priorizar la relación del alumnado con la tecnología puede debilitar el aspecto social del aprendizaje^{85,122,144} y empobrecer la experiencia educativa, al aumentar el aislamiento, la soledad y la desconexión¹⁴³.

Sin embargo, algunos expertos apuestan por el diseño de aplicaciones de IA alineadas con los valores sociales, que permitan al alumnado beneficiarse de la tecnología sin remplazar la interacción humana¹⁴⁴. Esta corriente sugiere que las herramientas de IA son una oportunidad para planificar actividades en las que los estudiantes puedan establecer sus propios objetivos y trabajar en equipo en proyectos abiertos¹⁴⁴.

Efectos en las capacidades humanas

Más allá de los efectos de usar IA en la experiencia educativa, todavía se desconoce su impacto en el desarrollo neurológico, cognitivo y emocional de los escolares^{19,145}. Preocupa, por ejemplo, el efecto que puede tener la IA generativa en habilidades como la creatividad, la curiosidad, el pensamiento crítico o la capacidad de resolver problemas, así como la posibilidad de generar dependencia tecnológica^{57,120,146}. En algunos casos, puede usarse para saltarse el proceso de aprendizaje y obtener directamente el producto final⁷³. También cabría la posibilidad de que la IA merme las funciones del profesorado, y sean relegados a facilitadores de la tecnología y monitores del comportamiento del alumnado^{57,120}.

No obstante, un estudio con alumnado universitario reveló que la IA generativa facilita y acelera la generación de ideas y otros aspectos de la creatividad¹⁴⁷. Como contrapunto, algunos de los participantes no conseguían aportar alternativas a las propuestas por la IA y sintieron que la tecnología hacía el trabajo por ellos¹⁴⁷. Además, algunos no veían las sugerencias de la IA como originales, sino como un refrito de ideas ajenas, lo que subraya la necesidad de supervisión y refinamiento de los resultados¹⁴⁷. A pesar de su utilidad, otra investigación indica que los estudiantes tienden a depender de la IA en lugar de aprender de ella, lo que subraya la necesidad de equilibrar su uso¹⁴⁸.

Por su entrenamiento, las herramientas pueden no tener acceso a todo el conocimiento disponible sobre un tema y ofrecer una visión sesgada de la realidad.

Las herramientas de IA, como otras tecnologías, pueden promover el aislamiento del alumnado o favorecer el aprendizaje colaborativo, según como se diseñen.

Todavía se desconoce el impacto que utilizar estas tecnologías puede tener en el desarrollo neurológico, cognitivo y emocional de los escolares. Preocupa por ejemplo el efecto que puede tener la IA generativa en algunas habilidades como la creatividad. La comunidad experta recomienda utilizarla para mejorar las habilidades humanas y crear con ella, en lugar de dejar que la IA cree por los humanos.

Por otra parte, un estudio sobre cómo utilizan la IA generativa los estudiantes de doctorado, detectó que los que usaban la IA para mejorar sus textos escribían mejor que aquellos que no la usaban o la utilizaban únicamente como fuente de información suplementaria¹⁴⁹. En esta línea, la comunidad experta recomienda desarrollar y utilizar herramientas que mejoran las habilidades humanas, más que utilizarla como un buscador⁷⁹. Proponen crear con la IA en lugar de dejar que la IA cree por los humanos¹⁵⁰.

Inexactitudes, errores y exceso de confianza

La IA generativa a menudo ofrece información incorrecta que puede pasar desapercibida. El criterio que emplea en sus decisiones puede ser difícil de ignorar, lo que indica la necesidad de regulación y establecer estándares de calidad altos en los sistemas que puedan condicionar las decisiones humanas.

La IA generativa inventa información que puede parecer verídica⁷⁶. Esto puede llevar a generar materiales educativos de baja calidad o a respuestas incorrectas del alumnado¹²⁰. Un estudio reciente con preguntas sobre programación identificó que ChatGPT ofrecía información incorrecta en el 52 % de las respuestas¹⁵¹. Esta inexactitud es una de las principales preocupaciones de los profesores¹⁵². Sin embargo, en otra encuesta, solo el 56 % de los alumnos consideraba que a veces puede proporcionar información falsa^{11,32}. Además, a menudo la desinformación puede pasar desapercibida¹⁵¹.

También se ha observado que puede impactar negativamente en la toma de decisiones porque las personas tienden a confiar en el criterio del algoritmo y no lo ignoran cuando es erróneo^{153,154}, incluso si el usuario tiene información sobre cómo decide el algoritmo¹⁵³.

Estos datos subrayan la necesidad de regulación y estándares de calidad altos en los sistemas que puedan condicionar las decisiones humanas (por ejemplo, en orientación académica). Al mismo tiempo, es clave desarrollar el pensamiento crítico del alumnado y fomentar su curiosidad por saber más^{76,153}.

Derechos de autor y plagio

Todavía no hay guías claras sobre si los usuarios pueden publicar como propio contenido que ha sido en parte generado por IA ni está establecido claramente quién es responsable si el contenido está protegido por derechos de autor.

Los datos que se han utilizado para entrenar a los modelos de lenguaje de gran tamaño son públicos, pero se sabe que también pueden acceder a contenido protegido por derechos de autor y resumirlo o utilizar fragmentos de fotografías con marca de agua para componer una nueva imagen^{57,155}. Asimismo, algunas licencias de copyright permiten usar el contenido si se cita la fuente original, algo que los modelos pueden hacer o no⁵⁷. Normalmente la IA no reproduce los textos literalmente, sino que los genera a partir de las fuentes¹⁵⁵. Sí puede reproducir frases comunes que no generan derechos. Sin embargo, puede darse el caso de que en el entrenamiento se repita mucho algún contenido protegido, por ser muy frecuente, y que la IA considere que es una respuesta natural y lo reproduzca sin modificarlo¹⁵⁶. Así, en teoría el estudiante podría incurrir en plagio o violar derechos de autor si usa textos o imágenes procedentes de la IA sin modificar, que en origen estén protegidos, sin acreditarlo⁷⁴. Algunas grandes compañías han denunciado la reproducción de sus contenidos sin permiso, pero todavía no hay sentencias al respecto^{155,157,158}.

En este sentido, el Real Decreto 24/2021 indica que es lícito utilizar contenidos protegidos por derechos de propiedad intelectual para la minería de datos siempre que la finalidad sea la investigación o los usos comerciales, a menos que el titular rechace explícitamente que su contenido se utilice para este fin¹⁵⁹. Aun así, según el personal experto, todavía hay incertidumbre sobre cómo se van a interpretar estos supuestos respecto a la IA generativa.

Actualmente, la obra generada únicamente por IA no es protegible por derechos de autor, ya que por ley solo los humanos pueden ser autores¹⁶⁰. Sin embargo, todavía no hay guías claras sobre cuánto hay que modificar un contenido para poder reclamar algún derecho^{57,161}. Además, como la IA generativa puede tomar textos de otras personas, la autoría y el plagio ya no son tan sencillos de definir como antes (alguien ha sido autor o no, se ha utilizado una fuente o no)^{74,162}. Se discute por ejemplo si la IA generativa podría generar derechos como el *sui generis* sobre bases de datos¹⁶³.

¹⁶³·Derecho *sui generis* sobre bases de datos: Derecho del fabricante de una base de datos a prohibir la extracción o utilización de su contenido de manera total o parcial.

De generalizarse el uso de las aplicaciones de IA en educación, podría tratarse de una privatización encubierta, ya que la mayoría son productos comerciales. La concentración de tecnologías en unas pocas compañías puede llevar a homogenizar lo que se estudia en distintos países.

El acceso a la infraestructura digital es desigual. Además, la mayoría de las aplicaciones requieren con el tiempo suscripción de pago, lo que podría ensanchar la brecha.

Los sistemas de IA, especialmente los de IA generativa, son costosos para el medio ambiente, aunque hay alternativas para que contaminen menos.

Comercialización de la educación

La investigación en IA se realizaba mayoritariamente en las universidades hasta 2014, cuando aumentaron las colaboraciones con las empresas¹⁶⁴. Sin embargo, el auge del **aprendizaje profundo** está inclinando la balanza hacia el dominio empresarial, que cuenta con gran financiación, potencia de cálculo, grandes conjuntos de datos e investigadores altamente capacitados^{41,165}. De generalizarse el uso de las aplicaciones de IA en educación, podría tratarse de una privatización encubierta, ya que la mayoría son productos comerciales¹⁹.

Por otro lado, las compañías pioneras y más exitosas están concentradas en unos pocos países, mayoritariamente de habla inglesa, lo que dificulta la diversidad cultural y puede llevar a que estas compañías determinen y homogeneicen los contenidos que se estudian^{19,57}. Además de la influencia que estas empresas pueden tener en las sociedades del futuro de los países usuarios, también se produce una brecha entre los países con acceso a esta tecnología y el resto^{19,57}.

En otro plano, algunos también apuntan la necesidad de salvaguardar la libertad académica de los profesores que utilizan plataformas educativas en la universidad y la propiedad intelectual sobre el contenido que suben²⁹.

Como solución, la comunidad experta propone promover recursos educativos abiertos y el desarrollo de herramientas públicas que permitan la independencia respecto a las empresas^{19,140}.

Agrandar la brecha digital

Para usar la IA se requiere una infraestructura digital básica, con ordenadores y acceso estable a internet¹⁵. No obstante, el acceso a estos recursos es desigual, como evidenció la pandemia^{15,58}, aunque podría paliarse con sistemas de préstamo, reciclaje y reacondicionamiento de dispositivos en los centros¹²⁰. También son desiguales las competencias digitales de las familias¹²⁰. Además, la mayoría de las aplicaciones de IA son gratuitas al principio para después requerir suscripción de pago, necesaria para acceder al menos a la versión más potente de la tecnología⁷⁶. Esto puede resultar en desigualdades entre alumnos y centros. Por otro lado, las herramientas gratuitas basan su negocio en los datos recabados o en la publicidad^{19,76,143}.

Para favorecer la igualdad, la comunidad experta llama a desarrollar programas de bajo coste para el usuario, fáciles de usar, que unifiquen las mejores características y que no requieran demasiado conocimiento técnico para su uso⁷⁹.

Gasto energético y coste ambiental

Los sistemas de IA, especialmente los de IA generativa, son costosos para el medio ambiente: precisan energía y materias primas críticas, emiten CO₂, consumen agua para enfriar los servidores, ocupan espacio físico y generan desechos electrónicos^{57,166-168}.

Una parte significativa del gasto energético proviene del entrenamiento de los modelos. Por ejemplo, se estima que una persona emite unas 5 toneladas de CO₂ (o gases equivalentes) al año, mientras que entrenar un modelo grande basado en redes neuronales emitió 284 toneladas⁴¹.

Usarlos también deja una huella de carbono, especialmente importante en la generación de imágenes^{166,169}. Incluso cuando se trata de texto, 1000 respuestas equivaldrían en los modelos más eficientes al 9% de la energía necesaria para cargar un móvil inteligente¹⁶⁶. Así, aunque cada respuesta puede requerir una cantidad relativamente pequeña de energía, el consumo total se acumula exponencialmente cuando se utiliza en todo el mundo millones de veces al día¹⁶⁶. Además, los grandes modelos de lenguaje siguen aumentando de tamaño,

lo que multiplica su consumo y requerimientos^{41,168,169}. En este sentido, otros argumentan que entrenar mejor a los modelos ahorra energía a largo plazo, ya que son más eficaces y gastan menos energía cada vez que se usan¹⁷⁰.

Otras estrategias para que la IA contamine menos serían reutilizar modelos en vez de entrenarlos desde cero, utilizar fuentes de energía renovables y decidir en qué situaciones se necesita y con qué capacidades^{41,167,170}.

El encaje de la IA en el sistema educativo

A continuación, se exploran algunas alternativas para dotar a la sociedad con las herramientas y capacidades necesarias para relacionarse con la IA de manera efectiva, especialmente en el plano educativo.

Alfabetización en IA

La alfabetización digital no es un tema de futuro sino de presente, pues la sociedad digital ya configura la forma en que interpretamos, vivimos y entendemos el mundo así como la experiencia de estar en la escuela para los estudiantes¹⁷¹. No obstante, disponer de aparatos tecnológicos no garantiza que los estudiantes adquieran los conocimientos que precisarán para estudiar o trabajar. No se trata solamente de aprender a usar la tecnología, sino de comprenderla críticamente y capacitar a las personas para participar en la sociedad digital actual^{171,172}.

En concreto, aprender los fundamentos de la IA es necesario para que los estudiantes y otros actores del sistema educativo puedan usarla de forma segura, entiendan la tecnología, sus riesgos y beneficios y cómo les afecta¹⁷³, además de para desmitificarla y evitar errores de concepto (por ejemplo, atribuirle en exceso rasgos o cualidades humanas¹⁷⁴). También es esencial para despertar vocaciones y cubrir los puestos de trabajo especializado que se requerirán en los próximos años¹⁷³. A este respecto, en la Unión Europea, la oferta académica de másteres en IA está liderada por Alemania, Países Bajos y Suecia, con España en una posición intermedia¹⁷⁵. Sin embargo, recientemente ha aumentado el número de másteres ofertados, tanto genéricos como especializados y diversas universidades han iniciado grados en IA¹⁷⁵.

El **pensamiento computacional**, el lenguaje de programación y la robótica educativa, ya presentes en los currículos de educación infantil, primaria y secundaria¹⁷⁶⁻¹⁷⁸, suponen una buena base para facilitar la comprensión de la IA^{173,179}. Al tratarse de un campo nuevo para la educación preuniversitaria y en continuo cambio, por el momento solo 15 países han aprobado o están desarrollando currículos para su enseñanza en estas etapas¹⁸⁰. En España, su introducción reglada sigue pendiente¹⁸¹. Es necesario definir qué debe aprender el alumnado en este contexto¹⁸². A este respecto, desde Europa y el Ministerio de Educación se recopilan ya escenarios educativos y ejemplos prácticos de su uso^{20,179}. A nivel internacional se está desarrollando un marco de referencia sobre el plan de estudios en IA¹⁸⁰.

Mientras que, en etapas tempranas, pueden utilizarse aproximaciones sin ordenadores o sin usar la IA para formar al alumnado, en España, una iniciativa particular ha desarrollado una plataforma denominada LearningML, que permite enseñar las bases del aprendizaje automático y reflexionar sobre su uso responsable^{173,183} (**Ver Cuadro 4**).

A continuación, se exploran alternativas para cimentar una relación efectiva y segura con la IA.

Aprender los fundamentos de la IA es necesario para que los estudiantes y otros actores del sistema educativo puedan usarla de forma segura, entiendan la tecnología y cómo les afecta. También para despertar las vocaciones necesarias en este sector.

En España la introducción reglada de la IA en etapas preuniversitarias sigue pendiente. Ya se enseña el pensamiento computacional, el lenguaje de programación y la robótica educativa.

Pensamiento computacional: Enfoque de resolución de problemas que se utiliza comúnmente en la informática y en la programación pero que también se puede aplicar a una gran cantidad de situaciones no informáticas. Desarrolla habilidades como la abstracción, la descomposición de problemas en otros más simples, la identificación de patrones y el diseño de algoritmos²⁰⁹.

LearningML es una plataforma abierta de software libre y accesible para enseñar las bases del aprendizaje automático y reflexionar sobre su uso responsable.

Cuadro 4. LearningML: una herramienta desarrollada en España para enseñar aprendizaje automático

LearningML es una plataforma abierta de software libre y accesible que no requiere grandes conocimientos para iniciarse en su uso, pero permite desarrollar proyectos complejos con distintos algoritmos¹⁷³. En la actualidad, es utilizada por una media de 700 estudiantes al día en escuelas e institutos de todo el país¹⁸⁴⁻¹⁸⁶. Consta de dos aplicaciones, una para desarrollar modelos de aprendizaje automático a partir del entrenamiento de datos y otra para programar aplicaciones creativas utilizando el modelo generado¹⁷³. No requiere registro y se ejecuta localmente en el ordenador del docente, sin necesidad de recurrir a la nube, lo que garantiza la protección de datos¹⁷³. También existe una versión de escritorio que no requiere conexión a internet, lo que posibilita su uso en zonas remotas¹⁸⁷.

LearningML se evaluó en un taller online con 135 estudiantes de entre 10 y 16 años durante la pandemia con buenos resultados de aprendizaje¹⁸³. En la misma línea, también se ha demostrado útil con profesores de distintas comunidades autónomas y como actividad del aula de matemáticas en E.S.O^{184,185}. Otras aplicaciones para enseñar aprendizaje automático serían *Teachable Machine*, *Cognimates* o *Machine Learning for kids*^{76,173}.

Otro aspecto relevante es enseñar a los alumnos a comprender y analizar datos, que son la base de las aplicaciones de aprendizaje automático, así como estadística, matemáticas e informática¹⁷⁴.

Actualmente, la evidencia científica internacional sobre las experiencias de enseñanza del aprendizaje automático en la educación preuniversitaria es escasa y centrada mayoritariamente en la etapa del instituto como parte de la educación formal y asociada a actividades informáticas, aunque se espera que se publiquen investigaciones más variadas en los próximos años¹⁸⁸. En los estudios también se evidenció la falta de preparación del profesorado para enseñar aprendizaje automático¹⁸⁸. Este aspecto es clave, pues el éxito de las experiencias parece depender del grado de competencia e interés en el tema del docente, lo que subraya la necesidad de investigar sus necesidades¹⁸⁸.

Asimismo, muchos estudios no detallan el grado de adquisición de conocimiento de los estudiantes tras el programa¹⁸⁹. Conviene desarrollar criterios de evaluación para medir el grado de alfabetización en IA y qué implica esta alfabetización en los distintos niveles preuniversitarios¹⁸⁹.

Formación del profesorado

Respecto a la preparación de los docentes, es importante que dispongan del conocimiento necesario para utilizar y adaptar las herramientas de IA según sus prioridades didácticas y pedagógicas²³.

Algunos estudios preliminares indican que el profesorado preuniversitario de España e Iberoamérica conoce y usa poco las herramientas de IA¹⁹⁰. En esta línea y ante la rapidez con que esta avanza, una mayoría del claustro no se cree preparado para integrarla en su profesión, cree que necesita formación y aduce falta de tiempo para ponerse al día o preocupaciones acerca de sus riesgos^{62,174,191}.

En este sentido, según algunas investigaciones en curso, la opinión respecto al uso de la IA puede volverse más positiva tras un curso de capacitación¹⁹². El Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF) ofrece formación para el profesorado en distintos formatos, como un complemento que mejora la competencia digital docente¹⁹³. El profesorado necesita distintas competencias según el objetivo: enseñar cómo interactuar de manera segura con la IA, abordar la IA desde un enfoque técnico o utilizarla con fines educativos¹⁹⁴. Además, el trabajo manual y de fabricación tecnológica fomenta la comprensión y favorece el pensamiento crítico del alumnado¹⁷¹, por lo que algunos expertos sugieren incluso que los profesores desarrollen actividades de construcción de tecnologías

Algunos estudios preliminares indican que al profesorado le falta formación en las herramientas de IA.

sencillas en el aula. Esto implica que puedan servirse de recursos educativos abiertos fácilmente adaptables o grupos de apoyo y asesoramiento. Para ello necesitan herramientas para experimentar con la IA y tiempo y recursos para pensar individual y colectivamente en proyectos estables^{79,195}.

Regulación para el uso de IA

Aunque hay aspectos de la IA que ya están regulados por otras leyes, como el tratamiento de datos por el RGPD, el Reglamento de IA del Parlamento Europeo y del Consejo, entrará mayoritariamente en vigor en 2026 sin necesidad de trasposición. Según este reglamento, incorporar sistemas de IA en la educación es importante para promover una educación digital de alta calidad y para permitir a estudiantes y profesores adquirir y compartir las competencias digitales necesarias⁹⁵.

Con esta norma, para evitar vulnerar la privacidad de los estudiantes y perpetuar patrones históricos de discriminación, se prohíben los **sistemas de reconocimiento de emociones** en la educación, excepto si tienen uso terapéutico⁹⁵. Además, se considerarán sistemas de alto riesgo los que pueden determinar el curso educativo y profesional de la vida de una persona e influir en sus posibilidades futuras⁹⁵. Entre ellos:

- Sistemas que determinan admisiones o asignan personas a programas educativos o instituciones⁹⁵.
- Sistemas que evalúan el grado de aprendizaje o el nivel educativo e influyen en el título que los alumnos van a recibir o en el nivel educativo al que tienen acceso⁹⁵.
- Sistemas que monitorizan y detectan comportamientos prohibidos durante los exámenes⁹⁵.

Los sistemas de alto riesgo están sujetos a obligaciones estrictas antes de que puedan introducirse en el mercado, como someterlos a evaluación, entrenarlos con conjuntos de datos de alta calidad o garantizar la trazabilidad de los resultados, entre otros⁹⁵.

En paralelo, el Consejo de Europa, formado por 46 países y abierto a otras adhesiones, ha publicado el primer borrador del Convenio Marco sobre Inteligencia Artificial, Derechos Humanos, Democracia y Estado de Derecho¹⁹⁶.

A nivel nacional, destacan los esfuerzos por robustecer la gobernanza y el marco regulatorio, con la creación de la primera Agencia Española de Supervisión de la Inteligencia Artificial, que velará por la adherencia a los estándares de IA y facilitará su introducción responsable¹⁹⁷. También se ha creado un **sandbox regulatorio** en colaboración con la Comisión Europea para implementar la nueva legislación^{198,199}.

Las comunidades de Cataluña y Canarias han publicado sendas guías orientativas sobre el uso de la IA en el sistema educativo^{76,200}.

Hacia la IA responsable en educación

El desarrollo e introducción responsable de la IA en educación requiere garantizar que la IA sea fiable. Para ello, debe fundamentarse sobre 3 pilares: cumplir con la ley, adherirse a los principios éticos y ser **robusta**²⁰¹⁻²⁰³.

Junto con los requerimientos ya mencionados, la IA fiable admite el control o la supervisión humana y es transparente y explicable, lo que permite que los agentes implicados entiendan cómo llega al resultado²⁰¹. Los algoritmos también deben poder ser auditados para comprobar que funcionan como se espera y además debe haber un responsable si la IA causa daños^{201,204}.

- **Sistemas de reconocimiento de emociones:** Sistema de IA para identificar o inferir emociones o intenciones de personas según sus datos biométricos.
- **Sandbox regulatorio:** Marco para unir a las empresas desarrolladoras de IA con la autoridad reguladora para definir qué características deben tener estos sistemas para cumplir con la regulación europea.
- **Robustez de la IA:** Cualidad de los sistemas digitales que busca que no causen daño sin querer y sean confiables desde la perspectiva técnica y social. Consiste, por ejemplo, en disminuir sus posibles debilidades para que no sean sensibles a interferencias que puedan alterar el resultado de su análisis.

El Reglamento de IA del Parlamento Europeo y del Consejo entrará en vigor mayoritariamente en 2026. Prohíbe los sistemas de reconocimiento de emociones y caracteriza otros como de alto riesgo, lo que implica que tendrán que estar sujetos a obligaciones estrictas antes de que puedan introducirse en el mercado.

La IA debe cumplir una serie de criterios para considerarse responsable.

En el plano educativo, la comunidad experta llama a evaluar las herramientas de IA antes de implantarlas y a dar tiempo a los profesores para formarse y que puedan plantear proyectos estables. También aconseja tomar decisiones que puedan ser ajustables y reversibles y a usar la tecnología sin caer en el solucionismo tecnológico.

Asimismo, tiene que ser beneficiosa, no solo para las personas de hoy, sino también para las generaciones del futuro, lo que subraya la necesidad de que sea sostenible²⁰¹.

En el plano educativo, la comunidad experta sugiere evaluar las herramientas de IA antes de usarlas en base a criterios que ya se usan con otros recursos educativos, tales como la exactitud del contenido, la adecuación a la edad, la pertinencia de los métodos pedagógicos y la idoneidad cultural y social²⁵.

Por otro lado, para desarrollar la IA de manera responsable en el ámbito educativo, parte de la comunidad experta propone fundamentar su incorporación en el Principio de Precaución. Este principio no implica inmovilismo, sino actuar según una *acción mesurada*, que se caracteriza por ser progresiva, revocable, tener en cuenta las consecuencias de las acciones y retroalimentarse de las opiniones y necesidades de la comunidad educativa^{171,205}. En definitiva, sin negar el potencial transformador de la tecnología, algunos llaman a huir del **solucionismo tecnológico**, ya que transformar y mejorar la educación depende especialmente de la política educativa y el contexto social y familiar⁷¹. Los cambios que pueden conllevar las tecnologías van de la mano de transformaciones en otras dimensiones, como la infraestructura educativa, la preparación de los profesores, establecer nuevas pedagogías, mejorar la evaluación, tener un contenido y currículo de alta calidad etc.²³.

· **Solucionismo tecnológico:** Considerar que los problemas complejos se resuelven fácilmente inventando o aplicando tecnologías.

Ideas fuerza

- La comunidad experta insta a debatir cómo encaja la IA en el sistema educativo y a decidir cómo dotar a las instituciones con las herramientas, la metodología, las capacidades humanas, la ética y los marcos regulatorios para mejorar la educación.
- El uso de la IA en educación conlleva beneficios, desafíos y riesgos sobre los que todavía hay incertidumbres, ya que aún no hay suficientes estudios sistemáticos e imparciales al respecto.
- Entre las oportunidades, el alumnado podría acceder a herramientas que personalicen el aprendizaje o les asistan en sus tareas. El profesorado podría utilizar los sistemas de IA para reducir el tiempo que dedican a tareas habituales, como planificar las clases, organizar a los estudiantes en equipos más efectivos o recoger datos sobre su aprendizaje y analizarlos para tomar decisiones más informadas. Las herramientas de IA generativa urgen a replantear la evaluación de las capacidades del alumnado.
- El uso ético y responsable de la IA en educación abarca aspectos muy diferentes, como la privacidad del alumnado, el efecto en sus habilidades cognitivas, el tratamiento de datos, el riesgo de desconexión social, o el coste ambiental de estas tecnologías.
- Hay aspectos que favorecen una relación más segura y productiva con la IA: el desarrollo de una IA responsable, ética y de calidad demostrada, su regulación (aunque algunos aspectos como el tratamiento de datos ya están regulados por leyes vigentes) y la alfabetización en IA del alumnado y el personal educativo.
- Entender los fundamentos de la IA sirve no solo para usar la tecnología existente, sino también para entender su funcionamiento, valorar sus riesgos y beneficios, entrenar el pensamiento crítico y ser innovadores y responsables en su desarrollo y aplicación.
- La comunidad experta urge a promover los recursos educativos abiertos y el desarrollo de herramientas públicas independientes.

Bibliografía:

1. Lee, K.-F. *Superpotencias de la inteligencia artificial: China, Silicon Valley y el nuevo orden mundial*. (2020). ISBN: 978-84-234-3131-1.
2. McKinsey & Company. *The economic potential of generative AI: The next productivity frontier*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier> (2023).
3. World Economic Forum. *Future of jobs report 2023*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf (2023).
4. Goldman Sachs. *The potentially large effects of Artificial Intelligence on economic growth (Briggs/Kodhani)*. <https://www.gspublishing.com/content/research/en/reports/2023/03/27/d64e052b-0f6e-45d7-967b-d7be35fabd16.html> (2023).
5. Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). Informe C: Inteligencia artificial y salud. (2022). <https://doi.org/10.57952/tcsx-b678>.
6. Instituto Nacional de Estadística. *Encuesta sobre el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones TIC y el comercio electrónico en las empresas*. <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?tpx=59891> (2023).
7. Anderson, J. & Rainie, L. *The future of human agency*. <https://www.pewresearch.org/internet/2023/02/24/the-future-of-human-agency/> (2023).
8. Randstad research. *IA y mercado de trabajo en España. Una aproximación cuantitativa y cualitativa a los efectos futuros de una tecnología revolucionaria*. <https://www.randstadresearch.es/ia-mercado-trabajo-espana/> (2024).
9. Innerarity, D. El impacto de la inteligencia artificial en la democracia. *Revista de las Cortes Generales* 87-103 (2020). <https://doi.org/10.33426/rcg/2020/109/1526>.
10. UNESCO. *Tecnología en la educación. ¿Una herramienta en los términos de quién?* <https://www.unesco.org/gem-report/es/technology> (2023).
11. Empantallados & GAD3. *El impacto de la IA en la educación en España*. <https://empantallados.com/ia/> (2024).
12. COTEC. *Encuesta de percepción social de la innovación educativa. Informe del estudio cuantitativo*. <https://cotec.es> (2024).
13. Wegerif, R. & Major, L. *The theory of educational technology: towards a dialogic foundation for design*. (Routledge, 2023). ISBN: 978-1-00-319849-9.
14. Innerarity, D. *Moratoire artificiel. Esprit presse* (2023).
15. Ada Lovelace Institute & Nuffield Foundation. *Department for Education's generative artificial intelligence in education call for evidence: written submission*. <https://www.nuffieldfoundation.org/wp-content/uploads/2023/Ada-Lovelace-Institute-Nuffield-Foundation-Generative-AI-in-education-DfE.pdf> (2023).
16. UNESCO. *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303> (2019).
17. O'Dea, X. (Christine) & O'Dea, M. Is Artificial Intelligence Really the Next Big Thing in Learning and Teaching in Higher Education? A Conceptual Paper. *Journal of University Teaching & Learning Practice* 20, (2023). <https://doi.org/10.5376/1.20.5.05>.
18. Felix, J. & Webb, L. Use of artificial intelligence in education delivery and assessment. *POST Note* 712, (2024).
19. Holmes, W., Persson, J., Chounta, I.-A., Wasson, B. & Dimitrova, V. *Artificial intelligence and education: a critical view through the lens of human rights, democracy and the rule of law*. (Council of Europe, 2022). ISBN: 978-92-871-9236-3.
20. Innerarity, D. No es tan inteligente. *La Vanguardia* (2024).
21. Marín, P. Daniel Innerarity: "La IA llegará hasta donde pueda llegar una inteligencia que no tiene cuerpo". *La Tercera* (2024).
22. Vallès Peris, N. *ChatGPT y el fin de un mundo. ¿Innovación o retroceso?* *EduCaixa*. https://educaixa.org/documents/10180/83590605/scroll-Guia-filosof-tecn-LLM+03_educaxia_ESP.pdf?3c433cf4-3d4a-5234-0236-e9066ee164ed?t=1705318088855 (2023).
23. Cobo, C. & Rivera-Vargas, C. *What is 'algorithmic education' and why do education institutions need to consolidate new capacities?* vol. The New Digital Education Policy Landscape (Routledge, 2023).
24. UNESCO. *Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389227> (2024).
25. Bengio, Y. et al. Managing extreme AI risks amid rapid progress. *Science* 384, 842-845 (2024). <https://doi.org/10.1126/science.adn0117>.
26. U. S. Government Accountability Office. *Science & Tech Spotlight: Generative AI*. <https://www.gao.gov/products/gao-23-106782> [18/04/2024].
27. Fernández, R. *Chat GPT y el fin de un mundo. ¿Qué son los LLM?* *EduCaixa*. https://educaixa.org/documents/10180/83530763/scroll-Guia-LLM_educaxia_ESP.pdf?ffe9d098-19fb-7305-3a1a-5d2cc0a3207?t=1700585172076 (2023).
28. Cobo, C. AI bots in education: Should we feel excited or worried? <https://www.linkedin.com/pulse/ai-bots-education-should-we-feel-excited-worried-crist%3B-B3bal-cobo/> [19/04/2024].
29. El número de usuarios de ChatGPT en España se ha triplicado en tan solo un año. <https://www.europapress.es/sociedad/noticia-espanoles-mayores-ingresos-utilizan-chatgpt-casi-hora-mas-mes-menos-ganan-datos-gfk-20231129112552.html> [17/04/2024].
30. West, P. et al. The generative AI paradox: 'What it can create, it may not understand'. (2023). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.00059>.
31. Tommaso Flaminio, L. G. *ChatGPT y el fin de un mundo. ¿Qué lógica hay tras un LLM?* *EduCaixa*. https://educaixa.org/documents/10180/83531196/scroll-Guia-logica-LLM+02_educaxia_ESP.pdf?33c5520c-2964-0640-1a75-526feacle317?t=1700585954186 (2023).
32. Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados. Informe C: La desinformación en la era digital. (2023). <https://doi.org/10.57952/j3p6-9086>.
33. UNESCO. *ChatGPT e inteligencia artificial en la educación superior. Guía de inicio rápido*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146_spa (2023).
34. Qi, J., Fernández, R. & Bisazza, A. Cross-lingual consistency of factual knowledge in multilingual language models. *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2023).
35. Neplenbroek, V., Bisazza, A. & Fernández, R. MBBO: A dataset for cross-lingual comparison of stereotypes in generative LLMs. *Proceedings of the Conference on Language Modeling (COLM)* (2024).
36. ILENIA: NEL - AINA. BSC-CNS. <https://www.bsc.es/ca/research-and-development/projects/ilenia-nel-aina> [06/07/2024].
37. Testoni, A. & Fernández, R. Asking the right question at the right time: human and model uncertainty guidance to ask clarification questions. *Proceedings of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics* (2024).
38. Shaikh, O., Gligoric, K., Khetan, A., Gerstgrasser, M., Yang, D. & Jurafsky, D. Grounding gaps in Language Model Generations. *Proceedings of the 2024 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (Volume 1: Long Papers)* (eds. Duh, K., Gomez, H. & Bethard, S.) 6279-6296 (Association for Computational Linguistics, 2024). <https://doi.org/10.18653/v1/2024.naacl-long.348>.
39. Giulianelli, M., Baan, J., Aziz, W., Fernández, R. & Plank, B. What comes next? Evaluating uncertainty in neural text generators against human production variability. *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2023).
40. Baan, J. et al. Uncertainty in natural language generation: from theory to applications. (2023). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.15703>.
41. Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A. & Shmitchell, S. On the dangers of stochastic parrots: can language models be too big? *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* 610-623 (Association for Computing Machinery, 2021). <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>.
42. Singh, A., Pandey, N., Shirgaonkar, A., Manoj, P. & Aski, V. A study of optimizations for fine-tuning Large Language Models. (2024). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.02290>.
43. Latif, E. & Zhai, X. Fine-tuning ChatGPT for automatic scoring. *Computers and Education: Artificial Intelligence* 6, 100210 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100210>.
44. Li, Q., Fu, L., Zhang, W., Chen, X., Yu, J., Xia, W. & Zhang, W. Adapting Large Language Models for education: foundational capabilities, potentials, and challenges. *ArXiv* (2024). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.08664>.
45. Chen, X., Fernández, R. & Pezzelle, S. The BLA benchmark: investigating basic language abilities of pre-trained multimodal models. *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2023).
46. Thrush, T., Jiang, R., Bartolo, M., Singh, A., Williams, A., Kiela, D. & Ross, C. Winground: probing vision and language models for visio-linguistic compositionality. *2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* 5228-5238 (IEEE, 2022). <https://doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.00517>.
47. Fei, N. et al. Towards artificial general intelligence via a multimodal foundation model. *Nature Communications* 13, 3094 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30761-2>.
48. Li, C., Gan, Z., Yang, Z., Yang, J., Li, L., Wang, L. & Gao, J. Multimodal Foundation Models: From Specialists to General-Purpose Assistants. (2023). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.10020>.
49. Pezzelle, S., Takmaz, E. & Fernández, R. Word representation learning in multimodal pre-trained transformers: an intrinsic evaluation. *Transactions of the Association for Computational Linguistics* 9, 1563-1579 (2021). <https://doi.org/10.1162/tacl-a-00443>.
50. Comisión Europea. *Plan de acción de educación digital 2021-2027. Adaptar la educación y la formación a la era digital*. <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/33b83a7a-ddf9-11ed-a05c-01aa75ed71al/language-es> (2020).
51. *Estrategia de Inteligencia Artificial 2024*. https://portal.mineco.gob.es/es-es/digitalizacion/IA/Documentos/Estrategia_IA_2024.pdf (2024).
52. Ministerio de Economía, Comercio y Empresa. *España Digital 2026*. https://portal.mineco.gob.es/en-us/ministerio/estrategias/Pages/OO_Espana_Digital.aspx (2022).
53. Ministerio de Economía y Empresa. *Plan nacional de competencias digitales*. https://portal.mineco.gob.es/RecursosArticulo/mineco/ministerio/ficheros/210127_plan_nacional_de_competencias_digitales.pdf (2021).
54. Gobierno de España. *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Componente 19. Plan nacional de competencias digitales (digital skills)*. (2023).
55. *Plan de Digitalización y Competencias Digitales del Sistema Educativo (Plan #DigEdu)*. <https://intef.es/Noticias/plan-de-digitalizacion-y-competencias-digitales-del-sistema-educativo-plan-digedu/> (2022).

56. Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. & Gouverneur, F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education* **16**, 39 (2019) <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>.
57. de la Higuera, C. & Iyer, J. *AI for teachers, an open textbook*. (Pressbooks, 2024). <https://pressbooks.pub/aiforteachers/>
58. INTEF & Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes. *Orientaciones sobre el uso de herramientas digitales en el ámbito educativo desde la perspectiva de la protección de datos*. (2024).
59. OpenAI Help Center. Is ChatGPT safe for all ages? <https://help.openai.com/en/articles/8313401-is-chatgpt-safe-for-all-ages> [18/04/2024].
60. Ayuda de Aplicaciones de Gemini. Iniciar sesión en la aplicación web de Gemini. <https://support.google.com/gemini/answer/13278668?hl=es> [18/04/2024].
61. Universidad Autónoma de Madrid. *Guía básica sobre el uso de la Inteligencia Artificial para docentes y estudiantes*. <https://www.uam.es/uam/media/doc/1606941290988/guia-visual-iagen.pdf> (2024).
62. Pedreño, A. *La inteligencia artificial en las universidades: retos y oportunidades. Informe anual sobre IA y educación superior. Grupo 1MillionBot*. (2024).
63. Pereira, J. A., López, J. M., Garmendia, X. & Azanza, M. Aplicación de la IA generativa para mejorar el proceso de elaboración y evaluación de Trabajos de Fin de Grado (TFGs). (2023) <https://doi.org/10.26754/CINAIC.2023.0049>.
64. Cruz Argudo, F., García Varela, I., Martínez Carrascal, J. A., Ruiz Martínez, A., Ruiz Martínez, P. M., Sánchez Campos, A. & Turró Ribalta, C. *La inteligencia artificial generativa en la docencia universitaria. Oportunidades, desafíos y recomendaciones. CRUE*. (2024).
65. Scarfe, P., Watcham, K., Clarke, A. D. F. & Roesch, E. B. A real-world test of artificial intelligence infiltration of a university examinations system: a “Turing Test” case study. *PLoS ONE* (2024).
66. Newton, P. M. & Xiromeriti, M. ChatGPT performance on MCQ exams in higher education. A pragmatic scoping review. (2023) <https://doi.org/10.35542/osf.io/sytu3>.
67. Newton, P. M. et al. Can ChatGPT-4o really pass medical science exams? A pragmatic analysis using novel questions. 2024.06.29.24309595 (2024) <https://doi.org/10.1101/2024.06.29.24309595>.
68. Gimpel, H. et al. *Unlocking the power of generative AI models and systems such as GPT-4 and ChatGPT for higher education: A guide for students and lecturers. Hohenheim Discussion Papers in Business, Economics and Social Sciences, No. 02–2023, Universität Hohenheim, Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Stuttgart*. www.econstor.eu/bitstream/10419/270970/1/1840457716.pdf (2023).
69. Rodríguez-Echeverría, R., Gutiérrez, J. D., Conejero, J. M. & Prieto, Á. E. Impacto de ChatGPT en los métodos de evaluación de un grado de Ingeniería Informática. En: Cruz Lemus, José Antonio; Medina Medina, Nuria; Rodríguez Fórtiz, María José (eds.). *Actas de las XXIX Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática, Granada, 5-7 de julio de 2023. Granada: Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática* 33–40 (2023).
70. Palop, B. & Díaz, I. Inteligencia artificial en la educación y para la educación. *Colegio Oficial de Docentes* 39–41 (2023).
71. Sánchez Vera, M. D. M. *Hasta ChatGPT y más allá. Una breve guía reflexiva sobre el impacto de la IA en la educación*. <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/131973/1/Hasta-GPT-y-mas-alla.pdf> (2023).
72. Valova, I., Mladenova, T. & Kanev, G. Students’ perception of ChatGPT usage in education. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* **15**, (2024) <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150143>.
73. Lodge, J. M., Yang, S., Furze, L. & Dawson, P. It’s not like a calculator, so what is the relationship between learners and generative artificial intelligence? *Learning: Research and Practice* **9**, 117–124 (2023) <https://doi.org/10.1080/23735082.2023.2261106>.
74. van Dis, E. A. M., Bollen, J., Zuidema, W., van Rooij, R. & Bockting, C. L. ChatGPT: five priorities for research. *Nature* **614**, 224–226 (2023) <https://doi.org/10.1038/d41586-023-00288-7>.
75. Prendes, M. P., Sánchez, M. M. & González, V. Cómo evaluar a los estudiantes en tiempos de ChatGPT. *The Conversation* <http://theconversation.com/como-evaluar-a-los-estudiantes-en-tiempos-de-chatgpt-206371> [10/05/2024].
76. Generalitat de Catalunya. *La intel·ligència artificial en l’educació. Orientacions i recomanacions per al seu ús als centres*. (2024).
77. Liang, Y. Balancing: The effects of AI tools in educational context. *Frontiers in Humanities and Social Sciences* **3**, 7–10 (2023) <https://doi.org/10.54691/htss.v3i8.5531>.
78. Bloom, B. The 2 sigma problem: the search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher* **13**, 4–16 (1984).
79. Wilichowski, T. & Cobo, C. Separating the hype from reality: Insights and recommendations on how generative AI can enrich teaching and learning. *World Bank Blogs* <https://blogs.worldbank.org/en/education/separating-the-hype-from-reality--insights-and-recommendations-o> [26/03/2024].
80. Rello, L., Baeza-Yates, R., Ali, A., Bigham, J. P. & Serra, M. Predicting risk of dyslexia with an online gamified test. *PLOS ONE* **15**, e0241687 (2020) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241687>.
81. Kohli, M. & Prasad, D. T. V. Identifying dyslexic students by using artificial neural networks. (2010).
82. Rigas, A. S. & Ioannidou, R.-E. A review on artificial intelligence in special education. *Information Systems, E-learning, and Knowledge Management Research* (eds. Lytras, M. D., Ruan, D., Tennyson, R. D., Ordóñez De Pablos, P., García Peñalvo, F. J. & Rusu, L.) 385–391 (Springer, 2013). https://doi.org/10.1007/978-3-642-35879-1_46.
83. Stevens, E., Dixon, D. R., Novack, M. N., Granpeesheh, D., Smith, T. & Linstead, E. Identification and analysis of behavioral phenotypes in autism spectrum disorder via unsupervised machine learning. *International Journal of Medical Informatics* **129**, 29–36 (2019) <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.05.006>.
84. Lundy, L., Byrne, B., Templeton, M. & Lansdown, G. *Two clicks forward and one click back. Report on children with disabilities in the digital environment. Council of Europe*. <https://rm.coe.int/two-clicks-forward-and-one-click-back-report-on-children-with-disabilities/168098b0d0f> (2019).
85. Groff, J. S. Personalized learning: the state of the field and future directions. (2017).
86. *Exit report from the sandbox project with the Norwegian Association of Local and Regional Authorities (KS), the Centre for the Science of Learning & Technology (SLATE) at the University of Bergen (UiB) and the City of Oslo’s Education Agency*. <https://www.datatilsynet.no/en/regulations-and-tools/sandbox-for-artificial-intelligence/reports/avt--exit-report/> (2022).
87. Gobert, J. D., Moussavi, R., Li, H., Sao Pedro, M. & Dickler, R. Real-Time scaffolding of students’ online data interpretation during inquiry with Inq-ITS using educational data mining. *Cyber-Physical Laboratories in Engineering and Science Education* (eds. Auer, M. E., Azad, A. K. M., Edwards, A. & De Jong, T.) 191–217 (Springer International Publishing, 2018). ISBN: 978-3-319-76934-9.
88. Mendicino, M., Razaq, L. & Heffernan, N. T. A comparison of traditional homework to computer-supported homework. *Journal of Research on Technology in Education* **41**, 331–359 (2009) <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782534>.
89. VanLehn, K. et al. The Andes Physics tutoring system: Lessons learned. *International Journal Artificial Intelligence in Education* **15**, 147–204 (2005).
90. Sevilla, A., Cuestas, P., Rello, L. & Sanz, I. El impacto del aprendizaje asistido por tecnología en la educación no universitaria. *Panorama Social* 73–93 (2024).
91. Universitat Oberta de Catalunya & eLearning Innovation Center. *¿Cómo preguntar a la IA? Prompts de utilidad para el profesorado para utilizar IA generativa*. https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/147885/2/Manual%20IA_PROMTS_CAS.pdf (2023).
92. Herft, A. *Una guía rápida para docentes sobre ChatGPT alineada con ‘What Works Best’*. <https://ramiro.cat/formacio/wp-content/uploads/2023/03/Chatgpt-EN-EDUCACIO.pdf> (2023).
93. Hernando Calvo, A., Mauricio Zúñiga, A., Vázquez Gutiérrez, A., Gardó Huerta, H. & Martínez Romero, H. *Los algoritmos a examen: ¿por qué IA en educación?* https://fundaciobofil.cat/uploads/docs/q/z/z/dzp-e40_guia_digital_040123_algoritmos.pdf (2022).
94. Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H. & Järvelä, S. The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: a systematic review of research. *TechTrends* **66**, 616–630 (2022) <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>.
95. Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea. *Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo del 13 de junio de 2024 por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial*. (2026).
96. *Reglamento (UE) 2016/ 679 del Parlamento europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/ 46/ CE (Reglamento general de protección de datos)*. 88 (2016).
97. Andrejczuk, E., Bistaffa, F., Blum, C., Rodríguez-Aguilar, J. A. & Sierra, C. Synergistic team composition: A computational approach to foster diversity in teams. *Knowledge-Based Systems* **182**, 104799 (2019) <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2019.06.007>.
98. Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **111**, 8410–8415 (2014) <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>.
99. Theobald, E. J. et al. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **117**, 6476–6483 (2020) <https://doi.org/10.1073/pnas.1916903117>.
100. Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence. *Libre blanc sobre la intel·ligència artificial aplicada a l’educació i també a la llengua*. (2023).
101. Andrejczuk, E., Rodríguez-Aguilar, J. A., Sierra, C., Roig, C. & Parejo-Romero, Y. Don’t leave anyone behind: achieving team performance through diversity. *Proceedings of the 48th Annual Frontiers in Education* (2018) <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659008>.
102. Andrejczuk, E. D. Tesis doctoral. Artificial intelligence methods to support people management in organisations. (2018).
103. Ley, T. et al. Towards a partnership of teachers and intelligent learning technology: A systematic literature review of model-based learning analytics. *Journal of Computer Assisted Learning* **39**, 1397–1417 (2023) <https://doi.org/10.1111/jcal.12844>.
104. Klačnja-Milićević, A., Ivanović, M., Vesin, B., Satrazemi, M. & Wasson, B. Editorial: Learning Analytics. Trends and Challenges. *Frontiers in Artificial Intelligence* **5**, (2022) <https://doi.org/10.3389/ffrai.2022.856807>.
105. Wu, J.-Y., Liao, C.-H., Tsai, C.-C. & Kwok, O.-M. Using learning analytics with temporal modeling to uncover the interplay of before-class video viewing engagement, motivation, and performance in an active learning context. *Computers & Education* **212**, 104975 (2024) <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104975>.

106. Yürüm, O. R., Taşkaya-Temizel, T. & Yıldırım, S. The use of video clickstream data to predict university students' test performance: A comprehensive educational data mining approach. *Education and Information Technologies* **28**, 5209–5240 (2023) <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11403-y>.
107. Lu, O. H. T., Huang, A. Y. Q., Huang, J. C. H., Lin, A. J. Q. & Yang, S. J. H. Applying learning analytics for the early prediction of students' academic performance in blended learning. *Journal of Educational Technology & Society* **21**, 220–232 (2018).
108. Misiejuk, K., Wasson, B. & Egelandsdal, K. Using learning analytics to understand student perceptions of peer feedback. *Computers in Human Behavior* **117**, 106658 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.chbh.2020.106658>.
109. Goel, Y. & Goyal, R. On the effectiveness of self-training in MOOC dropout prediction. *Open Computer Science* **10**, 246–258 (2020) <https://doi.org/10.1515/comp-2020-0153>.
110. Dalipi, F., Imran, A. & Kastrati, Z. MOOC dropout prediction using machine learning techniques: Review and research challenges. *Educon* (2018) <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363340>.
111. Rodríguez-Muñiz, L. J., Bernardo, A. B., Esteban, M. & Díaz, I. Dropout and transfer paths: What are the risky profiles when analyzing university persistence with machine learning techniques? *PLOS ONE* **14**, e0218796 (2019) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218796>.
112. Di Mitri, D., Scheffel, M., Drachslar, H., Börner, D., Ternier, S. & Specht, M. Learning pulse: a machine learning approach for predicting performance in self-regulated learning using multimodal data. *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference 188–197* (Association for Computing Machinery, 2017). <https://doi.org/10.1145/3027385.3027447>.
113. Martínez-Comesaña, M., Rigueira-Díaz, X., Larrañaga-Janeiro, A., Martínez-Torres, J., Ocaranza-Prado, I. & Kreibel, D. Impacto de la inteligencia artificial en los métodos de evaluación en la educación primaria y secundaria: revisión sistemática de la literatura. *Revista de Psicodidáctica* **28**, 93–103 (2023) <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2023.06.001>.
114. Roschelle, J., Murphy, R., Feng, M. & Bakia, M. How big is that? Reporting the Effect Size and Cost of ASSISTments in the Maine Homework Efficacy Study. *SRI International* (2017).
115. Kynigos, C. *Adapting learning in mathematics. Situating Multi Smart Øving in the landscape of digital technologies for mathematics education. SLATE Research Report 2019–3*. https://bora.uib.no/bora-xmliu/bitstream/handle/1956/21352/ALMAT_Kynigos_2019.pdf?sequence=1&i-sAllowed=y (2019).
116. Samuelsen, J., Chen, W. & Wasson, B. Integrating multiple data sources for learning analytics. *Review of literature. Research and Practice in Technology Enhanced Learning* **14**, 11 (2019) <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0105-4>.
117. Modelo y Analítica de Datos de Aprendizaje Interuniversitarios. *Listado de proyectos colaborativos UniDigital* <https://unidigital.um.es/proyectos/modelo-y-analitica-de-datos-de-aprendizaje-interuniversitarios/> [10/05/2024].
118. Page, L. C. & Gehlbach, H. How an artificially intelligent virtual assistant helps students navigate the road to college. *AERA Open* **3**, 2332858417749220 (2017) <https://doi.org/10.1177/2332858417749220>.
119. Waters, A. & Miikkulainen, R. GRADE: Machine learning support for graduate admissions. *AI Magazine* **35**, 64–64 (2014) <https://doi.org/10.1609/aimag.v35i1.2504>.
120. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. *Guía sobre el uso de la inteligencia artificial en el ámbito educativo*. https://code.intef.es/wp-content/uploads/2024/07/Gu%C3%ADa-sobre-el-uso-de-la-IA-en-el-%C3%A1mbito-educativo-INTEF_2024.pdf (2024).
121. Yarrow, N., Abbey, C., Shen, S. & Alyono, K. Using education technology to improve K-12 student learning in East Asia Pacific: Promises and limitations. *Other Education Study* (2023) <https://doi.org/10.1596/40508>.
122. UNESCO. *An ed-tech tragedy? Educational technologies and school closures in the time of COVID-19 – UNESCO Biblioteca Digital*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386701> (2023).
123. Betthäuser, B. A., Bach-Mortensen, A. M. & Engzell, P. A systematic review and meta-analysis of the evidence on learning during the COVID-19 pandemic. *Nature Human Behaviour* **7**, 375–385 (2023) <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01506-4>.
124. Lazar, S. & Nelson, A. AI safety on whose terms? *Science* **381**, 138–138 (2023) <https://doi.org/10.1126/science.adi8982>.
125. Giannini, S. *La IA generativa y el futuro de la educación*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385877_spa (2023).
126. Ortiz de Zárate Alcarazo, L. Tecnofeminismo: desmontando el mito de la neutralidad tecnológica. *infoLibre* (2022).
127. UNESCO. *Inteligencia artificial y educación. Guía para las personas a cargo de formular políticas*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709> (2021).
128. Agencia Española de Protección de Datos. *Adecuación al RGPD de tratamientos que incorporan Inteligencia Artificial. Una introducción*. <https://www.aepd.es/guias/adecuacion-rgpd-ia.pdf> (2020).
129. Komljenovic, J. & Williamson, B. *Behind the platforms: Safeguarding intellectual property rights and academic freedom in Higher Education*. <https://www.ei-ie.org/en/item/28484:behind-the-platforms-safeguarding-intellectual-property-rights-and-academic-freedom-in-higher-education> (2024).
130. Information Commissioner's Office. *How should we assess security and data minimisation in AI?* <https://ico.org.uk/for-organisations/uk-gdpr-guidance-and-resources/artificial-intelligence/guidance-on-ai-and-data-protection/how-should-we-assess-security-and-data-minimisation-in-ai/> [25/06/2024].
131. BOE. *Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales*. 67 (2018).
132. Selwyn, N. Data entry: towards the critical study of digital data and education. *Learning, Media and Technology* **40**, 64–82 (2015) <https://doi.org/10.1080/17439884.2014.921628>.
133. Díaz, I. *Gender gap in technology: Is AI an opportunity to fill it?* vol. Digital single market and artificial intelligence. AI act and intellectual property in the digital transition (2024).
134. Sun, H., Pei, J., Choi, M. & Jurgens, D. Aligning with whom? Large Language Models have gender and racial biases in subjective NLP tasks. (2023) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.09730>.
135. Ortiz de Zárate Alcarazo, L. Sesgos de género en la inteligencia artificial. *Revista de Occidente* (2023).
136. Luccioni, A. S. & Viviano, J. D. What's in the box? A preliminary analysis of undesirable content in the Common Crawl corpus. (2021) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.02732>.
137. González González, C., Gil, R. & Viera, D. ACD Toolkit: Considerando principios éticos, género, diversidad y sostenibilidad en el proceso de diseño de tecnologías. (2021).
138. Fraga Viera, D., González-González, C., Gil Iranzo, R., Paderewski, P. & Gutiérrez Vela, F. L. Inclusive design toolkit for the creation of intergenerational gamified experiences. *Eighth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* 707–712 (Association for Computing Machinery, 2021). <https://doi.org/10.1145/3434780.3436697>.
139. Burnett, M. et al. GenderMag: A method for evaluating software's gender inclusiveness. *Interacting with Computers* **28**, 760–787 (2016) <https://doi.org/10.1093/iwc/iwv046>.
140. Bulathwela, S., Pérez-Ortiz, M., Holloway, C. & Shaw-Taylor, J. Could AI democratise education? Socio-technical imaginaries of an EdTech revolution. (2021) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.02034>.
141. Tarabini-Castellani Clemente, A. ¿Para qué sirve la escuela? Reflexiones sociológicas en tiempos de pandemia global. *Revista de Sociología de la Educación-RASE* **13**, 145–155 (2020).
142. Tarabini-Castellani, A., Curran, M., Montes Ruiz, A. & Parcerisa, L. La vinculación escolar como antídoto del abandono escolar prematuro. *Profesorado* (2015).
143. Tobin, J. Educational technology: Digital innovation and AI in schools. (2023).
144. Resnick, M. Generative AI and creative learning: Concerns, opportunities, and choices. *An MIT Exploration of Generative AI* (2024) <https://doi.org/10.21428/e4baedd9.cf3e35e5>.
145. Gottschalk, F. *Impacts of technology use on children: Exploring literature on the brain, cognition and well-being*. 195 <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/8296464e-en.pdf?expires=1727867496&id=id&accname=guest&checksum=6FD176B890FE05503B58FE30A014426> (2019) <https://doi.org/10.1787/8296464e-en>.
146. Trisnawati, W., Putra, R. E. & Balti, L. The impact of artificial intelligent in education toward 21st century skills: A literature review. *PPSDP International Journal of Education* **2**, 501–513 (2023) <https://doi.org/10.59175/pijed.v2i2.152>.
147. Habib, S., Vogel, T., Anli, X. & Thorne, E. How does generative artificial intelligence impact student creativity? *Journal of Creativity* **34**, 100072 (2024) <https://doi.org/10.1016/j.joc.2023.100072>.
148. Darvishi, A., Khosravi, H., Sadiq, S., Gašević, D. & Siemens, G. Impact of AI assistance on student agency. *Computers & Education* **210**, 104967 (2024) <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104967>.
149. Nguyen, A., Hong, Y., Dang, B. & Huang, X. Human-AI collaboration patterns in AI-assisted academic writing. *Studies in Higher Education* (2024) <https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2323593>.
150. Liu, D. & Bridgeman, A. ChatGPT is old news: How do we assess in the age of AI writing co-pilots? <https://educational-innovation.sydnev.edu.au/teaching@sydney/chatgpt-is-old-news-how-do-we-assess-in-the-age-of-ai-writing-co-pilots/> [28/05/2024].
151. Kabir, S., Udo-Imeh, D. N., Kou, B. & Zhang, T. Is stack overflow obsolete? An empirical study of the characteristics of ChatGPT answers to stack overflow questions. *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* 1–17 (ACM, 2024). <https://doi.org/10.1145/3613904.3642596>.
152. Pettersson, J., Hult, E., Eriksson, T. & Adewumi, T. Generative AI and teachers: For us or against us? A case study. (2024) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.03486>.
153. Cecil, J., Lerner, E., Hudecek, M. F. C., Sauer, J. & Gaube, S. Explainability does not mitigate the negative impact of incorrect AI advice in a personnel selection task. *Scientific Reports* **14**, 9736 (2024) <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60220-5>.
154. Logg, J. M., Minson, J. A. & Moore, D. A. Algorithm appreciation: People prefer algorithmic to human judgement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* **151**, 90–103 (2019) <https://doi.org/10.1016/j.obhdp.2018.12.005>.
155. Gibney, E. Has your paper been used to train an AI model? Almost certainly. *Nature* **632**, 715–716 (2024) <https://doi.org/10.1038/d41586-024-02599-9>.
156. Hartmann, V., Suri, A., Bindschadler, V., Evans, D., Tople, S. & West, R. SoK: Memorization in general-purpose Large Language Models. *ArXiv* (2023).
157. Grant, N. & Metz, C. The push to develop generative AI, without all the lawsuits. *The New York Times* (2024).

158. Grynbaum, M. M. & Mac, R. The Times sues OpenAI and Microsoft over A.I. use of copyrighted work. *The New York Times* (2023).
159. BOE-A-2021-17910 Real Decreto-ley 24/2021, de 2 de noviembre, de transposición de directivas de la Unión Europea en las materias de bonos garantizados, distribución transfronteriza de organismos de inversión colectiva, datos abiertos y reutilización de la información del sector público, ejercicio de derechos de autor y derechos afines aplicables a determinadas transmisiones en línea y a las retransmisiones de programas de radio y televisión, exenciones temporales a determinadas importaciones y suministros, de personas consumidoras y para la promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficientes.
160. Ministerio de Cultura. Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia. vol. BOE-A-1996-8930 14369-14396 (1996).
161. Navigating the complexities of generative AI in intellectual property: Challenges and opportunities. *EUIPO* <https://www.euipo.europa.eu/en/news/navigating-the-complexities-of-generative-ai-in-intellectual-property-challenges-and-opportunities> [21/08/2024].
162. Johnston, H., Wells, R. F., Shanks, E. M., Boey, T. & Parsons, B. N. Student perspectives on the use of generative artificial intelligence technologies in higher education. *International Journal for Educational Integrity* **20**, 1-21 (2024) <https://doi.org/10.1007/s40979-024-00149-4>.
163. Derecho «sui generis» sobre bases de datos. <https://www.cultura.gob.es/va/cultura/areas/propiedad-intelectual/mc/rpi/registro-obras/como-registrar/bdsuigeneris.html> [21/08/2024].
164. Affiliation of research teams building notable AI systems, by year of publication. *Our World in Data* <https://ourworldindata.org/grapher/affiliation-researchers-building-artificial-intelligence-systems-all> [05/08/2024].
165. Ahmed, N., Wahed, M. & Thompson, N. C. The growing influence of industry in AI research. *Science* **379**, 884-886 (2023) <https://doi.org/10.1126/science.ade2420>.
166. Luccioni, A. S., Jernite, Y. & Strubell, E. Power hungry processing: watts driving the cost of AI deployment? (2023) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.16863>.
167. Ortiz de Zárate Alcarazo, L. Una ética para la inteligencia artificial: libertad, feminismo y ecologismo. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*.
168. Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados. Informe C: Materiales y materias primas críticas en la transición ecológica. (2024).
169. Pointon, C. The carbon footprint of ChatGPT. *Medium* <https://medium.com/@chrispointon/the-carbon-footprint-of-chatgpt-elbc14e4cc2a> [17/04/2024].
170. Dhar, P. The carbon impact of artificial intelligence. *Nature Machine Intelligence* **2**, 423-425 (2020) <https://doi.org/10.1038/s42256-020-0219-9>.
171. Vallès Peris, N. Estratègies educatives cap a la ciutadania digital (amb d petita). *Anuari 2022. Els reptes de l'educació a Catalunya*. https://fundaciobifill.cat/uploads/docs/u/6/w/ng4-09_sep_anuari2022_301122.pdf (2022).
172. Vallès-Peris, N. & Domènech, M. Digital citizenship at school: Democracy, pragmatism and RRI. *Technology in Society* **76**, 102448 (2024) <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102448>.
173. Rodríguez García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M. & Robles, G. LearningML: A tool to foster computational thinking skills through practical Artificial Intelligence projects. LearningML: una herramienta para fomentar las habilidades de Pensamiento Computacional mediante proyectos prácticos de Inteligencia Artificial. *Revista de Educación a Distancia (RED)* **20**, (2020) <https://doi.org/10.6018/red.410121>.
174. Grover, S. Teaching AI to K-12 learners: Lessons, issues, and guidance. *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1* 422-428 (ACM, 2024). <https://doi.org/10.1145/3626252.3630937>.
175. Righi, R., Lopez, C. M., Papazoglou, M., Samoilu, S., Cardona, M., Vazquez-Prada, B. M. & De, P. G. Academic offer of advanced digital skills in 2020-21. *International comparison*. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128844> (2022) <https://doi.org/10.2760/466727>.
176. BOE-A-2022-1654 Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil.
177. BOE-A-2022-3296 Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria.
178. BOE-A-2022-4975 Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria.
179. European Digital Education Hub. *Use scenarios and practical examples of AI use in education. Briefing report number 3*. (2023).
180. UNESCO. *Currículos de IA para la enseñanza preescolar, primaria y secundaria: un mapeo de los currículos de IA aprobados por los gobiernos*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_spa (2023).
181. Currículos de inteligencia artificial para la educación básica: un mapeo de los currículos de IA aprobados por los gobiernos. *Code INTEF* <https://code.intef.es/noticias/curriculos-de-ia-para-la-educacion-basica/> [15/04/2024].
182. Michaeli, T., Romeike, R. & Seegerer, S. What students can learn about artificial intelligence. Recommendations for K-12 computing education. *Towards a Collaborative Society Through Creative Learning* (eds. Keane, T., Lewin, C., Brinda, T. & Bottino, R.) vol. 685 196-208 (Springer Nature Switzerland, 2023). ISBN: 978-3-031-43392-4.
183. Rodríguez-García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M. & Robles, G. Evaluation of an online intervention to teach artificial intelligence with LearningML to 10-16-year-old students. *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education* 177-183 (Association for Computing Machinery, 2021). <https://doi.org/10.1145/3408877.3432393>.
184. Ayuso, Á. M. Introducción a la inteligencia artificial desde el aula de Matemáticas.
185. Terrón, P. D., Guerrero, A. J. M., Belmonte, J. L. & Marín, J. A. M. Inteligencia artificial y machine learning como recurso educativo desde la perspectiva de docentes en distintas etapas educativas no universitarias. *RiITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa* 58-78 (2023) <https://doi.org/10.6018/riite.579611>.
186. García, J. D. R., León, J. M., González, M. R. & Robles, G. Developing computational thinking at school with machine learning: An exploration. *2019 International Symposium on Computers in Education (SIIE)* 1-6 (2019). <https://doi.org/10.1109/SIIE48397.2019.8970124>.
187. Rodríguez García, J. D. LearningML para escritorio. *LearningML - AI made easy* <https://web.learningml.org/learningml-para-escritorio/> [10/05/2024].
188. Sanusi, I. T., Oyeler, S. S., Vartiainen, H., Suhonen, J. & Tukiainen, M. A systematic review of teaching and learning machine learning in K-12 education. *Education and Information Technologies* **28**, 5967-5997 (2023) <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11416-7>.
189. Yue, M., Jong, M. S.-Y. & Dai, Y. Pedagogical design of K-12 artificial intelligence education: A systematic review. *Sustainability* **14**, 15620 (2022) <https://doi.org/10.3390/su142315620>.
190. Amo-Filva, D. Inteligencia artificial en la educación pre-universitaria. Diagnóstico para España y América del Sur. (en curso).
191. Sánchez Vera, M. D. M. La inteligencia artificial como recurso docente: usos y posibilidades para el profesorado. *EDUCAR* **60**, 33-47 (2023) <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1810>.
192. Poyatos, C. El impacto de la inteligencia artificial en la Competencia Digital Docente. (en curso).
193. Noticias Inteligencia Artificial. *Code INTEF* <https://code.intef.es/ia/> [24/05/2024].
194. European Digital Education Hub's Squad on Artificial Intelligence in Education. *AI Report*. (2023).
195. García Pérez, J. B. Educar necesita tiempo. *Transformar la escuela* <https://www.jblasgarcia.com/2019/11/educar-necesita-tiempo.html> [28/06/2024].
196. Committee on Artificial Intelligence (CAI), Council of Europe. *Draft Framework Convention on artificial intelligence, human rights, democracy and the rule of law*. <https://rm.coe.int/1680afae3c> (2024).
197. Oxford Insights. *2023 Government AI Readiness Index*. (2023).
198. Idoia Salazar: «La IA generativa es un nuevo capítulo en la historia de la humanidad». *Red 2030* <https://red2030.com/idoia-salazar-la-ia-generativa-es-un-nuevo-capitulo-en-la-historia-de-la-humanidad/> [11/06/2024].
199. Sandbox Regulatorio de IA. España Digital 2026. <https://espanadigital.gob.es/lineas-de-actuacion/sandbox-regulatorio-de-ia> [11/06/2024].
200. Gobierno de Canarias. *La inteligencia artificial en el ámbito educativo*. (2024).
201. Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Coeckelbergh, M., López de Prado, M., Herrera-Viedma, E. & Herrera, F. Connecting the dots in trustworthy artificial intelligence: From AI principles, ethics, and key requirements to responsible AI systems and regulation. *Information Fusion* **99**, 101896 (2023) <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.101896>.
202. Ortiz de Zárate Alcarazo, L. Explicabilidad (de la inteligencia artificial). *EUNOMÍA. Revista en Cultura de la Legalidad* 328-344 (2022) <https://doi.org/10.20318/eunomia.2022.6819>.
203. Comisión Europea. *Directrices éticas para una IA fiable*. <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/d3988569-0434-11ea-8c1f-01aa75ed71a1> (2018).
204. Molina, E., Cobo, C., Pineda, J. & Rovner, H. *Revolución de la IA en la educación: lo que hay que saber. Innovaciones digitales en educación. Brief nº1*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099355206192434920/IDU18a4e03161fc3d14a691a4dc13642bc9e086a>.
205. Vallès-Peris, N. & Domènech, M. Caring in the in-between: a proposal to introduce responsible AI and robotics to healthcare. *AI & SOCIETY* **38**, 1685-1695 (2023) <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01330-w>.
206. Updates to the OECD's definition of an AI system explained. <https://oecd.ai/en/wonk/ai-system-definition-update> [12/04/2024].
207. Cornell University. Active learning. Center for Teaching Innovation. <https://teaching.cornell.edu/teaching-resources/active-collaborative-learning/active-learning> [26/05/2024].
208. Mavroudi, A., Papadakis, S. & Ioannou, I. Teachers' views regarding learning analytics usage based on the technology acceptance model. *Tech Trends* **65**, 278-287 (2021) <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00580-7>.
209. Wing, J. Computational thinking. *Communications of the ACM* **49**, 33-35 (2006).