

A photograph of three young people (two girls and one boy) sitting on a wooden bench outdoors. They are looking at a tablet held by the boy in the center. The tablet screen displays various futuristic data visualizations, including bar charts, line graphs, and a world map. The background is a bright, sunny outdoor setting with green grass and trees. The image is framed by a dark blue border with orange and white geometric shapes.

PAPÉLES
DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SISTEMA EDUCATIVO

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA es una revista que edita trimestralmente Funcas desde 1979. La revista pretende ofrecer una información rigurosa y responsable de los problemas económicos españoles. Cinco son los criterios a los que **PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA** desea ajustar su contenido.

- La plena libertad intelectual de quienes colaboran en sus páginas.
- La responsabilidad de las opiniones emitidas y el respaldo riguroso de las afirmaciones realizadas mediante datos y pruebas que avalen los planteamientos efectuados y las soluciones propuestas.
- El compromiso de las opiniones con los problemas planteados. La economía española se encuentra ante uno de los mayores retos de su historia, y dar opiniones comprometidas en estos momentos es obligación ineludible de los profesionales más cualificados.
- La búsqueda y la defensa de los intereses generales en los problemas planteados.
- La colaboración crítica de los lectores, para que nuestros Papeles se abran al diálogo y la polémica, si fuera preciso, para buscar soluciones a problemas de la economía española.

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA se ofrece como un medio de expresión a cuantos se interesen por nuestros temas económicos, cumpliendo con el único requisito de la previa aceptación de las colaboraciones remitidas por el Consejo de Redacción que, sin embargo, respetuoso con la libertad intelectual no modificará las ideas, opiniones y juicios expresados por los autores ni tampoco se solidarizará con ellas.

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA está abierta a la colaboración de todos los investigadores que deseen aportar sus trabajos sobre temas referentes a la economía española. Los originales deberán enviarse a papeleseconomiaespanola@funcas.es



PAPALES

DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

184

ISSN: 0210-9107

2025

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SISTEMA EDUCATIVO

PATRONATO

Isidro Fainé Casas
Presidente

Antonio Romero Mora
Director General de CECA

Fernando Conlledo Lantero
Secretario

Antón Joseba Arriola Boneta

Manuel Azuaga Moreno

Carlos Egea Krauel

Miguel Ángel Escotet Álvarez

Amado Franco Lahoz

Pedro Antonio Merino García

Antonio Pulido Gutiérrez

EDITA

Funcas

Caballero de Gracia, 28. 28013 Madrid

DIRECTOR

Santiago Carbó Valverde

CONSEJO DE REDACCIÓN

Carlos Ocaña Pérez de Tudela

Director

Elisa Chuliá Rodrigo

Juan José Ganuza Fernández

Santiago Lago Peñas

María José Moral Rincón

Francisco Rodríguez Fernández

Desiderio Romero Jordán

Vicente Salas Fumás

Ismael Sanz Labrador

Raymond Torres

COORDINADORA DE EDICIÓN Y DOCUMENTACIÓN

Myriam González Martínez

PORTADA

©Advantia, Comunicación Gráfica, S.A.

IMPRIME

Advantia Comunicación Gráfica, S.A.

Depósito legal

M. 402-1980

ISSN

0210-9107

Precio de número impreso: 20 €

Versión digital gratuita en:

www.funcas.es



© FUNCAS. Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, offset o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita del editor.

PUBLICAR EN PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

- *Papeles de Economía Española* publica números monográficos sobre materias de interés de la economía española, europea e internacional.
- Todos los artículos son evaluados por un experto externo.
- Si desea enviar un trabajo para que sea evaluado en alguna de las temáticas de los próximos números, escriba a la siguiente dirección papeleseconomiaespanola@funcas.es, adjuntando, el artículo e indicando el número de la revista en el que está interesado publicarlo.
- Los artículos enviados deberán cumplir los requisitos que pueden consultarse en el siguiente enlace: [Instrucciones para los autores](#).
- Los próximos números de *Papeles de Economía Española* versarán sobre:

N.º 186 (IV-2025)

"El futuro del sector bancario"

Fecha de publicación: diciembre 2025

Fecha límite de envío de artículos: 30 de octubre de 2025

N.º 187 (I-2026)

"Objetivos climáticos: ¿preparados para cumplirlos?"

Fecha de publicación: marzo 2026

Fecha límite de envío de artículos: 30 noviembre de 2025

184

ISSN: 0210-9107

2025

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

La inteligencia artificial en el sistema educativo

Coordinado por Ismael Sanz

SUMARIO

INTRODUCCIÓN EDITORIAL

6

COLABORACIONES

I. INTRODUCCIÓN

Ventajas y desventajas de la IA en la educación:
el caso de los tutores individualizados guiados por la IA **18** Ismael Sanz

II. EL USO DE TECNOLOGÍA EN LAS AULAS DE PRIMARIA Y SECUNDARIA

Repensar la política docente en la era
de la inteligencia artificial: evidencia para la acción **44** Ezequiel Molina
Cristóbal Cobo

La inteligencia artificial en la educación:
oportunidades, retos y equidad en un nuevo
paradigma de aprendizaje **64** Almudena Sevilla
Pilar Cuevas-Ruiz
Luz Rello
Ismael Sanz

Sobre el uso de recursos digitales y el
rendimiento educativo: de las políticas educativas
a la práctica **87** Óscar David Marcenaro Gutiérrez
Luis Alejandro López-Agudo

La inteligencia artificial como herramienta
transformadora en la educación: aplicación, impacto
potencial y políticas **110** Francisco Rodríguez Fernández

III. TECNOLOGÍA, PENSAMIENTO CRÍTICO, Y BIENESTAR SOCIAL Y EMOCIONAL

- Las tecnologías de la información y la comunicación en España: presente y futuro **130** Ildefonso Méndez
- El uso de Internet en la infancia y adolescencia: ¿beneficioso o perjudicial? Un análisis comparativo entre China y los países occidentales **163** Jing Guan
Yuke Liang
J. D. Tena
- Desinformación entre adolescentes en España: desafíos y oportunidades de mejora en la escuela *y online* **178** Daniel J. Flynn
Carlos X. Lastra-Anadón
- Desigualdades de bienestar en Europa en función del nivel educativo: un análisis transnacional y multidimensional con *machine learning* **189** Alejandra Ramos
María Teresa Ballestar
Kathrin Komp-Leukkunen
Jorge Sainz

IV. LA IA EN ESTUDIOS SUPERIORES Y EL MERCADO DE TRABAJO

- El poder transformador de la pregunta **220** Francesc Pujol
- La navaja suiza de la IA educativa: empoderando al profesorado con herramientas modulares para la mejora pedagógica **236** Francisco Luis Machín Aragonés
- La inteligencia artificial generativa en centros educativos: preparación institucional y competencias digitales en ICILS 2023 **265** Christopher Neilson
Ignacio Lepe
- La inteligencia artificial en la educación universitaria: evidencias del uso de Honor Education **288** Ana Hidalgo-Cabrillana
- Habilidades en IA y prima salarial en los mercados laborales locales del Reino Unido **300** Aída García Lázaro

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SISTEMA EDUCATIVO

En noviembre de 2022, el lanzamiento público de ChatGPT marcó una fecha simbólica de transformación educativa. No porque introdujera una novedad absoluta, sino porque supuso el acceso masivo a una tecnología capaz de generar texto coherente en lenguaje natural y de responder con fluidez a preguntas complejas. En solo cuatro días, cientos de miles de personas ya lo estaban utilizando. Desde entonces, se ha instalado un nuevo escenario educativo en el que conviven, no sin fricciones, las prácticas tradicionales de enseñanza con las posibilidades que ofrece la inteligencia artificial generativa (IAG).

En noviembre de 2022, el lanzamiento público de ChatGPT marcó una fecha simbólica de transformación educativa. No porque introdujera una novedad absoluta, sino porque supuso el acceso masivo a una tecnología capaz de generar texto coherente en lenguaje natural y de responder con fluidez a preguntas complejas

En las primeras décadas del siglo XXI, la relación entre tecnología y educación ha retomado una centralidad crítica en la agenda académica y de política pública. Uno de los marcos analíticos más influyentes para entender esta interacción lo ofrece el trabajo de Claudia Goldin —Premio Nobel de

Economía en 2023— y Lawrence Katz en *The Race between Education and Technology* (2008). Su tesis principal es tan sencilla como importante: el nivel de desigualdad en una sociedad depende en gran medida de la carrera entre el ritmo al que progresa la tecnología y el ritmo al que se expande la educación. Cuando la oferta de trabajadores cualificados crece al mismo ritmo —o más rápido— que la demanda derivada de los avances tecnológicos, los beneficios de la innovación se distribuyen de forma amplia y equitativa. Pero cuando la educación no consigue seguir el paso, las brechas salariales y sociales tienden a ampliarse.

Este marco interpretativo permite comprender fenómenos actuales en un contexto más amplio. La expansión de la educación secundaria en las primeras décadas del siglo XX y, posteriormente, el acceso masivo a la universidad permitió contener la desigualdad en un contexto de fuerte cambio tecnológico. Sin embargo, desde los años ochenta, esta sincronía se ha roto. La digitalización, la automatización y ahora la IAG han acelerado la transformación del mercado de trabajo, mientras que los sistemas educativos han mostrado dificultades para adaptarse en tiempo y forma. El resultado ha sido una creciente polarización: trabajos altamente cualificados, con primas salariales elevadas en un extremo, y empleos rutinarios, menos protegidos y peor remunerados en el otro.

En línea con este diagnóstico, Daron Acemoglu —Premio Nobel de Economía en 2024, al año siguiente

que Claudia Goldin— ha advertido que la dirección que tome el desarrollo tecnológico no es inevitable ni neutral: depende de decisiones institucionales y de incentivos económicos. Acemoglu y Rastrepo (2020) sostienen que un uso intensivo de tecnologías de automatización puede destruir más empleos de los que crea si no va acompañado de la generación de nuevas tareas humanas productivas. Su concepto de "automatización excesiva" critica el enfoque centrado en sustituir trabajo humano sin considerar su coste social. En este sentido, la IAG representa una encrucijada para la educación: puede integrarse como complemento que expanda las capacidades del profesorado y del alumnado, o bien convertirse en una fuerza de sustitución que degrade el papel de la escuela como institución formadora de capital humano.

Esta tensión también se refleja en el ámbito de la educación superior. En su artículo *Equalizing Superstars: The Internet and the Democratization of Education*, Acemoglu et al. (2014) analizan cómo la educación online y el uso de tecnologías permiten a los docentes de las universidades más reputadas llegar a audiencias masivas con costes marginales casi nulos a través, por ejemplo, de los *Massive Online Open Courses (MOOC)*. Si bien estos MOOC democratizan el acceso a contenidos de alta calidad, también concentra la demanda en un pequeño número de "superestrellas" educativas, lo que podría generar un mercado más desigual para el profesorado y reducir los incentivos para mejorar la docencia en instituciones menos prestigiosas. La paradoja es clara: cuanto más accesible se vuelve el conocimiento, más difícil puede resultar mantener una estructura educativa descentralizada, inclusiva y sostenida en vínculos personales.

En palabras del propio Acemoglu, pronunciadas durante los Premios Nobel en diciembre de 2024: "Las instituciones siempre son una cuestión de elección. Lo que nos preocupa también nos da esperanza. Podemos construir mejores instituciones y elegir una dirección para la tecnología que cree más y mejores empleos. Pero esto también debe ser un esfuerzo colectivo —de todos nosotros en esta sala y más allá, incluidos los jóvenes investigadores que se adentran en nuevas áreas— para plantearse las grandes preguntas sobre las institu-

ciones, la tecnología, la desigualdad y cómo garantizar la prosperidad compartida en la era de la IA."

En este contexto, la alfabetización en IA ha pasado a ocupar un lugar prioritario en la agenda educativa internacional. El marco de *AI Literacy* desarrollado por la OCDE y la Comisión Europea propone una definición operativa de esta competencia, centrada en dotar a los estudiantes de los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para interactuar con sistemas de IA de forma crítica, segura y creativa. Este marco, que servirá de base para la primera evaluación internacional de alfabetización en IA en PISA, propone integrar estos aprendizajes de forma transversal en asignaturas como matemáticas, ciencias sociales e informática, combinando comprensión técnica, reflexión ética y capacidad de cocreación (OCDE, 2025a).

Para tomar decisiones informadas sobre qué competencias deben priorizarse, la OCDE ha desarrollado también un conjunto de indicadores sobre la capacidad de los sistemas de IA en tareas humanas. Estos indicadores, agrupados en nueve dimensiones (desde comprensión del lenguaje hasta pensamiento crítico o creatividad), permiten comparar el rendimiento de modelos como GPT-4 con el de personas adultas y estudiantes en pruebas estandarizadas. Por ejemplo, la IA supera a sistemas más simples en tareas de comprensión literal, pero sigue teniendo dificultades en tareas que requieren juicio complejo o integración multimodal de información (OCDE, 2025b). Muchas de las tareas que la IA automatiza son rutinarias y previsibles. Sin embargo, habilidades como la resolución de problemas no estructurados, el juicio crítico o la comunicación interpersonal se vuelven más valiosas precisamente porque son complementarias a la IA. En este sentido, el informe subraya que la respuesta de los sistemas educativos debe ser doble: formar en competencias complementarias a la tecnología y asegurar que estas se desarrollan desde etapas tempranas, con equidad y con oportunidades reales de aprendizaje para todos los estudiantes.

En conjunto, los trabajos de Goldin, Katz, Acemoglu y los informes y evaluaciones de la OCDE (2023) apuntan a una lección común: la tecnología por sí sola no reduce desigualdades. Son las

políticas educativas, los incentivos institucionales y la arquitectura del mercado laboral quienes determinan si la innovación amplía las oportunidades o las concentra aún más. Este número de *Papeles de Economía Española* se sitúa en ese punto de inflexión. Si, como afirman Goldin y Katz, el futuro de la desigualdad se juega en la capacidad de la educación para acompañar el cambio tecnológico, la irrupción de la IA generativa obliga a redefinir con urgencia qué competencias deben priorizarse, cómo debe evaluarse el aprendizaje, y qué papel deben ocupar el profesorado y las instituciones en un entorno en el que las máquinas no solo procesan datos, sino que también generan contenido, simulan razonamiento y desafían las formas tradicionales de enseñanza y aprendizaje.

El primer bloque de artículos de *Papeles de Economía Española* analiza los efectos de la IA sobre el rendimiento académico, las políticas docentes y la equidad en el uso de la tecnología dentro de las aulas. En el primer artículo analizo el impacto de la IA generativa en la educación desde una perspectiva integral. Parte de la premisa de que el efecto de estas tecnologías dependerá menos de su sofisticación técnica que del contexto pedagógico, institucional y docente en el que se integren. En lugar de considerar la IA como un simple asistente o herramienta, se propone entenderla como un actor que reconfigura las dinámicas del aprendizaje. Para ello, se revisan diversos estudios recientes que han evaluado el uso de tutores personalizados guiados por la IA en los centros educativos.

Una de las principales conclusiones es que la IA puede mejorar el rendimiento académico inmediato de los estudiantes, especialmente en entornos con alta carga de trabajo para el profesorado o con alumnado rezagado. Sin embargo, su impacto en el aprendizaje profundo y en la consolidación de conocimientos a largo plazo es más ambiguo. En particular, se destaca que el diseño pedagógico de la interacción con la IA es determinante: el uso de respuestas completas puede inducir fenómenos de “descarga cognitiva”, donde el estudiante reduce su esfuerzo metacognitivo. Esto se traduce en menor planificación, reflexión y transferencia del conocimiento.

El artículo también alerta sobre los riesgos de desigualdad derivados de un acceso y uso desiguales de estas tecnologías, lo cual puede reproducir o incluso ampliar brechas educativas preexistentes. Por tanto, se insiste en que el despliegue de IA en los sistemas educativos debe ir acompañado de marcos éticos, políticas públicas específicas y estrategias de formación docente para evitar otros riesgos asociados a la tecnología como el de la desinformación o los sesgos. La conclusión general es que el verdadero potencial de la IA no reside en sustituir al profesorado, sino en ampliar su capacidad para guiar, personalizar y enriquecer el aprendizaje, siempre que se integre de forma crítica, equitativa y pedagógicamente sólida.

La IA está comenzando a reconfigurar los pilares de la profesión docente. **Ezequiel Molina** y **Cristóbal Cobo**, ambos especialistas sénior en educación del Banco Mundial, analizan esta transformación desde los cuatro principios de políticas docentes efectivas definidos por la institución: atracción, preparación, selección y desarrollo profesional. La IA ya se utiliza en orientaciones vocacionales (chatbots en Chile), simulaciones de aula (Mursion, TeachLivE), tutoría inteligente (TeachFX, Edthena), y algoritmos para selección y asignación docente en países como Perú o Ecuador. Aunque la evidencia aún es emergente, los resultados iniciales son prometedores: el 87 por 100 de los docentes participantes en un piloto de mentoría automatizada en Chile recomendaría el uso del chatbot a sus colegas.

Esta transformación no está exenta de riesgos. La implementación desigual podría generar una estratificación educativa entre quienes acceden a IA sin guía, quienes no acceden en absoluto, y quienes se benefician de una combinación efectiva entre tecnología y acompañamiento docente. El 83 por 100 del profesorado expresa preocupación por la capacidad del alumnado para evaluar críticamente las respuestas generadas por IA, y el 80 por 100 declara carecer de orientación institucional clara. Frente a ello, Molina y Cobo proponen una integración basada en principios operativos concretos: mantener al docente en el centro del proceso, adaptar la tecnología a contextos con conectividad limitada, incorporar mecanismos de revisión hu-

mana en tareas sensibles, e invertir en formación continua con enfoque ético y pedagógico. La IA puede ser una herramienta poderosa para reducir carga administrativa, generar recursos pedagógicos adaptativos y ampliar el acceso a mentoría; pero su adopción efectiva exige planificación institucional, acompañamiento profesional y estándares públicos de calidad y equidad en su uso.

En el artículo de **Almudena Sevilla, Pilar Cuevas-Ruiz, Luz Rello e Ismael Sanz**, se aborda una cuestión complementaria y urgente: cómo garantizar que la adopción de estas tecnologías no agrave las desigualdades educativas ya existentes, especialmente en contextos vulnerables. A partir de una evaluación comparativa entre los modelos GPT y los resultados de las pruebas PISA y PIAAC, señalamos el análisis de la OCDE en el sentido de que la IA ya supera a los estudiantes de 15 años en lectura (85 por 100 de aciertos con GPT-4 frente al 57 por 100) y ciencias (84 por 100 frente al 53 por 100), pero aún se sitúa por debajo en matemáticas (40 por 100 frente al 51 por 100). El juicio experto sobre las tareas del PIAAC indica que, mientras que la IA domina tareas rutinarias y de extracción de información literal, sigue teniendo dificultades con el razonamiento abstracto, la transferencia entre contextos, la resolución multietapa y la interpretación multimodal.

Los datos también evidencian desigualdades en el acceso a la IA. En España, el 31,6 por 100 del alumnado en centros de nivel socioeconómico bajo sufre carencias digitales, frente al 16,1 por 100 en centros favorecidos. Las diferencias territoriales son significativas: mientras comunidades como Cataluña, Navarra y Madrid presentan una menor incidencia de carencias digitales, regiones como Canarias, Castilla-La Mancha y Murcia registran los niveles más altos de escasez y baja calidad en los recursos tecnológicos. Nuestro análisis con datos de Google Trends revela que, aunque el interés por ChatGPT se duplicó entre 2023 y 2025, las comunidades con menor renta accedieron más tarde, con una brecha temporal de casi dos años en algunos casos. Garantizar una integración justa de la IA requiere políticas activas que no solo proporcionen tecnología, sino que aseguren su uso pedagógico, efectivo, personalizado, equitativo e inclusivo.

El estudio de **Óscar David Marcenaro Gutiérrez y Luis Alejandro López-Agudo**, examina los efectos del uso de recursos digitales sobre el rendimiento académico a partir de los microdatos de PISA 2015, 2018 y 2022 para España. Los resultados muestran que utilizar Internet fuera del centro educativo para hacer deberes, todos o casi todos los días, se asocia con un aumento de 0,5 desviaciones estándar en matemáticas y comprensión lectora, así como con una reducción del 72 por 100 en la probabilidad de repetición respecto a quienes no realizan esta actividad. De forma similar, navegar por Internet con fines informativos o leer publicaciones digitales se vincula con un rendimiento académico superior. También, el envío regular de correos electrónicos mantiene una correlación positiva con las competencias evaluadas. En cambio, el uso recreativo intensivo, como jugar a videojuegos online o compartir contenidos, presenta una relación negativa con el rendimiento, y el uso del móvil para hacer tareas o descargar aplicaciones —incluso educativas— se asocia con descensos de entre 0,5 y 0,8 desviaciones estándar.

En el entorno escolar, los autores encuentran que el uso frecuente de dispositivos digitales dentro del aula tiene en general efectos negativos, salvo el procesador de texto en la ola de 2022. A nivel agregado, una mayor dotación de ordenadores no mejora los resultados cuando no va acompañada de políticas claras: la ratio de ordenadores por alumno presenta una correlación negativa con las competencias. En cambio, las comunidades con alta dotación y normas explícitas de uso —como Madrid, Navarra o el País Vasco— muestran un patrón más favorable. El estudio concluye que no es el acceso a la tecnología lo que mejora el aprendizaje, sino su utilización pedagógica, estructurada y regulada. Frente al entusiasmo tecnológico, el rendimiento mejora cuando hay un proyecto pedagógico claro.

La transformación del sistema educativo en la era de la IA, abordada desde la política docente (Molina y Cobo) y la equidad digital (Sevilla *et al.*) y la disposición de normas explícitas de uso (Marcenaro y López) encuentra en el análisis de **Francisco Rodríguez Fernández** un marco integrador. Rodríguez sostiene que la IA ya está transformando

la educación en múltiples niveles y áreas. El autor ofrece una revisión detallada de las aplicaciones actuales, los beneficios potenciales y los riesgos asociados a su adopción en los sistemas educativos. Se subraya que la IA permite personalizar el aprendizaje, automatizar tareas administrativas y evaluaciones, y apoyar al profesorado con herramientas como asistentes virtuales o sistemas de análisis de datos. Estas innovaciones no buscan reemplazar al docente, sino aumentar su capacidad de respuesta pedagógica.

Muchas de estas aplicaciones aún se encuentran en fase experimental o incipiente, y su éxito dependerá de cómo se implementen. Para ello, Rodríguez plantea tres principios esenciales: supervisión docente, solidez pedagógica y equidad. Se advierte sobre los riesgos de privacidad de datos, sesgos algorítmicos y desigualdades en el acceso a la tecnología. La supervisión humana es necesaria para mantener el control pedagógico, y se recomienda que las herramientas de IA proporcionen explicaciones comprensibles sobre sus recomendaciones o decisiones. Rodríguez también alerta de los peligros de una integración precipitada y sin garantías: muchas herramientas carecen de validación empírica rigurosa, lo que podría comprometer la calidad de la enseñanza. Además, destaca que las políticas públicas en este ámbito son aún muy escasas: solo una de cada diez instituciones educativas cuenta con una estrategia sobre IA (UNESCO, 2023). El autor concluye que el potencial de la IA en la educación es elevado, pero solo se logrará si se combina con criterios éticos claros, evaluación rigurosa y participación de docentes en su diseño e implementación.

El segundo bloque de *Papeles de Economía Española* se centra en el impacto de la tecnología sobre dimensiones educativas no estrictamente académicas, pero igualmente relevantes: la configuración de nuevas brechas sociales, el desarrollo del pensamiento crítico y el bienestar emocional y social de los estudiantes. Frente a los análisis centrados en el entorno escolar, los artículos de este apartado examinan cómo las herramientas digitales influyen en aspectos extraescolares como las percepciones subjetivas de bienestar, exposición a los riesgos de la desinformación o la relación entre el uso de la IA en la educación y en las empresas.

La integración efectiva de la IA en el sistema educativo no puede desligarse de su adopción en el tejido productivo. El análisis de **Ildefonso Méndez** revela que, aunque la IA aún se encuentra en fase temprana en las empresas españolas, su uso supera al de países como Italia o Francia y se concentra en sectores de alta intensidad digital, como comunicaciones, información o servicios profesionales. La Encuesta del Banco de España confirma que solo un 6 por 100 de las empresas que utilizan IA lo hacen de forma intensiva, mientras que un 60 por 100 se limita a usos experimentales. Los niveles de adopción son notablemente más altos en empresas con mayor proporción de activos intangibles, productividad elevada y menor antigüedad.

En el ámbito educativo, el estudio muestra que, pese a una dotación razonablemente buena en infraestructura —el 100 por 100 de los centros de secundaria dispone de acceso a internet y almacenamiento en la nube, y más del 90 por 100 cuenta con intranet y acceso remoto—, el sistema arrastra déficits estructurales en apoyo técnico, *software* educativo y coordinación docente. Solo el 13 por 100 dispone de aplicaciones de realidad aumentada, el 18 por 100 cuenta con juegos digitales multijugador con fines pedagógicos, y el 37 por 100 ofrece contenidos digitales que complementan los manuales, como vídeos o actividades interactivas. Además, el 50 por 100 de los coordinadores TIC declara que el profesorado carece de tiempo suficiente para preparar clases con tecnología, el 44 por 100 denuncia formación insuficiente y el 40 por 100 ausencia de soporte técnico. Esta brecha repercute en las competencias del alumnado: en

La tesis principal es tan sencilla como importante: el nivel de desigualdad en una sociedad depende en gran medida de la carrera entre el ritmo al que progresa la tecnología y el ritmo al que se expande la educación

ICILS 2023, los estudiantes españoles obtuvieron un resultado inferior a los de Portugal, a pesar de declarar una motivación significativamente mayor por el uso de tecnología. El entusiasmo no compensa las carencias estructurales. Superar esta brecha requiere una estrategia formativa coherente, con visión curricular y soporte técnico sostenido.

La transformación digital del sistema educativo también requiere atender a los efectos del uso de Internet desde la infancia. El estudio de **Jing Guan, Yuke Liang y J. D. Tena** examina su impacto sobre el aprendizaje y la salud de niños y adolescentes, a partir de dos bases de datos representativas de China: *la China Education Panel Survey (CEPS)* y *la China Family Panel Studies (CFPS)*. Los resultados muestran que un uso moderado de Internet —definido como menos de siete horas semanales— está asociado a mejores resultados en matemáticas, lengua e inglés, así como a una mayor autoevaluación del estado de bienestar y salud. En 2014, un 27 por 100 de los estudiantes superaba las siete horas semanales de uso de Internet, una cifra que ascendió al 34 por 100 en 2018. Esta evolución plantea preocupaciones: cuando el uso excede ese umbral, los efectos se invierten, con un aumento de la infelicidad subjetiva y un deterioro del rendimiento académico, en línea con la literatura occidental recogida en *EU Kids Online* (Livingstone et al., 2020).

El trabajo discute y compara técnicas económicas empleadas en la literatura previa, como los modelos de variables instrumentales, utilizando la asignación no autoseleccionada de estudiantes a escuelas con distinto nivel de acceso digital. Los análisis realizados muestran que disponer de ordenador e Internet —como ocurría en el 65,5 por 100 del alumnado en 2015— se asocia positivamente con los resultados educativos y de salud, aunque con una heterogeneidad significativa: las correlaciones son mayores en las zonas urbanas. Las chicas presentan mejores resultados en lengua y mayor bienestar emocional, pero también señalan una peor salud percibida. Estas conclusiones refuerzan las advertencias de Rodríguez sobre los riesgos de una integración tecnológica sin garantías, y complementan el diagnóstico de Sevilla et al. sobre las desigualdades territoriales. También se vinculan con el marco propuesto por Molina y Cobo:

el acceso digital debe combinarse con criterios de uso pedagógico, formación continua y medidas específicas de acompañamiento para evitar efectos adversos.

Daniel J. Flynn y Carlos X. Lastra-Anadón, alertan sobre un fenómeno paralelo y cada vez más relevante: la vulnerabilidad de los adolescentes frente a la desinformación en redes sociales. Su estudio, centrado en el caso español, señala que el 88 por 100 de los jóvenes entre 16 y 30 años ha estado expuesto recientemente a contenidos potencialmente falsos, una de las cifras más altas de Europa, según el Eurobarómetro de la Juventud. Sin embargo, solo el 15 por 100 de los adolescentes españoles afirma tener mucha confianza en su capacidad para identificar noticias falsas, lo que pone de manifiesto una brecha significativa entre exposición y competencias digitales.

Entre las intervenciones potenciales, Lastra y Flynn identifican tres enfoques con evidencia prometedora: primero, la inoculación cognitiva, que consiste en exponer a los estudiantes, en un entorno controlado, a técnicas comunes de desinformación —como el uso de falsos expertos o titulares alarmistas— para que aprendan a reconocerlas cuando se encuentren con ellas en su vida real, más allá del aula; segundo, el uso de listas breves de buenas estrategias de verificación, como las empleadas en iniciativas de alfabetización digital de redes sociales (por ejemplo, comprobar las URL sospechosas, examinar imágenes o formatos inusuales); y tercero, la formación en lectura lateral, una técnica que enseña a contrastar el contenido consultando otras fuentes antes de asumir su veracidad.

En un experimento online con más de 2.900 adultos, comprobaron que mensajes motivacionales —uno centrado en riesgos sociales y otro en riesgos personales de la desinformación— aumentaban significativamente la demanda de recursos formativos. Esta evidencia sugiere que enseñar a pensar críticamente requiere no solo técnicas de detección, sino la activación del deseo de indagar.

La comprensión del impacto del nivel educativo sobre el bienestar individual se enriquece con el es-

Acemoglu y Rastrepo (2020) sostienen que un uso intensivo de tecnologías de automatización puede destruir más empleos de los que crea si no va acompañado de la generación de nuevas tareas humanas productivas

tudio de **Alejandra Ramos, María Teresa Ballestar, Kathrin Komp-Leukkunen y Jorge Sainz**, que emplean un enfoque avanzado de aprendizaje automático para analizar las desigualdades de bienestar en Europa. Basado en la *Encuesta Social Europea (ESS) 2023/2024*, el estudio abarca tres contextos culturales y socioeconómicos diversos: España, Finlandia y Grecia, profundizando en las relaciones multidimensionales entre educación, ingresos, salud, empleo, comportamiento digital, felicidad e interacción social mediante una Red Bayesiana Ingenua Aumentada de Árbol (TAN). Este método combina capacidad predictiva y representación explícita de dependencias condicionales, logrando una precisión de clasificación del 71 por 100.

Los resultados corroboran y amplían las conclusiones de Sevilla *et al.* y Guan *et al.*, al demostrar que la educación superior se asocia sistemáticamente con mejores resultados económicos, mayor salud autopercibida, mayor inclusión digital y mayor bienestar subjetivo, al tiempo que amortigua la brecha de género en el empleo. En concreto, la renta neta del hogar, la actividad profesional, la felicidad autodeclarada y el uso diario de Internet son las variables más influyentes en la predicción del nivel educativo, enfatizando la interdependencia entre capital humano, bienestar económico y digitalización. Por ejemplo, la probabilidad de declarar vivir cómodamente es significativamente mayor entre individuos con educación superior, con diferencias sustanciales entre países: en España (0,56 frente a 0,34), Finlandia (0,41 frente a 0,22) y Grecia (0,15 frente a 0,06). Estas brechas reflejan tanto desigualdades materiales reales como divergencias en las expectativas y percepciones subjetivas del bienestar según el contexto nacional.

Tras analizar el impacto de la tecnología y la IA en el contexto escolar y su relación con el bienestar y el pensamiento crítico, el tercer bloque de este número de *Papeles de Economía Española* se adentra en un nuevo escenario: el de la educación superior y el mercado laboral. La irrupción de herramientas como ChatGPT, los sistemas de tutorización automática o las plataformas de análisis de datos no solo están transformando la experiencia universitaria, sino también reconfigurando las competencias que demandan las empresas en un entorno económico impulsado por la IA. Los artículos que componen este bloque abordan, desde distintos enfoques, los desafíos y oportunidades que plantea esta transformación, tanto para las instituciones educativas como para los estudiantes y los futuros trabajadores.

Francesc Pujol parte de una experiencia deliberada en sus clases de grado en la Universidad de Navarra: pidió al alumnado que utilizara herramientas de IAG desde el primer día. No buscaba enseñar a usar la IA, sino observar cómo su uso transforma los incentivos de aprendizaje. Su diagnóstico es contundente: la IAG rompe la correspondencia entre proceso y producto. En un experimento previo, se pidió a docentes evaluar exámenes que en realidad habían sido redactados íntegramente con inteligencia artificial. El 94 por 100 de esos trabajos no fueron identificados como generados por IA, y el 83 por 100 recibieron una nota igual o superior a 5. Este resultado revela una importante limitación del sistema evaluativo tradicional, que puede no distinguir entre un trabajo auténtico y uno automatizado, lo que incentiva el uso de atajos y pone en riesgo la integridad del proceso formativo.

En este contexto, todos sus estudiantes debían utilizar obligatoriamente herramientas de IAG en sus trabajos. Esta decisión lo llevó a desarrollar un marco pedagógico centrado no en el producto final, sino en el proceso cognitivo que lo precede. Su hipótesis central es que la pregunta formulada por el estudiante revela con mayor fidelidad su nivel de comprensión que la respuesta final generada por la IA.

A partir de esta premisa, propone la “Regla de Oro” para el uso pedagógico de la IA: “formular preguntas solo sobre lo que ya se comprende”. Solo

así es posible evaluar críticamente las respuestas generadas, detectar errores y evitar una ilusión de aprendizaje. Frente a un sistema educativo que tradicionalmente ha premiado el resultado, Pujol aboga por reorientar el foco hacia la formulación de preguntas como el artículo aporta una estrategia concreta para una integración responsable, eficaz y escalable de la IAG en educación superior.

A escala internacional, **Christopher Neilson** e **Ignacio Lepe** ofrecen una contribución empírica sobre el papel de la institucionalidad escolar en la integración efectiva de la inteligencia artificial generativa (IAG) y su relación con las competencias digitales. A partir de los microdatos del ICILS 2023 para 15 países, los autores construyen un índice de “preparación institucional para la IA” mediante análisis de componentes principales (PCA) aplicado a 44 ítems del cuestionario dirigido a directores escolares. El índice recoge tres dimensiones clave: expectativas positivas hacia la IA (actitud y predisposición de los equipos directivos frente a su uso en el ámbito educativo), percepción de riesgos (preocupaciones éticas, pedagógicas u organizacionales), y nivel de institucionalización formal (existencia de normativas o recomendaciones explícitas sobre su utilización).

Los modelos de regresión, lineales y cuadráticos, revelan asociaciones diferenciadas. Las expectativas institucionales positivas se relacionan con un mayor rendimiento en pensamiento computacional, mientras que una percepción crítica de los riesgos muestra asociación con mejores niveles de alfabetización digital. En ambos casos, los efectos son no lineales: los beneficios se observan principalmente en niveles intermedios de estas dimensiones, lo que sugiere que tanto el entusiasmo desmedido como la desconfianza extrema pueden resultar contraproducentes. En contraste, la existencia de normativas formales sobre IA en los centros educativos no presenta asociación significativa con el desempeño estudiantil en competencias digitales.

Este resultado plantea una advertencia relevante: no basta con disponer de estrategias institucionales o documentos normativos para que la IA tenga un impacto positivo en el aprendizaje. El valor pedagógico emerge cuando existe una

cultura institucional activa y reflexiva que acompaña su integración. Así lo han advertido también Rodríguez, quien subraya que muchas políticas sobre IA carecen de implementación efectiva, monitoreo o formación docente asociada, y Molina y Cobo, quienes insisten en que sin acompañamiento profesional, estándares claros y compromiso del profesorado, la tecnología no genera efectos sostenidos. Neilson, Araya y Lepe concluyen que lo determinante no es la existencia de políticas formales, sino cómo estas se comprenden, aplican y viven en el día a día de los centros educativos.

En línea con el interés por medir el impacto pedagógico de la IA, **Ana Hidalgo-Cabrillana** presenta un estudio de caso sobre el uso de la plataforma Honor Education en un curso de Macroeconomía. Comparando dos grupos con el mismo temario, profesora y cronograma, solo uno de ellos tuvo acceso a herramientas interactivas basadas en IA integradas en la lectura del manual *The Economy* (CORE-Econ). Estas funcionalidades incluían notas compartidas, botones de reacción emocional y comunicación asincrónica, diseñadas para promover una lectura más activa y colaborativa.

Los resultados indican que, en uno de los dos exámenes orientados al razonamiento, el grupo que utilizó IA obtuvo una media significativamente superior (+1,19 puntos). En contraste, los resultados en tres pruebas centradas en conocimientos de tipo factual o rutinario no mostraron un patrón claro: en una el grupo tratado superó al control, en otra fue al revés y en la tercera no se observaron diferencias significativas. Este patrón sugiere que la IA, al menos en esta configuración, potencia especialmente las competencias cognitivas de orden superior.

Hidalgo interpreta que parte del efecto puede explicarse por el aprendizaje entre pares incentivado por la plataforma, al permitir interacciones visibles entre estudiantes mediante reacciones y notas públicas. Esta dimensión social del aprendizaje estuvo ausente en el grupo de control.

El estudio se alinea con los hallazgos de Bastani *et al.* (2024) y Habiballa (2025) quienes destacan que el impacto de la IA educativa depende del di-

seño pedagógico y de los incentivos estructurales. Hidalgo enfatiza que el acceso desigual a estas herramientas puede amplificar brechas existentes si no se garantiza una implementación inclusiva. En conjunto, el trabajo aporta evidencia empírica sobre cómo una integración planificada de la IA puede fortalecer el pensamiento crítico, en línea con las propuestas de Pujol, Rodríguez y Molina y Cobo sobre integración reflexiva, autonomía docente y equidad tecnológica.

La investigación de **Aída García Lázaro** analiza cómo la demanda de habilidades en inteligencia artificial (IA) se traduce en primas salariales en el Reino Unido. Utilizando más de 21 millones de vacantes anunciadas en línea entre 2012 y 2023, la autora identifica 83.655 mercados laborales locales activos mediante técnicas de procesamiento de lenguaje natural aplicadas a los títulos de los puestos de trabajo.

El estudio revela que las vacantes que requieren habilidades en IA —como aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural (NLP) o visión computacional— se concentran en sectores intensivos en conocimiento, como información y comunicación, finanzas, educación y servicios profesionales. Estas habilidades se demandan especialmente en ocupaciones profesionales: programadores, desarrolladores de *software*, diseñadores de interfaces o analistas de datos.

El análisis econométrico muestra que la presencia de habilidades de IA en las vacantes se asocia con una prima salarial del 3,7 por 100, incluso tras controlar por ubicación, tipo de puesto y año. Este efecto se incrementa hasta un 8,6 por 100 en el

periodo 2020–2023, coincidiendo con la expansión de la IA generativa. Además, por cada habilidad adicional de IA listada en una vacante, el salario medio aumenta un 1,1 por 100.

Estas primas salariales son aún mayores en empleos con modalidad híbrida (+2,3 por 100) y en regiones metropolitanas como Londres, Manchester o Cambridge, donde existen ecosistemas de innovación más densos.

La autora destaca que la combinación de habilidades técnicas en IA con competencias transversales —como pensamiento crítico, comunicación o trabajo en equipo— incrementa aún más el valor salarial de los perfiles profesionales. Este hallazgo refuerza la importancia de una formación integral.

En conjunto, este estudio complementa las conclusiones de Marcenaro y López o Neilson, Araya y Lepe sobre el valor de las competencias digitales aplicadas, al aportar evidencia desde el mercado laboral. Si aquellos trabajos analizan el impacto en el ámbito educativo, García Lázaro documenta retornos salariales concretos en el empleo. Los resultados sugieren que las políticas educativas que promueven habilidades digitales avanzadas tienen efectos positivos tangibles, tanto en el aprendizaje como en la inserción y progresión profesional.

En suma, los artículos reunidos en este número muestran que la inteligencia artificial generativa no es simplemente una herramienta, sino un factor que reconfigura los fundamentos del aprendizaje, la docencia y el trabajo. Integrarla de forma crítica, inclusiva y pedagógicamente sólida es uno de los principales desafíos educativos de nuestra época.

La conclusión general es que el verdadero potencial de la IA no reside en sustituir al profesorado, sino en ampliar su capacidad para guiar, personalizar y enriquecer el aprendizaje, siempre que se integre de forma crítica, equitativa y pedagógicamente sólida

BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, D. (2024). *Speech at the Nobel Prize Banquet, 10 December 2024*. NobelPrize.org.
- Acemoglu, D., Laibson, D. y List, J. A. (2014). *Equalizing Superstars: The Internet and the Democratization of Education*. *American Economic Review*, 104(5), 523–527.

Acemoglu, D. y Restrepo, P. (2020). *The Wrong Kind of AI? Artificial Intelligence and the Future of Labor Demand.* *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 13(1), 25–35. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsz022>

Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakc, O. y Mariman, R. (2024). Generative AI Can Harm Learning. Wharton School Research Paper, July 2024.

Goldin, C., & Katz, L. F. (2008). *The Race between Education and Technology.* Harvard University Press.

Habiballa, H.; Kotyrba, M.; Volna, E.; Bradac, V. y Dusek, M. Artificial Intelligence (ChatGPT) and Bloom's Taxonomy in Theoretical Computer Science Education. *Appl. Sci.* 2025,15,581.

Livingstone, S., Haddon, L., Ólafsson, K., Helsper, E., Görzig, A. y Kirwil, L. (2020). *EU Kids Online 2020: Survey Results from 19 Countries.* London School of Economics. <https://eprints.lse.ac.uk/103294/>

OCDE. (2023). *Is Education Losing the Race with Technology?* OECD Publishing.

OCDE. (2025a). *New AI Literacy Framework to Equip Youth in an Age of AI.* *Education and Skills Today Blog*, 29 April 2025.

OCDE. (2025b). *Introducing the OECD AI Capability Indicators.* OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/be745f04-en>



En conjunto, los artículos reunidos en este número muestran que la inteligencia artificial generativa no es simplemente una herramienta, sino un factor que reconfigura los fundamentos del aprendizaje, la docencia y el trabajo



COLABORACIONES I

INTRODUCCIÓN

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IA EN LA EDUCACIÓN: EL CASO DE LOS TUTORES INDIVIDUALIZADOS GUIADOS POR LA IA

Ismael Sanz

URJC, Funcas y London School of Economics

Resumen

La irrupción de la inteligencia artificial (IA) generativa en la educación ha abierto nuevas posibilidades para la personalización del aprendizaje a través de tutores individualizados guiados por IA. Este artículo revisa la evidencia empírica más reciente sobre el impacto de estas herramientas en contextos escolares reales, haciendo hincapié en los efectos sobre el alumnado con bajo rendimiento y en entornos con recursos limitados. A partir del análisis de ensayos aleatorizados y estudios de caso internacionales, se examinan tanto las ventajas potenciales—como la capacidad para ofrecer apoyo personalizado a gran escala y mejorar la equidad educativa— como los riesgos asociados a su implementación: desinformación, sesgos, pereza cognitiva o dependencia tecnológica. El artículo ilustra estos retos y oportunidades mediante el análisis de experiencias recientes, como el uso de Khanmigo o el despliegue de tutores conversacionales en contextos de bajos ingresos, y concluye con recomendaciones para integrar estas tecnologías bajo criterios pedagógicos y de equidad.

Palabras clave: inteligencia artificial en educación, tutoría personalizada, IA generativa, equidad educativa, aprendizaje adaptativo, riesgos de la IA, innovación educativa.

Abstract

The emergence of generative artificial intelligence (AI) in education has opened up new possibilities for personalized learning through AI-guided individualized tutoring. This article reviews the latest empirical evidence on the impact of these tools in real-life school settings, with a particular focus on the effects on low-performing students and those in resource-limited environments. Based on the analysis of randomized controlled trials and international case studies, the article examines both the potential benefits—such as the ability to offer large-scale personalized support and improve educational equity—and the risks associated with their implementation: misinformation, bias, cognitive laziness, and technological dependence. The article illustrates these challenges and opportunities by analyzing recent experiences, such as the use of Khanmigo or the deployment of conversational tutors in low-income settings, and concludes with recommendations for integrating these technologies under pedagogical and equity criteria.

Keywords: artificial Intelligence in education, personalized tutoring, generative AI, educational equity, adaptive learning, AI risks, educational innovation.

JEL classification: I21, I28, O33.

I. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) tiene el potencial de transformar profundamente los procesos educativos, especialmente mediante el uso de tutores personalizados que adaptan el contenido al progreso de cada estudiante (Sevilla *et al.*, 2024). Para comprender el papel de estas nuevas

herramientas, es necesario situarlas en el contexto más amplio de la incorporación de la tecnología en la educación. Durante las últimas dos décadas, se han desarrollado múltiples iniciativas con resultados mixtos. Como señalan Escueta *et al.* (2020), si bien ciertos programas—especialmente aquellos basados en aprendizaje asistido por ordenador (CAL, por sus siglas en inglés)— han mostrado

efectos positivos en contextos concretos, muchas otras intervenciones han fracasado por falta de coherencia pedagógica o implementación deficiente.

Además, recientes estudios han puesto de relieve que el uso intensivo y desregulado de la tecnología puede tener efectos adversos sobre el rendimiento. Gorjón y Osés (2022), utilizando datos de PISA 2018, (Programme for International Student Assessment, en inglés) muestran que el alumnado que hace un uso muy intensivo de las TIC (tecnologías de la Información y la comunicación) en el aula —más de 1 o 2 veces por semana— obtiene resultados significativamente inferiores en matemáticas, lectura y ciencias incluso después de controlar por sus características socioeconómicas. La asociación entre el empleo de herramientas digitales y el rendimiento académico tiene una forma de “U” invertida, con un impacto positivo al principio con poco uso, pero negativo cuando se supera el óptimo. Esta relación refuerza la idea de que no es la cantidad de tecnología lo que importa, sino su uso pedagógicamente guiado. En este mismo número de *Papeles de Economía Española*, Marcenaro y López (2025) usan los datos de PISA de 2015, 2018 y 2022 para concluir también que el uso de recursos digitales en educación secundaria puede tener impactos negativos sobre el rendimiento académico cuando no está debidamente regulado. Según estos autores, el impacto de las TIC depende menos de su disponibilidad que de su integración pedagógica efectiva y de la existencia de un entorno regulador que guíe su utilización.

La irrupción de la IA generativa plantea, en este marco, un salto cualitativo. Por primera vez, la tecnología no solo distribuye contenido, sino que genera interacciones en lenguaje natural, ofreciendo explicaciones, retroalimentación y acompañamiento adaptativo en tiempo real. Cuevas-Ruiz et al. (2025) subrayan que estos modelos de lenguaje representan una evolución en la interfaz entre alumnos, docentes y contenidos. Su capacidad para generar tutorías conversacionales y personalizadas puede marcar un punto de inflexión, especialmente si se integran en un marco pedagógico explícito.

Esta transformación ocurre, además, en un momento de presión estructural en los sistemas

educativos. Los docentes señalan una sobrecarga creciente de tareas administrativas y dificultades para atender adecuadamente a la diversidad del alumnado (OCDE, 2023). En este contexto, la IA puede convertirse en una herramienta de apoyo, no como sustituto, sino como catalizador para liberar tiempo docente y ampliar su capacidad de instrucción.

Este artículo analiza el potencial de la IA como guía de tutorías individualizadas con una estructura en seis apartados. En la segunda sección, se contextualizan las aplicaciones y promesas de la IA generativa en el ámbito educativo, revisando la evidencia reciente sobre su potencial transformador. En tercer lugar, se analizan los resultados de estudios empíricos que evalúan el impacto de tutores individualizados guiados por IA, prestando especial atención a su efecto sobre el aprendizaje de alumnos con bajo rendimiento, y sintetizando las ventajas que estas herramientas pueden ofrecer cuando se integran adecuadamente en el entorno escolar. En la cuarta sección, se abordan los riesgos asociados al uso de IA en educación, incluyendo la desinformación, los sesgos, la delegación excesiva del esfuerzo cognitivo o la dependencia tecnológica. En el quinto apartado, se presenta el caso de Khanmigo como ejemplo de integración pedagógica de un tutor conversacional basado en IA, con implicaciones prácticas para su adopción en sistemas escolares. La sección sexta presenta las principales conclusiones del artículo.

II. APLICACIONES, PROMESAS Y DESAFÍOS DE LA IA GENERATIVA EN LAS AULAS

La incorporación de tecnología en los sistemas escolares no es un fenómeno reciente. Desde hace décadas, Gobiernos e instituciones han invertido en dispositivos, plataformas y programas digitales con la expectativa de mejorar el aprendizaje. Escueta et al. (2020) señalan que el simple acceso a tecnología no es suficiente para mejorar el aprendizaje. Muchas intervenciones fracasan cuando se enfocan únicamente en el componente técnico, sin un diseño pedagógico sólido ni un rol claro para el profesorado.

Además, la evidencia acumulada sugiere que un uso excesivo o poco estructurado de las TIC puede tener efectos contraproducentes. El trabajo de Gorjón y Osés (2022) muestra que los estudiantes que hacen un uso muy intensivo de la tecnología en el aula —en tareas repetitivas, apps o navegación para actividades escolares— obtienen resultados notablemente inferiores en matemáticas, lectura y ciencias incluso tras tener en cuenta las características socioeconómicas. Este resultado pone de manifiesto que la tecnología educativa, lejos de ser una panacea, puede convertirse en un factor de distracción o dependencia si no se integra cuidadosamente en un marco pedagógico.

En este contexto, la aparición de la IA generativa —modelos como GPT-4 capaces de generar texto, mantener conversaciones y resolver problemas complejos— representa un cambio de paradigma. Estas herramientas permiten personalizar la interacción con los estudiantes, adaptando el contenido, el ritmo y el tipo de apoyo en función de sus respuestas. Sevilla *et al.* (2024) señalan que este tipo de tutoría conversacional automatizada puede facilitar la práctica docente, el desarrollo de habilidades metacognitivas y la activación de conocimientos previos, siempre que el diseño de la interfaz y los principios pedagógicos sean coherentes.

Lo novedoso no es solo la tecnología, sino su potencial para simular aspectos clave de la tutoría humana a gran escala. Esta capacidad resulta especialmente relevante en un contexto donde, según la OCDE (2023), más del 40 por 100 del profesorado declara tener dificultades para atender adecuadamente a estudiantes con distintos niveles de rendimiento en la misma aula. El potencial de la IA generativa para ofrecer un acompañamiento personalizado podría contribuir a aliviar esta presión, especialmente en entornos con ratios de alumnos por clase elevadas o escasez de recursos humanos especializados, como ocurre en el caso de docentes de matemáticas, física o informática.

La OCDE realizó en 2023 una de las primeras aproximaciones estructuradas a los cambios que puede implicar la IA generativa para la enseñanza, el aprendizaje y el rol docente, tanto dentro como fuera del aula. El Informe de este organismo inter-

nacional titulado *Generative AI in the classroom: From hype to reality* analiza el potencial transformador de los modelos de lenguaje generativos en los sistemas escolares. La OCDE (2023) plantea que, aunque la educación ha sido tradicionalmente uno de los sectores más rezagados en la adopción tecnológica, la aparición de modelos de uso libre como ChatGPT —de acceso universal y capacidad creciente— podría representar un punto de inflexión, más allá de anteriores promesas incumplidas (*blockchain*, realidad virtual, etc.). La hipótesis central es que, en combinación con otras tecnologías, la IA generativa puede contribuir a reconfigurar la experiencia educativa hacia prácticas más flexibles, individualizadas y colaborativas, si bien su éxito dependerá de cómo se integre en los marcos pedagógicos existentes.

El informe estructura sus aportaciones en torno a cinco dimensiones clave de la práctica docente: 1) retroalimentación, 2) interacción, 3) compromiso cognitivo, 4) contenido disciplinar, y 5) desarrollo socioemocional. Para cada una de ellas, se analiza el potencial de la IA generativa según el modelo SAMR (*substitution, augmentation, modification, redefinition*), identificando si su uso se limita a sustituir tareas, las mejora funcionalmente, permite rediseñarlas o introduce nuevas prácticas antes inimaginables.

Por ejemplo, en el ámbito de la retroalimentación, la IA generativa podría ayudar a los docentes a proporcionar comentarios más frecuentes, individualizados y específicos, gracias a su capacidad para analizar el trabajo del alumnado, detectar errores, ofrecer sugerencias y generar explicaciones adaptadas. Esta capacidad se podría traducir en una retroalimentación más oportuna, con efectos positivos tanto en el rendimiento como en la motivación.

En el caso del compromiso cognitivo, la OCDE (2023) destaca que la IA puede facilitar la generación de representaciones múltiples de un mismo contenido (gráficos, esquemas, analogías, etc.), así como contextualizar el aprendizaje en ejemplos significativos y cercanos a los intereses del alumnado. Además, puede contribuir a desarrollar habilidades metacognitivas, al invitar a los estudiantes

a reflexionar sobre su comprensión, identificar lagunas de conocimiento y planificar su propio proceso de aprendizaje. Otro de los ámbitos donde hay un elevado potencial es en la personalización del aprendizaje. Mediante sistemas de análisis de datos y aprendizaje adaptativo, la IA generativa puede facilitar trayectorias individualizadas de progresión, ajustadas a la velocidad y estilo de aprendizaje de cada alumno, permitiendo que los estudiantes avancen según su dominio real del contenido, en lugar de seguir un ritmo uniforme para toda la clase. Ciertos grupos tradicionalmente rezagados por el enfoque *one-size-fits-all* podrían beneficiarse especialmente de estas tecnologías. Entre ellos se encuentran estudiantes con necesidades educativas especiales, alumnos inmigrantes con barreras lingüísticas, residentes en zonas rurales con recursos limitados, o aquellos con bajo nivel socioeconómico. Para estos colectivos, un tutor personalizado basado en IA podría suponer un refuerzo adaptado a sus circunstancias, accesible y constante, que complementa el trabajo docente.

Fuera del aula, la IA generativa puede ser un motor de aprendizaje autónomo. Puede facilitar el desarrollo de tareas cognitivamente exigentes (resúmenes, esquemas, simulaciones), ofrecer soporte lingüístico en redacción o lectura, fomentar la indagación sobre temas de interés y actuar como un asistente que estimula la curiosidad del estudiante (OCDE, 2023). Una capacidad de responder de forma inmediata, flexible y a demanda que puede ayudar al alumnado en el proceso educativo.

En este sentido, la OCDE (2023) concluye con una batería de recomendaciones para sistemas educativos, entre las que destacan: 1) formar a los docentes en el uso pedagógico, ético y eficaz de la IA; 2) diseñar entornos de evaluación que minimicen el plagio y promuevan el pensamiento crítico; 3) desarrollar estándares de calidad y protección de datos; y 4) fomentar la cocreación de contenidos con apoyo de la IA, pero bajo supervisión humana. La incorporación de la IA generativa en los sistemas escolares no puede entenderse como una simple cuestión técnica. Es una cuestión de *teachology*, en la que el diseño pedagógico, la profesionalidad docente y la arquitectura institucional serán determinantes. El potencial de estas herramientas para

democratizar el aprendizaje, reducir desigualdades y mejorar resultados es considerable, pero su realización dependerá del juicio humano, la formación docente y la gobernanza educativa.

En relación a las posibilidades de individualización de enseñanza que ofrece la tecnología, vamos a comenzar en esta sección revisando la evidencia empírica que analiza las tutorías en pequeños grupos incluso sin uso de la IA, para continuar después en la siguiente sección centrándonos en las que están guiadas por la IA. Una experiencia especialmente relevante en el contexto de tutorías remotas en pequeños grupos es la documentada por Fesler et al. (2023), quienes evaluaron el programa Air Tutors en varios centros escolares del estado de Texas (Estados Unidos). Esta intervención se centró en estudiantes de 4.º a 6.º grado con bajo rendimiento en matemáticas, la mayoría de ellos pertenecientes a colectivos históricamente desfavorecidos: un 67 por 100 del alumnado era hispano y un 21 por 100 afroamericano.

El programa consistía en sesiones semanales de tutoría *online* —alrededor de tres horas semanales durante un período de entre 15 y 21 semanas— impartidas por tutores altamente cualificados a través de videollamadas, en grupos reducidos de tres a cuatro estudiantes. Las sesiones incluían el uso de una pizarra interactiva y materiales didácticos digitales, diseñados para fomentar la participación activa y el compromiso del alumnado con la tarea, con énfasis en la construcción de una relación significativa entre tutor y alumno.

El impacto se evaluó mediante un diseño experimental aleatorizado estratificado, con estimación de efectos a través de modelos de regresión y análisis bayesiano complementario. Los resultados muestran mejoras estadísticamente significativas en el rendimiento académico en matemáticas, medido mediante el test estandarizado *MAP*, (*measures of academic progress*, en inglés) con un efecto promedio de 0,13 desviaciones estándar para el conjunto de escuelas participantes. Este efecto se duplicó en la escuela media donde las sesiones se realizaron durante el horario lectivo, alcanzando 0,26 d.e., lo que sugiere que la integración curricular del programa refuerza su eficacia.

Además del rendimiento académico, también se observaron mejoras en indicadores psicosociales, como el aumento de la confianza en matemáticas y el sentimiento de pertenencia escolar, recogidas mediante encuestas. Los estudiantes indicaron que experimentaron una mejora en la percepción de la relación con su tutor, lo cual se interpreta como un elemento clave en la eficacia del programa. El análisis cualitativo de los datos sugiere que esta mejora en la confianza y en la percepción de apoyo contribuye a una mayor implicación en la tarea y persistencia frente a las dificultades.

Uno de los resultados más interesantes del estudio es que los efectos positivos se produjeron sin necesidad de introducir una nueva tecnología disruptiva, sino a través del uso intensivo, estructurado y pedagógicamente guiado de recursos ya disponibles —como las plataformas de videoconferencia, materiales didácticos digitales y pizarras virtuales—, en combinación con tutores cuidadosamente seleccionados y formados para adaptarse a las necesidades del alumnado.

Esta aproximación refuerza la idea de que el valor añadido de las tutorías personalizadas no reside únicamente en la sofisticación tecnológica de las herramientas utilizadas, sino en la calidad de la interacción educativa, la regularidad del acompañamiento, la pertinencia de los contenidos, y su integración con el currículo escolar. Aunque el programa Air Tutors no se basa en IA generativa, su diseño comparte varios principios clave con las intervenciones que incorporan IA: personalización del apoyo, retroalimentación inmediata, foco en el alumnado rezagado, y un esfuerzo explícito por reforzar la motivación intrínseca del estudiante.

En este sentido, el estudio de Fesler *et al.* (2023) constituye un punto de referencia útil para pensar en cómo integrar herramientas basadas en IA en modelos híbridos que mantengan el componente humano como elemento esencial del aprendizaje personalizado, y cuyo diseño ponga el énfasis en el acompañamiento pedagógico constante y la adaptación a las características específicas de cada grupo de estudiantes.

Otro estudio experimental sobre instrucción individualizada basada en tecnología es el reali-

zado por De Barros y Ganimian (2024), que se centran en estudiantes de 6.º a 8.º grado de escuelas públicas del estado de Rajastán, en la India. La intervención, llevada a cabo en 15 escuelas modelo, consistió en el uso de la plataforma educativa Mindspark durante nueve meses, con sesiones de 45 minutos diarias en horario lectivo, centradas en matemáticas. Los estudiantes fueron asignados aleatoriamente a dos condiciones: el grupo de control accedía a contenidos correspondientes al currículo de su grado escolar, mientras que el grupo de tratamiento recibía contenidos personalizados según su nivel de competencia real, diagnosticado previamente mediante una prueba estandarizada.

Los resultados muestran que la instrucción adaptada no produjo efectos significativos sobre el rendimiento medio del alumnado (efecto estimado de 0,05 d. e., pero no significativo). Sin embargo, se observaron efectos positivos y significativos para el 25 por 100 de estudiantes con menor desempeño inicial: en este subgrupo, el tratamiento aumentó el rendimiento en matemáticas en 0,22 d.e., especialmente en los dominios de números y resolución de problemas, que coincidían con los contenidos más frecuentemente abordados por la plataforma. Estos efectos son relevantes dado el bajo nivel de uso promedio de la herramienta: la mediana fue de 329 minutos acumulados en todo el curso escolar, lo que indica que incluso un uso relativamente limitado de la plataforma puede generar beneficios significativos si se adapta al nivel real del estudiante.

El estudio destaca que el principal mecanismo de impacto fue el ajuste del nivel de instrucción, más que otros componentes como el tipo de ejercicios o el diseño de la interfaz. Además, la intervención fue implementada por personal del propio sistema escolar, sin necesidad de recursos adicionales externos. Los autores concluyen que el aprendizaje personalizado a través de tecnología puede contribuir a mejorar el rendimiento de los estudiantes más rezagados, sin afectar negativamente al resto, siempre que se integre de forma realista y eficiente en la jornada escolar. Esta evidencia es especialmente valiosa en contextos con alta heterogeneidad de niveles y recursos limitados, donde adaptar la enseñanza al punto de partida del alumno resulta clave para evitar el rezago acumulativo.

CUADRO N.º 1

EVALUACIONES EXPERIMENTALES RECIENTES SOBRE TUTORÍAS INDIVIDUALIZADAS Y PERSONALIZACIÓN DEL APRENDIZAJE MEDIANTE TECNOLOGÍA EN CONTEXTOS ESCOLARES

AUTOR	PUBLICACIÓN	PAÍS	MEDIDA DE OUTPUT	DIRECCIÓN DEL EFECTO	TAMAÑO DEL EFECTO
Fesler, Gu y Chojnacki.	<i>Mathematica & Air Tutors</i> (marzo 2023).	Estados Unidos (Texas).	Resultados en matemáticas (MAP), confianza matemática, sentido de pertenencia y calidad de la relación tutor-alumno.	Positiva. Mejora en rendimiento en MAP, confianza matemática y vínculo con el tutor.	0,13 d. e. (media general); 0,26 d.e. en la escuela media con sesiones durante el horario lectivo.
De Barros y. Ganimian.	<i>Journal of Research on Educational Effectiveness</i> , 2024, Vol. 17, Issue 2.	India (Rajastán).	Test estandarizado de matemáticas adaptado al currículo indio.	Nulo en media; positivo y significativo para estudiantes en el cuartil inferior del rendimiento inicial.	0,05 d. e. en media; 0,22 d. e. para el cuartil inferior.
Robinson, Pollard, Novicoff, White y Loeb.	<i>Educational Evaluation and Policy Analysis</i> (2024).	Estados Unidos.	Competencias de alfabetización temprana (DIBELS, K-2).	Positiva, especialmente en alumnos de bajo rendimiento inicial.	+0,05 d.e. (general); +0,08 d. e. (sin alumnos con necesidades especiales); +0,15 d.e. (grupo 1:1 de bajo rendimiento inicial).
Bhatt, Guryan, Khan, LaForest-Tucker y Mishra.	<i>NBER Working Paper N.º 32510</i> (2024).	Estados Unidos (Chicago y Nueva York).	Test estandarizado de matemáticas, GPA, suspensos.	Mejora significativa en rendimiento matemático; efectos replicables y persistentes tras la intervención.	+0,23 d.e. (TOT en matemáticas); +0,24 puntos en GPA; -22% en suspensos de matemáticas.
Araya, Arias Ortiz, Botta y Cristia.	<i>Economics of Education Review</i> , 2025.	Chile.	4.º de Primaria (matemáticas).	Plataforma de matemáticas integrada en horario escolar, con apoyo externo.	+0,27 d. e. (SIMCE); +0,13 a +0,18 d. e. (pruebas externas).

El estudio de Robinson *et al.* (2024) proporciona una de las primeras evaluaciones rigurosas del impacto de la tutoría virtual individualizada en alumnos de educación infantil y primaria (grados K-2). El estudio se desarrolló en una red de escuelas concertadas en Texas (Estados Unidos). Mediante un experimento aleatorizado, se asignó a los alumnos a sesiones de tutoría 1:1, 2:1 o a un grupo

de control. La intervención, aunque no basada en IA generativa, comparte también elementos clave con los tutores automatizados: personalización, interacción frecuente y atención adaptada al nivel del estudiante.

Los resultados muestran un impacto positivo y significativo: una mejora de 0,05 d. e. para el

• CUADRO N.º 1 (continuación)
EVALUACIONES EXPERIMENTALES RECIENTES SOBRE TUTORÍAS INDIVIDUALIZADAS Y PERSONALIZACIÓN DEL APRENDIZAJE MEDIANTE TECNOLOGÍA EN CONTEXTOS ESCOLARES

INTERVENCIÓN	COMENTARIOS	MÉTODO	OBJETIVO	TAMAÑO DE MUESTRA
Tutoría <i>online</i> en grupos pequeños (3-4 alumnos) con tutores altamente cualificados mediante videollamada y pizarra interactiva.	3 horas semanales durante 15-21 semanas; mayores efectos en sesiones integradas en horario escolar; mejoras en confianza y pertenencia (autoinforme).	RCT estratificado; regresión multivariable y análisis bayesiano complementario.	Estudiantes de 4.º a 6.º grado con bajo rendimiento inicial; 67 % hispanos, 21 % afroamericanos.	276 estudiantes con datos completos (184 tratamiento, 92 control); 153 participaron en al menos una sesión.
Instrucción individualizada en plataforma digital (Mindspark), durante el horario escolar.	Mediana de uso de 329 minutos en el curso; efecto concentrado en los contenidos más abordados por la plataforma.	RCT con asignación aleatoria en 15 escuelas.	Identificar efectos de la instrucción personalizada sobre estudiantes con distintos niveles de rendimiento.	1.438 estudiantes de 6.º a 8.º grado en escuelas públicas (tratamiento y control asignados por lotería).
Tutoría virtual 1:1 y 2:1 integrada durante el día escolar.	Efectos moderados comparados con tutoría presencial, pero escalable, efectiva y coste-efectiva, especialmente en formato 1:1.	Experimento aleatorizado con grupo control.	Evaluar el impacto de la tutoría virtual individualizada en alfabetización temprana.	2.085 estudiantes (grados K-2).
Tutoría híbrida 4-a-1: parejas con tutor presencial alternando con práctica en CAL durante 50 min. diarios.	El modelo reduce costes (-30%) y uso de personal (-50%) sin pérdida de eficacia; efectos persistentes el año siguiente	RCT con asignación aleatoria en 7 institutos públicos	Evaluar si el uso estratégico de CAL permite escalar modelos de tutoría manteniendo eficacia.	~4.000 estudiantes de 9.º grado en dos cohortes (2018-19 y 2019-20).
Plataforma integrada en clase; sesiones 2-3 veces/semana; apoyo de coordinador externo.	Mejora significativa en matemáticas en horario lectivo regular.	RCT (24 escuelas públicas).	Evaluar impacto de integrar plataformas digitales con apoyo externo durante horario escolar.	2.310 estudiantes en 4.º de Primaria de escuelas urbanas públicas en Santiago de Chile.

Nota: d. e. = desviaciones estándar; GPA = Grade Point Average.

conjunto de estudiantes. El efecto más fuerte (0,15 d. e.) se observó entre los alumnos con menor rendimiento inicial en el grupo 1:1, lo que refuerza el argumento de que el formato más intensivo y personalizado amplifica los beneficios de la tutoría remota. Aunque la magnitud del efecto es más moderada que en intervenciones presenciales intensivas, el estudio destaca que la tutoría vir-

tual bien estructurada puede ser una herramienta eficaz, escalable y coste-efectiva para mejorar la alfabetización temprana, especialmente cuando se adapta a las necesidades del alumnado más vulnerable.

Una contribución relevante al debate sobre el uso de tecnología en modelos de tutoría escalables es la

de Bhatt *et al.* (2024), quienes evalúan el impacto de incorporar aprendizaje asistido por ordenador (CAL) en programas de tutoría de alta dosis en escuelas públicas de secundaria en Estados Unidos. El estudio se basa en un experimento aleatorizado llevado a cabo en tres institutos públicos de Chicago y cuatro de Nueva York durante los cursos escolares 2018-2019 y 2019-2020, con estudiantes de 9.º grado.

La intervención se estructuró en un modelo de tutoría 4-a-1: cuatro estudiantes compartían una mesa, alternando cada día entre trabajar en parejas con un tutor presencial y realizar actividades de matemáticas en una plataforma de CAL durante una sesión diaria de 50 minutos. Este modelo, denominado *Saga Technology*, buscaba reducir los costes y requerimientos de personal del modelo tradicional de tutoría diaria 2-a-1. El coste por estudiante se redujo en un 30 por 100, y el número de tutores necesarios en un 50 por 100, manteniendo una implementación durante el horario lectivo habitual.

Los resultados del experimento muestran un impacto significativo en los resultados académicos: el efecto tratamiento sobre los tratados (TOT, TOT, por sus siglas en inglés) fue de 0,23 d. e. en matemáticas, una magnitud comparable a la obtenida en el modelo de tutoría diaria 2-a-1 evaluado por Guryan *et al.* (2023). También se observaron mejoras en matemáticas (+0,24 puntos) y una reducción del 22 por 100 en la tasa de suspensos en esta asignatura. Además, los efectos se replicaron parcialmente en el segundo año del estudio (2019-2020), y se encontraron efectos positivos persistentes sobre el rendimiento en matemáticas en el año posterior a la intervención.

A diferencia de otros estudios centrados en tutores virtuales con IA conversacional, este trabajo explora un enfoque híbrido en el que la tecnología no sustituye al tutor, sino que libera parte de su tiempo, lo que permite aumentar la escala de implementación sin sacrificar la eficacia. Los autores subrayan que, incluso sin interacción personalizada con un sistema inteligente, el uso estratégico del CAL en combinación con la tutoría humana puede generar mejoras sustanciales y sostenidas en contextos escolares reales.

El estudio de Araya *et al.* (2025) también ofrece evidencia rigurosa sobre el impacto del uso integrado de plataformas digitales en el horario escolar en contextos de países en desarrollo. La intervención, implementada en 24 escuelas públicas urbanas de Santiago de Chile, consistió en sustituir parcialmente las clases tradicionales de matemáticas por sesiones estructuradas en el laboratorio de informática utilizando la plataforma Conectaldeas. Esta herramienta permitía la realización de ejercicios interactivos, ofrecía *feedback* inmediato a los estudiantes, y generaba información en tiempo real sobre el progreso del grupo para los docentes.

Un elemento distintivo del programa fue la incorporación de un coordinador externo en cada escuela, encargado de facilitar el uso de la plataforma y apoyar al profesorado en su integración curricular. Las sesiones se desarrollaban en horario lectivo regular (entre dos y tres veces por semana), lo que representa un cambio importante respecto a muchas intervenciones tecnológicas, habitualmente implementadas como complemento fuera del horario escolar. Además, la intervención no requería formación intensiva del profesorado ni modificaciones profundas del currículo.

Los resultados son contundentes: los estudiantes del grupo de tratamiento obtuvieron una mejora promedio de 0,27 d. e. en la prueba nacional estandarizada de matemáticas (SIMCE), una mejora sustancial si se considera que partían de una desventaja de 0,6 d. e. respecto a la media nacional. También se registraron mejoras consistentes (entre 0,13 y 0,18 d. e.) en pruebas estandarizadas contratadas por los investigadores. Estos efectos fueron superiores a los encontrados en intervenciones similares realizadas en otras regiones de América Latina. No obstante, el impacto fue limitado a la competencia matemática: no se observaron efectos sobre el rendimiento en lectura, ni sobre variables motivacionales como el interés intrínseco por la asignatura. Además, se halló un efecto negativo en la preferencia por el trabajo colaborativo, posiblemente derivado del énfasis competitivo de la plataforma (que premiaba el desempeño individual).

Este estudio refuerza la idea de que la tecnología puede mejorar significativamente el apren-

dizaje cuando se integra en el núcleo del horario escolar y se acompaña de un esquema de implementación claro y apoyado institucionalmente. Aunque el programa no utilizó IA ni personalización algorítmica, la experiencia en Chile aporta lecciones relevantes sobre las condiciones organizativas necesarias para que una herramienta tecnológica tenga un impacto sostenido sobre el aprendizaje.

El cuadro n.º 1 sintetiza los estudios analizados en esta sección sobre las tutorías individualizadas.

III. LAS VENTAJAS DEL USO DE LAS TUTORÍAS PERSONALIZADAS GUIADAS POR IA

La IA tiene la capacidad para ofrecer tutorías individualizadas a gran escala. Este objetivo parecía inalcanzable en el pasado por su coste, la tecnología actual permite imaginar escenarios donde cada estudiante pueda interactuar con un asistente que le explique conceptos, le ayude a resolver dudas o le dé apoyo conforme a su ritmo de progreso. El impacto potencial sería especialmente significativo para los alumnos con más dificultades, que en un modelo tradicional tienden a quedar rezagados. La tecnología permite responder a la diversidad real de niveles y estilos de aprendizaje que existen dentro de una misma aula.

Los beneficios de la IA no se materializarán por sí solos. Para que esta oportunidad tenga un efecto real en términos de mejora del aprendizaje y de reducción de desigualdades, es necesario un esfuerzo institucional sostenido. Entre las prioridades que identifica están la evaluación rigurosa de los programas piloto, el desarrollo de herramientas que respondan a criterios pedagógicos sólidos, la formación del profesorado y el acompañamiento para su integración en el aula. Como desarrolla en su artículo en este mismo número de *Papeles de Economía Española* Ildelfonso Méndez, no basta con introducir tecnología; es imprescindible diseñar ecosistemas de aprendizaje donde esta tecnología tenga sentido y esté al servicio de una estrategia educativa ambiciosa. Roldán (2025), también señala que es importante que las herramientas que proporciona la IA no se dejen únicamente en manos de plataformas comerciales. Las Administraciones

públicas y las instituciones educativas tienen que guiar la implementación de la IA en las aulas para evitar que las desigualdades de oportunidades entre estudiantes favorecidos y desfavorecidos se amplíen. Hay que aprovechar las posibilidades y el potencial que ofrece la IA en la educación para cerrar brechas y no para abrir otras nuevas.

El estudio experimental llevado a cabo por Bastani *et al.* (2024) en Turquía constituye una contribución sólida y relevante a la literatura sobre los efectos educativos de los tutores basados en IA generativa. A diferencia de muchos estudios centrados en entornos universitarios o simulados, esta intervención se diseñó e implementó en colaboración con el Ministerio de Educación de Turquía en condiciones reales de aula, con 3.200 estudiantes de secundaria en un contexto de recursos limitados. Su objetivo era analizar no solo si los tutores IA mejoran el rendimiento académico, sino cómo el diseño de la interfaz —es decir, la manera en que el estudiante interactúa con el modelo— condiciona los efectos de la herramienta sobre el aprendizaje.

La intervención consistió en comparar tres grupos: 1) un grupo de control sin acceso a IA; 2) un grupo con acceso a un tutor IA basado en GPT-4 en su versión estándar (GPT-Base); y 3) un grupo con acceso a una versión modificada de GPT-4 con principios pedagógicos integrados (GPT-Tutor). Ambos modelos se utilizaron para asistir a los estudiantes en la resolución de problemas matemáticos. Mientras que el GPT-Base respondía de forma directa a cualquier pregunta —incluyendo la resolución completa del ejercicio si se le solicitaba—, el GPT-Tutor fue configurado para no ofrecer respuestas completas, sino pistas parciales, contraejemplos, reformulaciones y preguntas orientadoras, siguiendo un enfoque de *scaffolding* (andamiaje) inspirado en la pedagogía de Vygotsky y en prácticas de tutoría humana. El andamiaje educativo es una estrategia en la que el profesor proporciona apoyo temporal al alumno para que pueda realizar una tarea que aún no domina por completo. A medida que el estudiante gana autonomía, ese apoyo se reduce progresivamente. Su objetivo es fomentar el aprendizaje activo y el desarrollo de habilidades complejas, guiando al alumno paso a paso según su nivel.

Durante la fase de práctica con tutor, los dos grupos que usaban IA mostraron mejoras significativas frente al grupo de control: +0,137 puntos con GPT-Base y +0,361 con GPT-Tutor. Sin embargo, en el examen posterior sin asistencia, solo el grupo GPT-Tutor logró mantener un rendimiento equivalente al del grupo de control, mientras que el grupo GPT-Base obtuvo peores resultados (-0,054 puntos), lo que representa una caída del 17 por 100. Es decir, aquellos que resolvieron los ejercicios anteriores con ayuda de GPT-Base aprendieron menos que quienes trabajaron sin ningún tipo de asistencia.

Este resultado tiene implicaciones relevantes: demuestra que el uso de tutores IA no garantiza por sí mismo un mejor aprendizaje, y que, de hecho, puede ser contraproducente si no se guía adecuadamente. El GPT-Base, al ofrecer respuestas completas, llevó a los estudiantes a adoptar una actitud pasiva, delegando el esfuerzo cognitivo en la máquina. Este fenómeno ha sido descrito como una forma de delegación excesiva del esfuerzo cognitivo, un efecto que comentaremos con más detalle en la siguiente sección.

El efecto negativo del GPT-Base fue especialmente acusado entre los estudiantes con menor rendimiento inicial, mientras que el GPT-Tutor mostró un efecto positivo justamente en este mismo grupo. Así, el diseño pedagógico no solo mejoró los resultados globales, sino que redujo las desigualdades, actuando como mecanismo compensador. Este resultado es especialmente relevante para políticas educativas centradas en la equidad, ya que pone de manifiesto que el diseño cuidadoso de la tecnología puede contribuir a cerrar brechas, mientras que un diseño acritico puede agravarlas.

Más allá de los resultados cuantitativos, el estudio también analizó las interacciones entre los estudiantes y el modelo de IA. Se observó que quienes utilizaban GPT-Base formulaban preguntas superficiales y orientadas a obtener directamente la respuesta (por ejemplo, "¿cuál es la solución?"), mientras que los usuarios de GPT-Tutor desarrollaban interacciones más ricas, solicitando aclaraciones, interpretando las pistas y reformulando estrategias. En términos cualitativos, se generó un

entorno de aprendizaje más profundo, en el que el estudiante asumía un rol activo y reflexivo en lugar de actuar como simple receptor de información.

Otro elemento destacado del estudio es su enfoque de implementación. La intervención fue sencilla desde el punto de vista técnico: no se necesitó *software* propietario ni infraestructuras costosas, y se emplearon equipos informáticos ya disponibles en los centros. Sin embargo, el impacto educativo dependió enteramente del diseño pedagógico del sistema. El valor de la IA en educación no reside en la sofisticación del modelo *per se*, sino en la intencionalidad educativa que guía su uso.

En definitiva, Bastani *et al.* (2024) ofrecen evidencia sólida de que el diseño instruccional de los tutores IA es un determinante clave de su efectividad. El uso de modelos como GPT-4 puede tener efectos positivos o negativos en función de cómo se estructura la interacción con el estudiante. Cuando se limita a dar respuestas, puede inhibir el aprendizaje autónomo; cuando se configura para apoyar el razonamiento y fomentar la autorregulación, puede amplificar el aprendizaje y mejorar la equidad. No basta con introducir IA en el aula, es necesario acompañarla de criterios pedagógicos explícitos y de una supervisión docente activa.

Otra intervención reciente sobre tutores individualizados guiados por IA en contextos de bajos ingresos es la evaluada por Henkel *et al.* (2024), quienes analizaron el impacto del tutor conversacional Rori en once escuelas de Ghana pertenecientes a la red Rising Academies. El estudio se llevó a cabo con cerca de 500 estudiantes de 3^o a 8^o curso de primaria, que completaron tanto una prueba inicial como una prueba final. Las escuelas fueron asignadas aleatoriamente al grupo de tratamiento (5 escuelas, 236 estudiantes) y al grupo de control (6 escuelas, 241 estudiantes).

Rori es un tutor de matemáticas basado en IA, accesible mediante WhatsApp y diseñado para funcionar en teléfonos móviles básicos conectados a redes de baja capacidad. El contenido está estructurado en más de 500 microlecciones coherentes con el *Global Proficiency Framework for Mathematics*. Cada microlección incluye una explicación breve,

ejercicios prácticos y un sistema de andamiaje: si el estudiante falla, recibe primero una pista y luego la solución explicada. El sistema permite interacciones mediante lenguaje natural, lo que favorece una experiencia similar a una tutoría personalizada.

Los estudiantes del grupo de tratamiento utilizaron Rori durante dos sesiones semanales de 30 minutos en el horario de estudio autónomo (*study hall*), con supervisión técnica por parte del profesorado. La intervención no requirió formación adicional, personal extra ni cambios curriculares. Los resultados muestran una mejora estadísticamente significativa en el rendimiento matemático del grupo de tratamiento. La diferencia implica un efecto de 0,36 d. e., un impacto elevado en el contexto de la economía de la educación. Los autores afirman que este tamaño del efecto es aproximadamente equivalente a un año adicional de aprendizaje.

El coste estimado de la intervención fue de unos 5 dólares por estudiante, lo que refuerza su viabilidad como una solución coste-efectiva y escalable en sistemas educativos con recursos limitados. Aunque el estudio abarca solo el primer año de implementación, sus resultados iniciales respaldan el potencial de tutores IA conversacionales como Rori para mejorar de manera significativa los resultados de aprendizaje en países de renta baja.

En una línea complementaria, aunque con un enfoque distinto, se sitúa el estudio de Thomas *et al.* (2024), que analiza el impacto de un modelo híbrido de tutoría, en el que se combina la personalización algorítmica de un *software* de IA con la interacción directa con tutores humanos. Frente a soluciones como la de Henkel (2024) —diseñadas para funcionar en condiciones de infraestructura mínima—, la propuesta de Thomas *et al.* se centra en entornos urbanos de Estados Unidos, con estudiantes de secundaria en situación de vulnerabilidad (principalmente afroamericanos y latinos) en centros escolares de Pensilvania y California. La intervención parte de la hipótesis de que la IA puede detectar en tiempo real patrones de dificultad, y que esta información puede aprovecharse para guiar la acción de tutores humanos, que complementan la instrucción automatizada con apoyo emocional, motivacional y pedagógico.

El programa fue evaluado mediante tres casos cuasiexperimentales independientes, en los que se comparó el grupo tratado (que recibió tutoría híbrida) con estudiantes que solo utilizaron *software* de matemáticas adaptativo. Los resultados muestran mejoras significativas tanto en rendimiento como en la implicación con la herramienta, con efectos especialmente pronunciados entre el alumnado con peor desempeño inicial. En concreto, los tutores humanos, informados sobre el aprendizaje del alumnado por los datos del sistema, lograban intervenir de forma más eficaz y personalizada que si operaran de manera ciega o genérica. Esta sinergia entre la IA y la inteligencia humana es una de las claves del éxito del modelo.

El estudio destaca también que este enfoque híbrido puede ser escalable. El coste marginal anual por alumno —en torno a 700 dólares— es sensiblemente inferior al de una tutoría exclusivamente humana, lo que lo convierte en una alternativa viable para distritos escolares con recursos limitados, pero con acceso a infraestructura básica. Además, Thomas *et al.* (2024) subrayan la importancia del diseño del panel de control para el tutor y de mantener una ratio baja de alumnos por tutor, para garantizar que el apoyo sea verdaderamente personalizado.

En conjunto, el estudio de Thomas *et al.* (2024) muestra que la combinación estratégica de IA y apoyo humano puede no solo mejorar el aprendizaje, sino también hacerlo de forma más coste-efectiva y sostenible. Sus conclusiones coinciden con las de Henkel *et al.* (2024) en que la clave del éxito no está únicamente en el poder de procesamiento del algoritmo, sino en cómo se integra esa capacidad en una arquitectura pedagógica robusta y centrada en el estudiante.

La IA puede ayudar a aliviar algunas de las cargas administrativas que afectan a los docentes. El tiempo dedicado a preparar clases, corregir tareas o buscar materiales podría reducirse significativamente si se aprovechan herramientas que automaticen parte de esas funciones. Esto, a su vez, permitiría a los profesores centrarse más en lo esencial: acompañar, motivar, observar y atender de forma más cercana a cada alumno.

Otro estudio que analiza los tutores individualizados guiados por IA es el de Oreopoulos *et al.* (2024). El programa que evalúan Oreopoulos *et al.* se dirige a estudiantes de primaria y secundaria de EE.UU., y tiene como objetivo central fomentar una mayor profundización y dominio de los contenidos de matemáticas. Para ello, se introduce una plataforma tecnológica que permite personalizar el aprendizaje y ajustar la secuencia de ejercicios y explicaciones según el nivel de cada estudiante. Lo más interesante del diseño del programa es que no se limita al uso de tecnología, sino que se combina con un componente humano clave: la figura del entrenador o *coach*, que se reúne semanalmente con los docentes participantes. Estos entrenadores proporcionan orientación proactiva sobre cómo utilizar las herramientas de aprendizaje asistido por ordenador (CAL) de forma eficaz en el aula. Su papel no es meramente técnico, sino pedagógico: ayudan a los profesores a interpretar los datos generados por la plataforma, a identificar patrones en el progreso de los alumnos, a planificar intervenciones específicas con estudiantes que presentan dificultades, y a establecer metas realistas y personalizadas para cada grupo. De este modo, la tecnología no sustituye al profesor, sino que se convierte en una herramienta que amplifica su capacidad de enseñar, de manera más eficiente y dirigida.

Oreopoulos *et al.* (2024) implementan dos experimentos aleatorios controlados (RCT, por sus siglas en inglés) para evaluar el impacto de esta intervención, mostrando evidencia de relaciones causales sólidas. Los resultados indican que hay mejoras en el rendimiento en matemáticas que oscilan entre el 0,12 y 0,22 de una desviación estándar, dependiendo del tiempo de práctica semanal con el programa CAL. Esta heterogeneidad en los resultados es especialmente relevante, y está relacionada con la intensidad del uso de la herramienta. Los estudiantes que practicaron al menos 35 minutos semanales con la plataforma mostraron mejoras significativamente mayores. Es el umbral mínimo de uso necesario para obtener beneficios relevantes.

La fidelidad en la implementación del programa —es decir, la medida en que los docentes integran

de manera consistente y estructurada el uso del CAL en sus clases— es un factor crítico para su éxito. Aquellas aulas en las que se logró mantener un nivel elevado de práctica con la herramienta registraron efectos positivos comparables a los de programas de tutoría intensiva uno a uno. Este resultado es interesante si se considera que el programa evaluado por Oreopoulos *et al.* (2024) se apoya mayoritariamente en recursos existentes y no requiere de una inversión extraordinaria en personal adicional.

El estudio identifica también una serie de factores que explican por qué algunos docentes logran una implementación más efectiva del programa que otros. Entre ellos se encuentran: la alta participación inicial del profesorado, una estrategia clara de implementación para fomentar la práctica regular del alumnado, y la disposición de los docentes a observar de cerca el progreso de sus estudiantes y a intervenir cuando detectan dificultades. Además, juegan un papel importante el apoyo institucional al programa, la dedicación exclusiva o prioritaria al mismo, la convicción por parte del profesorado de que el programa es eficaz, y la implicación activa en su desarrollo. Algunos docentes logran que sus estudiantes practiquen más tiempo con los programas CAL que otros, poniendo de relieve la importancia de factores como el convencimiento, la implicación y el acompañamiento profesional. En definitiva, Oreopoulos *et al.* (2024) proporcionan evidencia sólida sobre el impacto positivo que puede tener una combinación de aprendizaje asistido por ordenador (CAL) con una estrategia de apoyo sostenido al profesorado. La IA puede actuar como tutor personalizado eficaz cuando se integra en un marco pedagógico claro, con apoyo institucional, compromiso docente y acompañamiento continuo. Su artículo muestra la efectividad de un programa que utiliza principalmente recursos ya existentes para facilitar un aprendizaje más personalizado, y que, por tanto, convierten a esta intervención en una opción escalable y sostenible.

Otra aportación clave que se centra en los docentes y tutores en la literatura sobre tutorías individualizadas asistidas por IA es la de Wang *et al.* (2024), quienes evalúan *Tutor CoPilot*, un sistema que ofrece apoyo experto en tiempo real a tutores humanos durante sesiones de tutoría en matemá-

ticas. A diferencia de otros programas centrados directamente en el estudiante, este enfoque combina inteligencia artificial generativa con la mediación activa del tutor, buscando amplificar sus capacidades pedagógicas.

El estudio se llevó a cabo mediante un ensayo aleatorizado con 900 tutores y 1.800 estudiantes de K-12 procedentes de comunidades históricamente desfavorecidas en Estados Unidos. Los tutores asignados al grupo de tratamiento tuvieron acceso a Tutor CoPilot, una interfaz que proporciona sugerencias de intervención pedagógica, como preguntas orientadoras, estrategias de andamiaje y recordatorios para evitar dar respuestas directamente. El análisis muestra que los estudiantes cuyos tutores utilizaron esta herramienta de Tutor CoPilot tuvieron una probabilidad 4 puntos porcentuales mayor de dominar los contenidos matemáticos, con beneficios especialmente destacados entre los estudiantes atendidos por tutores con menos experiencia previa (de hasta 9 puntos porcentuales).

El sistema también resultó notablemente eficiente en términos de coste: el uso medio anual por tutor fue de aproximadamente 20 dólares. Además del impacto cuantitativo, los autores analizaron más de 550.000 mensajes intercambiados entre tutores y estudiantes, observando que el acceso a Tutor CoPilot se asoció con un aumento en el uso de estrategias pedagógicas alineadas con buenas prácticas docentes, como formular preguntas que fomentan el razonamiento del estudiante. Las entrevistas cualitativas revelan que los tutores valoraron el apoyo en tiempo real, aunque señalaron como desafío la adecuación del nivel de las sugerencias generadas. En conjunto, este estudio refuerza la idea de que los sistemas de IA generativa pueden actuar como “copilotos pedagógicos”, ayudando a escalar la calidad de la enseñanza sin reemplazar el rol humano.

Entre los estudios empíricos más recientes sobre el impacto de la IA generativa en entornos reales se encuentra el trabajo de De Simone *et al.* (2025) en el Banco Mundial. Estos autores implementan un ensayo aleatorizado con un modelo de lenguaje generativo en un entorno educativo de un país en desarrollo. La intervención analizada por De Simone *et al.* (2025) se desarrolló en Benín City (Nigeria)

y consistió en un programa de tutoría después del horario escolar de seis semanas de duración, dirigido a estudiantes de primer curso de secundaria en nueve centros públicos.

Durante seis semanas, los alumnos participaron en sesiones de tutoría después del horario escolar, en las que interactuaban con Microsoft Copilot para reforzar sus competencias en lengua inglesa, habilidades digitales y conocimientos sobre inteligencia artificial. Los estudiantes participaron en doce sesiones de 90 minutos en laboratorios de informática, guiadas por profesores. El 52 por 100 del alumnado elegible mostró interés en participar, y la asignación al tratamiento se realizó de manera aleatoria, lo que permite estimar efectos causales mediante un diseño experimental robusto.

Los resultados muestran un impacto significativo: el grupo tratado obtuvo mejoras de 0,31 d. e. en los resultados finales de competencias en lengua inglesa, habilidades digitales y conocimientos sobre inteligencia artificial, con un efecto específico de 0,23 d. e. en competencias de lengua inglesa, el objetivo principal del programa. Este progreso en el aprendizaje equivale a entre 1,5 y 2 años de aprendizaje convencional (De Simone *et al.*, 2025). Los efectos positivos se observaron en todo el espectro de rendimiento inicial, aunque fueron más pronunciados entre los estudiantes con mejor desempeño previo. También se observaron mayores beneficios entre las alumnas, lo que permitió compensar un déficit inicial de rendimiento en comparación con los chicos.

El estudio también destaca la relación entre la dosis de la intervención y la respuesta: por cada día adicional de asistencia al programa se estima una mejora de 0,031 d. e. en los resultados. Prolongando la intervención a un curso completo con niveles similares de asistencia (72 por 100), se proyecta una mejora total de 1,55 d. e. En escenarios más optimistas, con asistencia plena, los efectos podrían superar las 2 d.e. En el diseño del programa también se tuvo en cuenta la supervisión docente. Aunque la IA proporcionaba el apoyo principal, los profesores recibieron formación específica y actuaban como guías durante las sesiones, asegurando un uso adecuado de la herramienta y evitando una dependencia excesiva. Esta

CUADRO N.º 2

EVALUACIONES COMPARADAS DE TUTORES GUIADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL: DISEÑOS, CONTEXTOS Y EFECTOS EDUCATIVOS

AUTOR	PUBLICACIÓN	PAÍS	MEDIDA DE OUTPUT	DIRECCIÓN DEL EFECTO	TAMAÑO DEL EFECTO
Bastani, Bastani, Sungu, Ge, Kabakcı y Mariman.	<i>Wharton School Research Paper</i> (2024).	Turquía.	Puntuación normalizada en ejercicios y examen.	GPT-Tutor mejora significativamente la práctica y evita efectos negativos en el examen; GPT-Base mejora la práctica, pero perjudica el rendimiento posterior.	GPT-Tutor: +0,361 (práctica), -0,004 (examen); GPT-Base: +0,137 (práctica), -0,054 (examen).
Henkel, Horne-Robinson, Kozhakhmetova y Lee.	<i>Effective and Scalable Math Support</i> (2024).	Ghana.	Rendimiento en matemáticas (test estandarizado)	Positivo y significativo. Mejora superior en grupo con Rori.	0,36 d.e. en crecimiento de puntuación ($p < 0.001$)
Thomas, Marsh, Allbright, Johnson y Jennings.	<i>AIED 2024</i> (Springer CCIS, vol. 2150).	EE. UU. (Pensilvania y California).	Rendimiento en matemáticas y nivel de <i>engagement</i> .	Positivo; mayor impacto en estudiantes con bajo rendimiento inicial.	No se reporta efecto en d. e., pero mejora estadísticamente significativa frente a grupo control.
De Simone, Ogundeyi, Adesanya, Bello, Adeniran, Bello, Daramola y Jhingran.	<i>World Bank Policy Research Working Paper</i> N.º. 10747 (febrero 2025).	Nigeria (Benin City).	Prueba estandarizada en lengua inglesa, competencias digitales e IA.	Positivo; especialmente en inglés y entre alumnas y estudiantes con buen desempeño inicial.	+0,31 d. e. global; +0,23 d. e. en inglés; +0,031 d. e. por sesión adicional.
Oreopoulos, Gibbs, Jensen y Price.	<i>EdWorking Paper</i> (2024).	EE.UU. (Texas, Tennessee).	Desempeño en matemáticas (STAAR).	Positivo; mejora significativa del rendimiento, especialmente con mayor práctica.	0,12-0,22 d. e. (según tiempo de práctica semanal).
Wang, Ribeiro, Robinson, Loeb y Demzsky.	Stanford University (2024).	Estados Unidos.	Dominio de contenidos matemáticos (<i>exit tickets</i>), calidad pedagógica en tutorías.	Positiva, especialmente para tutores menos experimentados.	Aumento de 4 puntos porcentuales en dominio general ($p < 0,01$); hasta 9 puntos porcentuales en estudiantes con tutores menos efectivos.

CUADRO N.º 2 (continuación)

EVALUACIONES COMPARADAS DE TUTORES GUIADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL: DISEÑOS, CONTEXTOS Y EFECTOS EDUCATIVOS

INTERVENCIÓN	COMENTARIOS	MÉTODO	OBJETIVO	TAMAÑO DE MUESTRA
Tutor virtual con GPT-4, en versión estándar (GPT-Base) o pedagógica (GPT-Tutor), en sesiones de matemáticas con <i>laptops</i> en clase.	GPT-Tutor usa pistas, errores comunes y andamiaje. GPT-Base ofrece respuestas completas. Efecto negativo del GPT-Base más acusado en alumnos con menor rendimiento inicial.	RCT con asignación aleatoria a nivel de aula.	Evaluar cómo el diseño de la interacción con tutores IA (GPT-Base vs GPT-Tutor) afecta el rendimiento y el aprendizaje autónomo.	839 estudiantes.
Tutor conversacional por WhatsApp. Dos sesiones semanales de 30 min con Rori durante <i>study hall</i> .	Funciona en móviles básicos. Interacción por lenguaje natural. Coste de 5 dólares por estudiante. No requiere cambios curriculares ni formación extra.	RCT con asignación por escuela.	Evaluar el impacto de un tutor conversacional IA accesible y escalable en aprendizaje matemático en primaria.	477 estudiantes con datos completos (236 tratamiento, 241 control).
Tutoría híbrida: <i>software</i> adaptativo + tutores humanos informados por datos del sistema.	El uso de <i>dashboards</i> y ratio baja tutor/alumnos (1:4) permite personalización efectiva. Coste ≈700 dólares/año/alumno.	Tres estudios cuasiexperimentales con grupo control.	Evaluar si la combinación de IA y apoyo humano mejora el rendimiento matemático y la implicación.	≈ 500 estudiantes en tres centros escolares urbanos.
Tutoría con Copilot (ChatGPT-4) tras el horario escolar: 12 sesiones de 90 min en 6 semanas, con supervisión docente.	Sin <i>software</i> propietario ni bancos de preguntas. Coste de 48 dólares por alumno. Alta rentabilidad educativa y viabilidad en entornos con limitaciones.	RCT con asignación aleatoria individual en 9 escuelas públicas.	Evaluar impacto de tutores IA generativos en contextos escolares reales de renta baja.	857 estudiantes elegibles; 447 participantes; análisis con 414 estudiantes con datos completos.
<i>Uso de Khan Academy en aula con apoyo semanal de "khoaaches" a docentes.</i>	Efectos mayores con más de 35 minutos de práctica semanal; la implementación de calidad es clave.	Dos experimentos aleatorios controlados (RCTs).	Evaluar el efecto del aprendizaje asistido por ordenador (CAL) con apoyo pedagógico semanal a profesores sobre el rendimiento matemático.	224 docentes, 10.979 estudiantes.
Tutor CoPilot, apoyo pedagógico en tiempo real mediante IA generativa (GPT-4) a tutores humanos durante tutorías virtuales.	Uso de estrategias pedagógicas efectivas, coste muy bajo (\$20 anual por tutor). Mayor impacto en tutores con menor experiencia inicial.	RCT prerregistrado con análisis cualitativo y NLP sobre 550.000 mensajes.	Evaluar si la IA puede amplificar la capacidad pedagógica del tutor humano en tiempo real, mejorando resultados de estudiantes de comunidades vulnerables.	900 tutores y 1800 estudiantes (K-12).

integración entre tecnología y supervisión pedagógica es clave para el éxito del modelo, como también se señala en otras experiencias previas con aprendizaje adaptativo (Muralidharan *et al.*, 2019).

Desde el punto de vista de la eficiencia, el programa evaluado por De Simone *et al.* (2025) se sitúa entre las intervenciones educativas más coste-efectivas documentadas en países de renta baja y media. Con un coste estimado de 48 dólares por alumno, se lograron 3,2 años equivalentes de escolarización por cada 100 dólares invertidos. Además, la intervención se implementó con un modelo gratuito y sin necesidad de bancos de preguntas predefinidos, lo que facilita su escalabilidad en contextos con recursos limitados. De Simone *et al.* (2025) subrayan también que la intervención tuvo lugar en condiciones adversas, incluyendo interrupciones de internet y cortes eléctricos, reforzando la robustez de los resultados obtenidos y el potencial del modelo para contextos con limitaciones estructurales.

El estudio de De Simone *et al.* (2025) se enmarca dentro de una literatura emergente sobre el uso de modelos de lenguaje generativo en educación. La experiencia en Nigeria proporciona evidencia relevante sobre el potencial de estas herramientas en secundaria, con alumnado más vulnerable y sistemas educativos más frágiles. En conjunto, los resultados del estudio respaldan la idea de que los tutores virtuales basados en IA, cuando están bien diseñados y acompañados por un entorno de implementación adecuado, pueden generar mejoras sustanciales en los aprendizajes.

El cuadro n.º 2 sintetiza los artículos revisados en la sección tercera, la evidencia empírica sobre tutorías individualizadas guiadas específicamente por IA.

IV. RIESGOS DEL USO DE IA GENERATIVA: VERACIDAD EN LA INFORMACIÓN, SESGOS Y PEREZA COGNITIVA

El apartado anterior muestra experiencias del potencial de los tutores individuales guiados por IA como instrumento de mejora en el aprendizaje de los estudiantes, especialmente del alumnado

rezagado. Pero también es necesario atender a los riesgos asociados al uso de la IA en los centros educativos. El informe de la OCDE (2023) alerta sobre otros riesgos sistémicos: sesgos algorítmicos y falta de transparencia en los modelos, erosión de habilidades socioemocionales, dependencia tecnológica, pérdida de control sobre los datos personales y desinformación. Las respuestas generadas por la IA generativa aunque bien redactadas, pueden ser erróneas, incompletas o sesgadas, lo que exige una alfabetización crítica del alumnado y una guía constante por parte del profesorado.

A este respecto, un enfoque fundamental es mitigar los efectos negativos de la desinformación en entornos digitales. En un estudio reciente, Berger *et al.* (2025) comparan los efectos de dos intervenciones breves: por un lado, el *fact-checking*, que proporciona correcciones explícitas a determinadas noticias falsas; y por otro, una intervención de alfabetización mediática, consistente en diez consejos prácticos para identificar contenidos engañosos en redes sociales. El experimento aleatorizado se llevó a cabo en Alemania con más de 3.000 participantes y midió efectos inmediatos y a corto plazo (dos semanas después) sobre la credibilidad percibida de contenidos, conocimiento factual y actitudes.

Los resultados muestran que ambas intervenciones redujeron la credibilidad de *fakes* sobre vacunas COVID cuando estos eran corregidos. Sin embargo, solo la alfabetización mediática redujo la credibilidad de desinformación no corregida (como la relativa a suplementos nutricionales), tanto inmediatamente como dos semanas después. Asimismo, ambas intervenciones mejoraron el conocimiento factual de los participantes de forma inmediata, pero solo la alfabetización mediática lo hizo de forma sostenida.

En cuanto a las actitudes, la intervención de alfabetización mediática incrementó significativamente la disposición de los participantes a vacunarse o recibir dosis de refuerzo frente al COVID-19. Ninguna de las dos intervenciones afectó negativamente la percepción de publicaciones verídicas: los participantes no se volvieron más escépticos en general, sino más selectivos.

Uno de los mecanismos identificados es que la alfabetización mediática aumenta la atención activa y la evaluación crítica. En una extensión del experimento, se observó que quienes recibieron esta intervención dedicaron más tiempo a leer publicaciones y buscaron más información adicional. En cambio, los participantes expuestos al *fact-checking* actuaron como receptores pasivos de correcciones sin desarrollar habilidades transferibles. Por ejemplo, los efectos de la alfabetización mediática sobre la credibilidad de *fakes news* se mantuvieron dos semanas después, mientras que los del *fact-checking* se desvanecieron.

Las implicaciones educativas del artículo de Berger *et al.* (2025) son evidentes. En contextos donde los estudiantes consumen información a través de redes sociales, fortalecer habilidades críticas para evaluar información resulta más efectivo y escalable que confiar únicamente en correcciones externas. La alfabetización mediática se presenta así como una estrategia pedagógica de bajo coste, fácil implementación y efectos sostenidos, especialmente útil para poblaciones con menor formación informativa. El trabajo de Berger *et al.* (2024) ofrece, por tanto, una advertencia oportuna: en la medida en que los sistemas educativos incorporen tutores IA, también deberán desarrollar marcos éticos y pedagógicos que prevengan los posibles efectos adversos sobre la calidad de la información que los estudiantes consumen y reproducen. Los artículos de Rodríguez (2025), Molina y Cobo (2025) y Lastra y Flynn (2025) en este mismo número de *Papeles de Economía Española* inciden en esta conclusión en el sentido de que la IA no es, en sí misma, una garantía de mejora educativa; su impacto dependerá del ecosistema institucional y formativo en el que se integre.

Una de las propuestas más integrales y contextualizadas para la incorporación de inteligencia artificial generativa en sistemas educativos en desarrollo es la formulada por Levy Yeyati *et al.* (2025). En su trabajo, los autores plantean un marco para integrar herramientas basadas en modelos generativos en aulas de América Latina, bajo criterios de complementariedad, gradualidad y equidad. Frente a enfoques entusiastas adoptados en otros contextos, el estudio subraya que cualquier inte-

gración de IA en educación debe tener en cuenta las condiciones estructurales de los sistemas: desigualdades de acceso, brechas de género, limitaciones formativas del profesorado y falta de conectividad en muchas escuelas.

Levy Yeyati *et al.* (2025) analizan evidencia cualitativa y cuantitativa, con datos provenientes del programa de pensamiento computacional y del *Gender Dashboard* de Ceibal (Uruguay), documentando patrones de uso y desigualdades en la adopción. Por ejemplo, los varones presentan una mayor participación en actividades de robótica, y las docentes mujeres —mayoría en la fuerza laboral educativa— muestran menores tasas de uso de IA, en parte debido a barreras culturales, percepciones propias y menor acceso a formación. En respuesta, los autores recomiendan intervenciones específicas como programas de formación dirigidos a mujeres, estrategias de adopción sensibles al género y modelos híbridos escalables que combinen la supervisión docente con la asistencia de chatbots generativos. El estudio concluye que, si se aplica con cuidado pedagógico e institucional, la IA generativa puede contribuir a reducir las desigualdades, fortalecer la preparación docente y aumentar el compromiso del alumnado.

En términos de implementación, Levy Yeyati *et al.* (2025) abogan por una integración progresiva. El marco propuesto parte del principio de que la IA debe complementar, no sustituir, al profesorado. Los autores sugieren comenzar con usos dirigidos al profesorado, como la planificación de clases o la generación de materiales, y solo introducir aplicaciones dirigidas a estudiantes una vez que se haya proporcionado la formación adecuada. Este enfoque gradual preserva el rol central del docente y permite una apropiación crítica de las herramientas por parte de la comunidad educativa. El enfoque de estos autores está claramente alineado con una concepción de la IA como palanca para la equidad. Subrayan que su valor no reside en tratar a todos por igual, sino en permitir una respuesta más personalizada a quienes suelen quedar invisibilizados: los alumnos con brechas de aprendizaje, aquellos con menor participación verbal o los que requieren más tiempo para procesar la información.

CUADRO N.º 3

DESINFORMACIÓN, SESGOS Y RIESGOS COGNITIVOS DEL USO DE IA EN EDUCACIÓN: EVIDENCIA EXPERIMENTAL Y TEÓRICA

AUTOR	PUBLICACIÓN	PAÍS	MEDIDA DE OUTPUT	DIRECCIÓN DEL EFECTO	TAMAÑO DEL EFECTO
Berger, Kerkhof, Mindl y Münster.	<i>Journal of Public Economics</i> (2025).	Alemania.	Credibilidad percibida de noticias, conocimiento factual, actitudes hacia vacunas.	<i>Media literacy</i> reduce credibilidad de <i>fakes</i> corregidos y no corregidos; <i>fact-checking</i> solo en <i>fakes</i> corregidos. Solo <i>media literacy</i> tiene efectos duraderos.	Efecto sostenido de <i>media literacy</i> en conocimiento y actitudes; <i>fact-checking</i> limitado. ↑ disposición a vacunarse solo con <i>media literacy</i> .
Fan et al.	<i>British Journal of Educational Technology</i> (2024).	China y Australia.	Calidad del texto final, motivación intrínseca, uso de estrategias autorregulatorias.	ChatGPT mejora la calidad del texto, pero reduce el uso de estrategias metacognitivas. No mejora la motivación intrínseca.	Mejora significativa en calidad de escritura con ChatGPT; reducción en planificación, monitoreo y autoevaluación.
Oakley, Johnston, Chen, Jung y Sejnowski.	<i>The Memory Paradox: Why Our Brains Need Knowledge in an Age of AI.</i> (Springer Nature, en prensa 2025).	EE. UU., Nueva Zelanda, Taiwán, Australia.	Formación de esquemas, consolidación de memoria, transferencia de aprendizaje, codificación profunda, razonamiento.	La dependencia de IA educativa y ayudas externas debilita la memoria declarativa y procedural, dificulta la formación de esquemas internos y reduce la capacidad de transferencia y automatización del conocimiento.	No aplica (ensayo teórico, sin datos empíricos).

En definitiva, la propuesta de Levy Yeyati et al. (2025) refuerza la tesis central de este artículo: la IA puede contribuir a mejorar los aprendizajes y reducir desigualdades solo si se despliega bajo un enfoque pedagógico robusto, adaptado al contexto y centrado en el docente. La clave no está en automatizar la enseñanza, sino en crear las condiciones institucionales y formativas que permitan a los docentes aprovechar el potencial de la IA para enseñar mejor.

Otra de las posibles desventajas es el del *offloading* cognitivo: que los estudiantes deleguen en

exceso la comprensión, la memoria o el razonamiento, reduciendo su implicación activa y su capacidad crítica. Este fenómeno, ya observado con tecnologías previas, como los GPS, podría agravarse si no se establece una cultura de uso reflexivo y metacognitivo de las herramientas IA. En línea con las advertencias sobre el riesgo de que la IA generativa debilite el juicio humano, otro estudio reciente, el de Fan et al. (2024), proporciona evidencia adicional sobre cómo el uso de herramientas como ChatGPT puede afectar los procesos autorregulatorios del aprendizaje. Mediante un experimento aleatorizado en entorno de

CUADRO N.º 3 (continuación)

DESINFORMACIÓN, SESGOS Y RIESGOS COGNITIVOS DEL USO DE IA EN EDUCACIÓN: EVIDENCIA EXPERIMENTAL Y TEÓRICA

INTERVENCIÓN	COMENTARIOS	MÉTODO	OBJETIVO	TAMAÑO DE MUESTRA
1) <i>Fact-checking</i> sobre publicaciones falsas seleccionadas; 2) intervención de alfabetización mediática con 10 consejos prácticos.	<i>Media literacy</i> mejora atención crítica, tiempo de lectura y búsqueda activa. No aumenta escepticismo hacia información verídica. Intervención de bajo coste, escalable y efectiva incluso dos semanas después.	RCT (experimento aleatorizado.)	Comparar efectividad de <i>fact-checking</i> y alfabetización mediática en reducir credibilidad de noticias falsas.	~3.000 adultos.
Apoyo a la redacción con: 1) ChatGPT, 2) tutor humano, 3) herramienta analítica, 4) sin ayuda.	ChatGPT facilita la tarea, pero genera "pereza metacognitiva". Requiere estrategias docentes para fomentar el uso reflexivo y no dependiente.	RCT (experimento aleatorizado en laboratorio).	Evaluar efectos del uso de IA, tutores humanos y herramientas digitales sobre motivación, autorregulación y rendimiento en tareas de escritura.	117 estudiantes universitarios.
No hay intervención experimental; se analiza el uso intensivo de IA educativa y metodologías constructivistas como base del <i>cognitive offloading</i> .	Vinculan la reversión del efecto Flynn con el abandono de la instrucción directa; defienden el valor de la memoria interna frente al <i>outsourcing</i> cognitivo; advierten sobre la superficialidad de aprendizajes mediados por IA sin supervisión.	Ensayo teórico basado en literatura neurocientífica.	Analizar cómo el uso intensivo de IA y la dependencia de ayudas externas afectan la consolidación de conocimiento y aprendizaje profundo.	No aplica.

laboratorio, se compararon cuatro tipos de apoyos al aprendizaje durante una tarea de redacción: (i) un chatbot basado en IA generativa (ChatGPT), (ii) un tutor humano experto, (iii) herramientas de analítica de escritura, y (iv) un grupo sin apoyo adicional. El objetivo era analizar diferencias en motivación intrínseca, procesos de autorregulación y rendimiento en la tarea. Los 117 estudiantes universitarios participantes fueron asignados aleatoriamente a cada uno de los cuatro grupos, y se recogieron datos de motivación, comportamiento autorregulatorio y desempeño académico. El grupo que trabajó con ChatGPT mostró

una mejora significativa en la calidad del texto final, lo que evidencia que la herramienta puede tener efectos positivos inmediatos sobre el desempeño. Sin embargo, esta mejora no se tradujo en un progreso en el conocimiento duradero ni en una mayor capacidad de transferencia. Tampoco se observaron diferencias significativas en la motivación intrínseca entre grupos, lo que sugiere que el uso de IA no eleva necesariamente el compromiso interno con la tarea.

Los patrones de autorregulación del aprendizaje fueron distintos según el tipo de apoyo recibido.

En particular, los estudiantes que usaron ChatGPT mostraron una menor frecuencia de estrategias metacognitivas como la planificación, la monitorización y la autoevaluación. Esta tendencia fue interpretada por los autores como una forma de “pereza metacognitiva”: al recibir respuestas bien estructuradas de manera inmediata, los estudiantes tendían a delegar el esfuerzo cognitivo en la herramienta, reduciendo su implicación activa en el proceso de aprendizaje.

Desde un punto de vista teórico, este fenómeno conecta con la noción de *cognitive offloading* (Risko y Gilbert, 2016), según la cual los individuos externalizan tareas mentales para reducir carga cognitiva. Si bien esta estrategia puede ser útil en contextos de sobrecarga, también puede debilitar las capacidades internas de razonamiento cuando se convierte en un hábito. En el caso de ChatGPT, su facilidad de uso y aparente autoridad pueden reducir el umbral de dificultad percibido por los estudiantes, limitando su disposición a revisar, cuestionar o reelaborar la información recibida. El uso de IA generativa también puede reducir el umbral de dificultad percibido por los estudiantes, limitando así el desencadenamiento de procesos analíticos más exigentes —los llamados procesos del “Sistema 2” en la psicología cognitiva (Alter et al., 2007).

Estos resultados refuerzan la importancia de diseñar estrategias pedagógicas que incorporen la IA como apoyo, pero no como sustituto del esfuerzo metacognitivo del alumno. Fan et al. (2024) recomiendan, por ejemplo, que los docentes definan claramente qué tareas deben realizarse con ayuda de IA y cuáles requieren un enfoque más autónomo. También proponen establecer andamiajes explícitos que fomenten la reflexión crítica sobre las respuestas generadas por el modelo, promoviendo así una cultura de uso activo y consciente de la IA en el aula.

En definitiva, este estudio subraya que el impacto de la IA sobre el aprendizaje no puede medirse únicamente en función de resultados a corto plazo. Para que un tutor personalizado basado en IA contribuya realmente a un aprendizaje sostenible, debe integrarse dentro de una ecología educativa que refuerce la motivación intrínseca, el pensamiento crítico y la autorregulación. De lo

contrario, corremos el riesgo de generar una ilusión de competencia, en la que el alumno mejora en tareas específicas, pero pierde autonomía y capacidad de transferencia, elementos clave para el aprendizaje a lo largo de la vida.

Oakley et al. (2025) introducen otra dimensión relevante y poco explorada en el debate sobre la IA generativa en educación: el impacto que tiene en los procesos de memoria y en la consolidación del aprendizaje a largo plazo. A partir de una revisión interdisciplinaria basada en la neurociencia cognitiva, argumentan que el uso excesivo de ayudas externas, como los tutores de IA, puede debilitar los sistemas de memoria declarativa y procedimental, que son fundamentales para el desarrollo de esquemas internos, la intuición experta y el pensamiento flexible.

Oakley et al. (2025) no presentan nueva evidencia empírica, sino que sintetiza resultados recientes de la literatura sobre aprendizaje y memoria. En particular, se sostiene que la dependencia de herramientas como ChatGPT puede fomentar el *cognitive offloading* que ya hemos comentado—la delegación de tareas mentales en dispositivos externos— y obstaculizar la formación de esquemas robustos. Esta práctica compromete la codificación profunda necesaria para el aprendizaje duradero, al limitar el uso del sistema declarativo y dificultar la transición hacia el sistema procedimental, en el que el conocimiento se automatiza y se vuelve intuitivo.

Oakley et al. (2025) vinculan esta preocupación con el retroceso del efecto Flynn —la disminución de los coeficientes intelectuales en países desarrollados desde los años setenta—, sugiriendo que la subutilización de la memoria interna y la externalización excesiva del conocimiento podrían estar debilitando las estructuras cognitivas necesarias para el razonamiento complejo y la transferencia. A nivel teórico, los autores conectan esta problemática con el papel del esfuerzo metacognitivo y con la activación del sistema 2 del pensamiento analítico, que suele verse inhibido cuando la IA proporciona soluciones completas y sin fricción cognitiva. En consecuencia, advierten que un uso pasivo de la IA en contextos educativos podría comprometer el

desarrollo de habilidades profundas y generar una ilusión de competencia sin comprensión real.

En línea con Fan *et al.* (2024), que mostraban una reducción en la autorregulación metacognitiva en estudiantes que usaban ChatGPT sin orientación, Oakley *et al.* (2025) subrayan que el verdadero valor educativo de la IA no radica en ofrecer respuestas, sino en su potencial para promover el esfuerzo mental, la recuperación activa y la formación de conexiones significativas. Por ello, Oakley *et al.* (2025) proponen que la integración de tutores de IA en el aprendizaje debe ir acompañada de un diseño instruccional explícito que estimule la participación activa del alumno, refuerce la memoria interna y evite la sobredependencia de recursos externos.

En cuadro el n.º 3 muestra las principales conclusiones de los artículos de esta sección cuarta sobre los riesgos de los usos de la IA en la educación, entre ellos la desinformación, los sesgos y la delegación del esfuerzo cognitivo.

V. KHANMIGO COMO EJEMPLO DE INTEGRACIÓN DE IA GENERATIVA EN TUTORÍAS PERSONALIZADAS

La Academia Khan es una plataforma ampliamente reconocida por su papel en la difusión de contenidos educativos gratuitos, y cuyo impulsor Salman Amin Khan fue galardonado con el Premio Princesa de Asturias por su Cooperación Internacional en 2019. La Academia Khan ha sido uno de los primeros actores globales en integrar la IA generativa en una solución concreta de tutoría personalizada. Khanmigo, su tutor conversacional, que representa un paso significativo en la evolución del aprendizaje asistido por ordenador (CAL), combinando la entrega de contenido estructurado con interacciones en lenguaje natural que simulan una conversación con un tutor humano.

El enfoque de Khanmigo parte de una constatación común a muchos sistemas educativos: las diferencias individuales en nivel de desempeño y ritmo de aprendizaje generan una tensión constante en el aula, donde algunos estudiantes avanzan

sin haber dominado los contenidos previos, mientras que otros podrían progresar más rápidamente si tuvieran un entorno más flexible. Esta situación no solo dificulta la atención individualizada en aulas numerosas, sino que perpetúa desigualdades en el progreso académico.

Khanmigo, como destaca el artículo de Oreopoulos *et al.* (2024) comentado en la sección tercera, se integra como solución parcial a este problema. En combinación con la plataforma de Khan Academy —que incluye vídeos explicativos, ejercicios interactivos y retroalimentación inmediata—, el tutor IA ofrece acompañamiento en tiempo real, detecta errores comunes, formula preguntas de seguimiento y guía al estudiante hacia la comprensión conceptual. El objetivo no es únicamente proporcionar respuestas correctas, sino fomentar procesos de razonamiento, reflexión y autocomprobación, en línea con prácticas pedagógicas de calidad.

A diferencia de otras herramientas que simplemente presentan contenido, Khanmigo busca crear una experiencia de aprendizaje con más diálogo, con interacciones que imitan la tutoría uno a uno. No obstante, como se ha señalado en otros estudios (Bastani *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2024), la efectividad de este tipo de sistemas depende críticamente del diseño pedagógico y de la supervisión docente. Khanmigo no sustituye al profesor: su función es ampliar su capacidad de seguimiento, adaptarse al nivel del alumno y proporcionar apoyo inmediato cuando no es posible una tutoría humana directa.

Lanzado en marzo de 2023 y desarrollado con tecnología GPT-4, Khanmigo se ha concebido como una interfaz pedagógica que combina rigor de contenido y acompañamiento conversacional. Además de su uso con estudiantes, Khanmigo ha sido diseñado como una herramienta de gran valor para los docentes. Proporciona apoyo para planificar clases, redactar correos electrónicos multilingües a las familias, elaborar rúbricas, y generar ejercicios personalizados en función del tema trabajado en clase. Su objetivo no es automatizar la enseñanza, sino reducir la carga administrativa y permitir que el profesorado pueda dedicar más tiempo a lo esencial: observar, acompañar y enseñar. Esta

función se alinea con los planteamientos de Levy Yeyati (2025) y del Informe de la OCDE (2023), que abogan por una IA que actúe como amplificadora del trabajo docente, no como su sustituta.

Khanmigo también presenta un diseño cuidadoso en cuanto a seguridad y gobernanza. Cuenta con filtros de contenido, registro de conversaciones, alertas para palabras sensibles y supervisión por parte de educadores, todo ello con el fin de asegurar un uso responsable por parte del alumnado. Además, el sistema no proporciona directamente las respuestas a los problemas planteados, sino que promueve estrategias de razonamiento mediante preguntas orientadoras y pistas parciales, lo que previene el riesgo de “pereza cognitiva” o *offloading* detectado en estudios como el de Fan *et al.* (2024).

Este enfoque pedagógico dialoga también con el diseño instruccional de otras intervenciones exitosas, como Tutor CoPilot (Wang *et al.*, 2024), donde el modelo de IA actúa como copiloto del tutor humano y le sugiere buenas prácticas durante la interacción. En el caso de Khanmigo, este rol de copiloto se extiende tanto al estudiante como al profesor, ofreciendo apoyo en ambas direcciones. El sistema puede ser usado también fuera del aula, como refuerzo individual o como herramienta de autoaprendizaje, replicando las condiciones de accesibilidad y escalabilidad que se han valorado positivamente en programas como Rori (Henkel *et al.*, 2024) o TutorAI (Bhatt *et al.*, 2024).

En definitiva, Khanmigo ejemplifica una de las propuestas más completas y coherentes de integración de IA generativa en el entorno escolar. Su valor radica no solo en la sofisticación del modelo subyacente, sino en la arquitectura educativa que lo acompaña: un ecosistema de contenidos de calidad, formación docente, accesibilidad progresiva, supervisión institucional y principios pedagógicos explícitos. Como otras experiencias revisadas en este artículo, demuestra que el impacto positivo de la IA en educación depende menos de la tecnología en sí que del marco en que se inserta. La clave está en utilizar estos sistemas para ampliar las oportunidades de aprendizaje, reforzar la equidad y complementar el trabajo docente, y no en delegar en ellos tareas educativas sin orientación. Khanmigo es, en

este sentido, una de las experiencias más prometedoras de cómo la inteligencia artificial puede integrarse con sentido en las prácticas educativas cotidianas.

VI. CONCLUSIONES

El análisis de los tutores individualizados guiados por IA en contextos educativos reales muestra que no estamos ante una tecnología neutra ni inevitablemente positiva. El impacto de estos sistemas no depende tanto de su sofisticación técnica como del diseño pedagógico e institucional que los acompaña. Los estudios revisados muestran que pueden mejorar significativamente el aprendizaje, especialmente entre el alumnado más rezagado, pero también que mal diseñados o aplicados sin orientación pueden debilitar procesos clave como la autorregulación, la memoria a largo plazo o el pensamiento crítico.

Más allá de sus efectos inmediatos sobre el rendimiento, la IA educativa plantea preguntas de fondo sobre qué significa aprender en la era digital. Si el conocimiento está disponible de forma instantánea, ¿qué lugar ocupa el esfuerzo cognitivo? Si una herramienta responde con precisión a nuestras dudas, ¿qué ocurre con la necesidad de recordar, de practicar o de equivocarse? Este escenario exige avanzar hacia un nuevo pacto pedagógico que incorpore la IA no como sustituto, sino como catalizador del aprendizaje significativo. Ello implica formar a los docentes no solo en el uso técnico de las herramientas, sino en su integración crítica y ética en el aula. También requiere sistemas de supervisión y gobernanza que aseguren equidad, transparencia y protección de los datos del alumnado. Y, sobre todo, invita a redefinir las finalidades de la educación en un entorno donde el conocimiento es abundante, pero la atención, la motivación y la capacidad de pensar de forma autónoma son recursos cada vez más escasos.

En este marco, los tutores IA no deben concebirse como una solución cerrada, sino como una tecnología de propósito general cuya eficacia dependerá de las decisiones políticas, pedagógicas y organizativas que se tomen en torno a su implementación.

Los próximos años serán clave para evitar que esta innovación, en lugar de ampliar oportunidades, refuerce las desigualdades preexistentes o genere nuevas formas de dependencia intelectual. La tarea no es solo adaptar la escuela a la IA, sino asegurarse de que la IA se adapte a los fines de la educación.

BIBLIOGRAFÍA

- Alter, A. L., Oppenheimer, D. M., Epley, N. y Eyre, R. N. (2007).** Overcoming intuition: Metacognitive difficulty activates analytic reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(4), 569–576. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.4.569>
- Araya, R., Arias Ortiz, E., Botton, N. y Cristia, J. (2025).** Integrating learning platforms within regular school time: Experimental evidence from Chilean primary schools. *Economics of Education Review*, 106, 102647. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2025.102647>
- Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakcı, Ö. y Mariman, R. (2024).** Generative AI can harm learning (*The Wharton School Research Paper*). Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4895486> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4895486>
- Berger, L. M., Kerkhof, A., Mindl, F. y Münster, J. (2025).** Debunking “fake news” on social media: Immediate and short-term effects of fact-checking and media literacy interventions. *Journal of Public Economics*, 245, 105345. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2025.105345>
- Bhatt, R., Kulkarni, M., Muralidharan, K., Singh, A., Sood, A. y Yadav, S. (2024).** Can Technology Facilitate Scale? Evidence from a Randomized Evaluation of High Dosage Tutoring (*NBER Working Paper N° 32510*). National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w32510>
- Cuevas-Ruiz, P., Rello, L., Sanz, I. y Sevilla, A. (2025).** Bridging literacy gaps: The impact of AI-driven personalised learning on reading skills and educational equity (*EdWorkingPaper: 25-1209*). Annenberg Institute at Brown University. <https://doi.org/10.26300/68mk-mk89>
- De Barros, A. y Ganimian, A. J. (2024).** Which Students Benefit from Computer-Based Individualized Instruction? Experimental Evidence from Public Schools in India. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 17(2), 318–343. <https://doi.org/10.1080/19345747.2023.2191604>
- Escueta, M., Nickow, A. J., Oreopoulos, P. y Quan, V. (2020).** Upgrading education with technology: Insights from experimental research. *Journal of Economic Literature*, 58(4), 897–996. <https://doi.org/10.1257/jel.20191507>
- Fan, Y., Tang, L., Le, H., Shen, K., Tan, S., Zhao, Y., Shen, Y., Li, X. y Gašević, D. (2024).** Beware of metacognitive laziness: Effects of generative artificial intelligence on learning motivation, processes, and performance. *British Journal of Educational Technology*, 56(2), 489–530. <https://doi.org/10.1111/bjet.13544>
- Fesler, L., Gu, A. y Chojnacki, G. (2023).** Air tutors’ online tutoring: Math knowledge impacts and participant math perceptions. Middle Years Math Grantee Report Series. *Mathematica*. <https://eric.ed.gov/?id=ED628638>
- Lastra, C. & Flynn, D. J., (2025).** Desinformación entre adolescentes en España: Desafíos y oportunidades de mejora en la escuela y online. *Papeles de Economía Española*.
- Gorjón, L., y Osés, A. (2022).** The negative impact of information and communication technologies overuse on student performance: Evidence from OECD countries. *Journal of Educational Computing Research*, 61(4), 933–961. <https://doi.org/10.1177/07356331221133408>
- Guryan, J., Ludwig, J., Bhatt, M. P., Cook, P. J., Davis, J. M. V., Dodge, K. A., ... y Pollack, H. A. (2023).** Not too late: Improving academic outcomes among adolescents. *American Economic Review*, 113(3), 738–765. <https://doi.org/10.1257/aer.20210434>
- Henkel, O., Horne-Robinson, H., Kozhakhmetova, N. y Lee, A. (2024).** Effective and scalable math support: Experimental evidence on the impact of an AI-math tutor in Ghana. En E. André et al. (eds.), *Artificial Intelligence in Education. Posters and Late Breaking Results, Workshops and Tutorials, Industry and Innovation Tracks, Practitioners, Doctoral Consortium and Blue Sky* (AIED 2024) pp. 373–381. Springer.
- Levy Yeyati, E., Robano, V., Pereiro, E., Porto, C. y Koleszar, V. (2025).** Generative AI in education: A framework for leveraging digital tools in Latin American classrooms. (*School of Government Working Paper N° 202050327*). Universidad Torcuato Di Tella.

- Marcenaro, Ó. D. y López, L. A. (2025).** Sobre el uso de recursos digitales y el rendimiento educativo: De las políticas educativas a la práctica. *Papeles de Economía Española*, (2025 en este mismo número).
- Méndez, I. (2025).** Las tecnologías de la información y la comunicación en España: presente y futuro. *Papeles de Economía Española*, (2025 en este mismo número).
- Molina, E. y Cobo, C. (2025).** *Repensar la política docente en la era de la IA: Evidencia para la acción*. Papeles de Economía Española (2025 en este mismo número).
- Muralidharan, K., Singh, A. y Ganimian, A. J. (2019).** Disrupting education? Experimental evidence on technology-aided instruction in India. *American Economic Review*, 109(4), 1426–1460.
- Oakley, B., Johnston, M., Chen, K.-Z., Jung, E. y Sejnowski, T. (2025).** The Memory Paradox: Why Our Brains Need Knowledge in an Age of AI. En *The Future of Artificial Intelligence: Economics, Society, Risks and Global Policy*. Springer Nature, en prensa.
- OECD (2023).** *Generative AI in the classroom: From hype to reality?* EDU/EDPC(2023)11. Organisation for Economic Co-operation and Development. [https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC\(2023\)11/en/pdf](https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC(2023)11/en/pdf)
- Oreopoulos, P., Gibbs, C. R., Jensen, M. y Price, J. P. (2024).** Teaching Teachers to Use Computer Assisted Learning Effectively: Experimental and Quasi-Experimental Evidence. *EdWorkingPaper* N°. 24-1036. Annenberg Institute at Brown University. <https://doi.org/10.26300/znjb-1v83>
- Risko, E. F. y Gilbert, S. J. (2016).** Cognitive offloading. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(9), 676–688. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002>
- Robinson, C. D., Pollard, C., Novicoff, S., White, S. y Loeb, S. (2024).** The effects of virtual tutoring on young readers: Results from a randomized controlled trial. *Educational Evaluation and Policy Analysis*. <https://doi.org/10.3102/01623737241288845>
- Rodríguez, F. (2025).** La inteligencia artificial como herramienta transformadora en la educación: Aplicación, impacto potencial y políticas. Papeles de Economía Española, (2025 en este mismo número).
- Roldán, T. (2025, 7 de febrero).** La IA revolucionará la educación (para bien). *El País*, p. 13.
- Sevilla, A., Cuevas, P., Rello, L., & Sanz, I. (2024).** El impacto del aprendizaje asistido por tecnología en la educación no universitaria. *Panorama Social*, (39), 73–93
- De Simone, L., Ogundeyi, A., Adesanya, A., Bello, M., Adeniran, A., Bello, A., Daramola, A. y Jhingran, D. (2025).** Generative AI for Education: Experimental Evidence from Nigeria. *Policy Research Working Paper* N°. 10747. World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099237502082424179/idu0d44e3ad04f055b0b550ae9401780c899f6f7>
- Thomas, D., Marsh, J. A., Allbright, T., Johnson, R. y Jennings, J. (2024).** *Scaling Human Intelligence with Artificial Intelligence: A Hybrid Tutoring Model Supporting Students' Math Learning and Engagement*. AIED 2024: Artificial Intelligence in Education. Posters and Late Breaking Results, Workshops and Tutorials, Industry and Innovation Tracks, Practitioners, Doctoral Consortium and Blue Sky. Communications in Computer and Information Science, 2150, 276–287. Springer.
- Wang, R. E., Ribeiro, A. T., Robinson, C. D., Loeb, S. y Demszky, D. (2024).** Tutor CoPilot: A human-AI approach for scaling real-time expertise. Stanford University. <https://osf.io/8d6ha>



COLABORACIONES II

EL USO DE TECNOLOGÍA EN LAS AULAS DE PRIMARIA Y SECUNDARIA

REPENSAR LA POLÍTICA DOCENTE EN LA ERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL: EVIDENCIA PARA LA ACCIÓN

Ezequiel Molina
Cristóbal Cobo

Banco Mundial

Resumen

La creciente adopción educativa de aplicaciones con inteligencia artificial (IA) ofrece oportunidades prometedoras, pero plantea interrogantes aún por responder. Este artículo examina cómo las aplicaciones de IA transforman la profesión docente, utilizando como marco los principios de políticas docentes efectivas del Banco Mundial. Se analizan aplicaciones actuales, como chatbots vocacionales, mentoría para docentes noveles, análisis de voz para retroalimentación, optimización de tareas administrativas y planificación de lecciones asistida por IA. Se evalúa la evidencia sobre su efectividad y se identifican tendencias emergentes, desafíos y brechas de investigación. El artículo concluye enfatizando el potencial de la IA para complementar, no reemplazar, al docente, y la necesidad de una integración ética, contextualizada y basada en evidencia.

Palabras clave: inteligencia artificial, educación, política docente, desarrollo profesional docente, innovación educativa, América Latina.

Abstract

The growing adoption of artificial intelligence (AI) applications in education offers promising opportunities but also raises unanswered questions. This article examines how AI applications are transforming the teaching profession, using the World Bank's effective teacher policy principles as a framework. Current applications such as vocational chatbots, mentoring for novice teachers, voice analysis for feedback, administrative task optimization, and AI-assisted lesson planning are analyzed. Evidence on their effectiveness is evaluated, and emerging trends, challenges, and research gaps are identified. The article concludes by emphasizing the potential of AI to complement, not replace, teachers, and the need for ethical, context-aware, evidence-based integration.

Keywords: artificial intelligence, education, teacher policy, teacher professional development, educational innovation, Latin America.

JEL classification: I21, I28, O33.

I. INTRODUCCIÓN

¿Reemplazará la inteligencia artificial (IA) a los docentes? Esta pregunta, omnipresente en discusiones sobre educación en estos días, con frecuencia se formula desde posiciones extremas que generan más ruido que claridad. Este documento aborda directamente esta interrogante, proponiendo que el debate sobre el reemplazo de docentes por IA plantea una falsa dicotomía. En realidad, la pregunta clave es cómo la IA puede integrarse inteligentemente con la capacidad humana para maximizar el aprendizaje de cada estudiante.

A menudo, la discusión sobre la IA en educación oscila entre el temor a que los docentes sean reem-

plazados por máquinas y la percepción simplista de que su función principal será la automatización de tareas repetitivas. Ambas visiones ignoran una realidad más compleja: la integración adecuada de la IA en la educación no solo puede reducir tareas administrativas, sino que también puede potenciar (e incluso redefinir) el rol docente, permitiendo realizar tareas completamente nuevas o mejorar significativamente las existentes. A lo largo de este artículo se explora cómo una integración efectiva de la IA va más allá de la simple automatización, amplificando las capacidades humanas y abriendo nuevas fronteras para la práctica docente (Nguyen y Elbanna, 2025).

La inteligencia artificial está transformando los sistemas educativos, ofreciendo oportunidades

para personalizar el aprendizaje, potenciar a los docentes y optimizar la gestión educativa. La evidencia empírica reciente resulta promisorio: consultores equipados con GPT-4 completaron entregables para clientes un 25 por 100 más rápido mientras producían trabajos de calidad 40 por 100 superiores en comparación con colegas sin asistencia de IA (Dell'Acqua *et al.*, 2023). De forma similar, escritores profesionales utilizando ChatGPT terminaron tareas un 40 por 100 más velozmente, generando contenido calificado como 18 por 100 mejor por evaluadores independientes (Noy y Zhang, 2023).

Estas mejoras en productividad resultan particularmente notables para profesionales con menos experiencia, quienes registran aumentos de hasta un 35 por 100 (Brynjolfsson *et al.*, 2023), lo que sugiere un potencial extraordinario para la formación y el desarrollo profesional docente. No obstante, este poder transformador conlleva una advertencia fundamental: cuando los profesionales dependen excesivamente de la IA y abandonan su pensamiento crítico, su rendimiento puede deteriorarse (Dell'Acqua *et al.*, 2023; Yu *et al.*, 2024).

Un fenómeno sorprendente observado recientemente en medicina ofrece lecciones valiosas para el campo educativo. Contrario a la expectativa de que médicos trabajando con IA producirían mejores resultados que cualquiera por separado, estudios recientes han mostrado que sistemas de IA operando independientemente superaron a la combinación médico-IA en tareas como interpretación de radiografías y precisión diagnóstica (Topol y Rajpurkar, 2025). Estos hallazgos sugieren que no debemos asumir automáticamente que la combinación humano-máquina siempre producirá mejores resultados. En cambio, necesitamos repensar cuidadosamente cómo dividir responsabilidades entre docentes e IA para conseguir verdadera sinergia. El desafío no es tecnológico, sino conceptual: reimaginar los roles de ambos actores en formas que mejoren los resultados educativos.

Contrario al simplismo de reemplazo tecnológico, la evidencia actual sugiere que la IA está impulsando una redistribución fundamental del ecosistema educativo. Esta redistribución abre varios escenarios que deben ser analizados con rigor:

–*Redistribución del tiempo docente*: la automatización inteligente libera tiempo valioso, pero el verdadero desafío es su reinversión estratégica. Estudios recientes estiman que la IA podría reducir hasta varias horas semanales tareas administrativas y rutinarias, permitiendo a los docentes enfocarse en dimensiones de alto impacto para las cuales tiene una ventaja comparativa insustituible.

–*Reconfiguración de roles según contexto y propósito*: más que una simple división entre "tareas rutinarias para IA" y "tareas complejas para humanos", emerge un espectro de colaboración donde el nivel de autonomía de la IA varía según la naturaleza y consecuencias de cada tarea. En algunas actividades (como generación de recursos didácticos o evaluaciones formativas) la IA puede operar con alta autonomía y supervisión limitada, mientras que en otras (evaluaciones sumativas, retroalimentación, diseño de experiencias de aprendizaje profundas) actúa como asistente con mayor supervisión humana.

–*Riesgo de estratificación en la experiencia educativa*: la implementación desigual de la IA podría generar un sistema educativo de tres niveles claramente diferenciados:

1. *Los excluidos de IA*: estudiantes en contextos vulnerables, sin acceso a tecnología debido a escuelas sin conectividad o incluso sin electricidad. Para ellos, la educación potenciada por IA sigue siendo un concepto distante y sus docentes conocen estas innovaciones solo por noticias.

2. *Los dependientes de IA*: estudiantes con acceso a herramientas tecnológicas, pero con acompañamiento pedagógico insuficiente. En este grupo se configuran dos escenarios problemáticos: por un lado, estudiantes que utilizan IA para completar tareas sin orientación crítica sobre su uso adecuado; por otro, contextos educativos donde, por razones presupuestarias o de política educativa, se comienza a sustituir parcialmente la interacción docente-estudiante con sistemas automatizados, reduciendo el componente humano de la educación.

3. *Los potenciados por IA*: estudiantes privilegiados que acceden tanto a IA avanzada como a docentes altamente calificados que trabajan en sinergia. Estos docentes guían el uso crítico de la tecnología, ayudando a los estudiantes a desarrollar pensamiento profundo y competencias del siglo XXI.

En América Latina y otras regiones de ingresos medios y bajos, el primer grupo sigue siendo mayoritario. Esta realidad tripartita plantea interrogantes urgentes: ¿cómo podemos asegurar que la IA se convierta en puente y no en barrera para la equidad educativa? ¿Cómo transformamos a los "dependientes de IA" en "potenciados por IA" y, simultáneamente, ¿incluimos a los "excluidos de IA" en esta revolución educativa?

El panorama actual de implementación revela tanto promesas como desafíos sustanciales. La *Encuesta global sobre IA* del Digital Education Council (2025) muestra que, si bien el 61 por 100 de los docentes universitarios han integrado la IA en su enseñanza y el 65 por 100 la percibe como una oportunidad, persisten preocupaciones importantes. En particular, el 83 por 100 manifiesta inquietud sobre la capacidad de los estudiantes para evaluar críticamente los resultados generados por IA, mientras que el 80 por 100 señala que sus instituciones carecen de directrices integrales para su uso apropiado.

Ante este escenario de promesas, desafíos y evidencia limitada, resulta fundamental contar con un marco analítico robusto que permita separar el ruido de la evidencia sustantiva. Es por ello que este artículo utiliza el marco "Docentes Exitosos, Alumnos Exitosos" del Banco Mundial (Béteille y Evans, 2021) como estructura orientadora, con especial atención a las implicaciones y oportunidades para países de ingresos medios y bajos, particularmente en América Latina y el Caribe (LAC).

Este marco establece cuatro principios fundamentales para políticas docentes efectivas: 1) hacer de la enseñanza una profesión atractiva; 2) preparar adecuadamente a los docentes antes de que ingresen al aula; 3) promover la selección meritocrática y la asignación estratégica de docentes; y 4) proporcionar apoyo y motivación continuos a lo largo de su carrera profesional.

Al examinar sistemáticamente cómo la IA está reconfigurando cada uno de estos principios, podemos trascender debates superficiales sobre reemplazo tecnológico y centrar nuestra atención en intervenciones concretas y basadas en la evidencia. A lo largo de este artículo, analizamos estrategias para enfrentar estos desafíos, priorizando aquellas con mayor solidez en la evidencia disponible, para aprovechar el potencial de la IA en la creación de experiencias de aprendizaje más equitativas, efectivas y significativas para todos los estudiantes.

Y esta transformación ya está en marcha. La revolución de la IA está impactando activamente cada uno de los principios del marco mencionado, con iniciativas concretas que merecen un análisis riguroso. Programas innovadores como "Quiero Ser Profe" en Chile emplean chatbots mejorados con IA para orientación vocacional, contribuyendo a hacer más atractiva la profesión docente. Simultáneamente, herramientas como TeachFX utilizan análisis de voz para proporcionar retroalimentación pedagógica personalizada, apoyando el desarrollo profesional continuo.

Sin embargo, la evidencia sobre la efectividad de estas intervenciones recientes está emergiendo y presenta diversos grados de solidez. Este trabajo examina metódicamente estas aplicaciones actuales y emergentes, evalúa rigurosamente la evidencia disponible sobre su impacto real, e identifica tanto tendencias prometedoras como desafíos persistentes que deberán abordarse para una implementación efectiva.

El cuadro n.º 1 resume cómo diversas aplicaciones específicas de IA se alinean con los cuatro principios del marco, indicando su contexto de implementación y la solidez de la evidencia disponible en cada caso.

Como puede observarse, el panorama de evidencia es heterogéneo, con algunas aplicaciones respaldadas por evaluaciones rigurosas, mientras otras apenas comienzan a generar datos preliminares. Esta variabilidad refuerza la necesidad de un análisis crítico y contextualizado.

Es fundamental enfatizar que la IA no debe concebirse como un reemplazo de la experiencia

CUADRO N.º 1

RESUMEN DE LAS APLICACIONES DESTACADAS POR PRINCIPIO

Principio	Aplicaciones destacadas	Ejemplos concretos	Grado de evidencia
1. Profesión atractiva	Chatbots vocacionales, mentoría virtual, automatización de tareas	Quiero Ser Profe (Chile), Elige Educar, chatbots con IA	Emergente, con resultados preliminares
2. Preparación docente	Simulaciones de aula, análisis automático de prácticas, tutoría inteligente	TeachFX, Edthena, Mursion, ALEKS en Ecuador	Mixta, con efectos prometedores en aprendizaje
3. Selección y asignación	Algoritmos de selección, asignación docente, análisis predictivo	Asignación en Ecuador, selección en Perú, evaluación en Brasil	Moderada a sólida en eficiencia y equidad
4. Apoyo y motivación docente	Retroalimentación automatizada, generación de guías, <i>coaching</i> virtual	IA en retroalimentación (EE. UU.), Ceibal en Uruguay, Sudáfrica <i>coaching</i>	Moderada, con evidencia de mejora instruccional

humana, sino como un amplificador del juicio y las habilidades de los educadores. Los docentes continúan siendo el corazón insustituible del sistema educativo, y las herramientas de IA deben funcionar como asistentes poderosos bajo su dirección. Expertos en educación internacional coinciden en que la IA no reemplazará la labor docente, precisamente porque el aprendizaje no es meramente transaccional, sino fundamentalmente social y relacional. Sin embargo, advierten que aquellos educadores capaces de integrar efectivamente la IA en su práctica tendrán ventajas significativas sobre quienes no desarrollen estas competencias digitales.

Este documento busca separar el ruido del debate superficial sobre el reemplazo tecnológico, centrándose en analizar cómo se está utilizando concretamente la IA en la actualidad y cuáles son sus aplicaciones emergentes. Al hacerlo, se ofrece un análisis crítico basado en la evidencia, orientado a guiar políticas educativas que maximicen el potencial de la IA en beneficio de docentes y estudiantes por igual. El futuro de la educación no estará determinado por una simple elección entre inteligencia humana o artificial, sino por nuestra capacidad para comprender sus respectivas fortalezas y limitaciones, y para orquestar su colaboración de manera que verdaderamente beneficie el aprendizaje.

La metodología empleada se basa en un análisis sistemático de la literatura científica y estudios

empíricos recientes (estudios de caso, evaluaciones experimentales y cuasiexperimentales, análisis comparativos), organizado según los cuatro principios mencionados. Esto permite evaluar la robustez empírica, identificar brechas en la evidencia y establecer recomendaciones fundamentadas para avanzar hacia un futuro donde la IA potencie, pero no reemplace, la insustituible labor docente.

II. DE LA PROMESA A LA PRÁCTICA: CÓMO LA IA PUEDE IMPULSAR UNA POLÍTICA DOCENTE INTEGRAL

1. Principio 1: hacer de la enseñanza una profesión atractiva mediante la IA

Atraer candidatos talentosos a la docencia es un desafío persistente, a menudo ligado a la percepción de bajo estatus profesional, compensaciones no competitivas y limitadas oportunidades de desarrollo.

Si bien la IA por sí misma no puede cambiar condiciones estructurales como la compensación docente, puede ayudar a los Gobiernos a diseminar información que ayude a atraer a los mejores candidatos a la profesión y a mejorar la orientación que reciben estos candidatos.

Un ejemplo innovador proviene de Chile con el programa "Quiero Ser Profe" de Elige Educar. Utiliza

chatbots con IA para dar orientación vocacional personalizada a estudiantes de secundaria. Una evaluación de impacto de 2023 (Ajzenman *et al.*, 2023) comparó una modalidad con chatbots pre-programados (sin IA generativa) versus tutores humanos. Si bien la intervención humana fue superior, ambas modalidades aumentaron significativamente la inscripción en carreras de pedagogía. Aprovechando estos hallazgos, una nueva evaluación está en curso, esta vez incorporando IA generativa en el chatbot para mejorar su capacidad y reducir la brecha de efectividad con la intervención humana, manteniendo la escalabilidad.

Mentoría con IA para nuevos docentes

La retención de docentes noveles es crucial. La IA muestra potencial para ofrecer apoyo y mentoría continua. La iniciativa "Somos Profes, Somos Educadores", lanzada por Elige Educar en Chile en 2023, utiliza herramientas de IA para brindar mentoría a docentes noveles y educadores de párvulos. Una encuesta inicial reveló que el 72 por 100 carecía de redes de apoyo profesional externas y el 67 por 100 de apoyo interno. El programa se enfoca en bienestar docente y retención, orientando sobre gestión de aula, estrategias de enseñanza y autocuidado. Aunque falta una evaluación de impacto completa, los hallazgos preliminares son positivos: la satisfacción general es de 4,1 sobre 5, y un notable 87 por 100 de los participantes que usaron el chatbot lo recomendarían a colegas (Elige Educar, próximamente).

Tendencias emergentes: herramientas de IA para mejorar el estatus docente y reducir la carga de trabajo

Más allá de estas aplicaciones, surgen nuevas tendencias:

- *Estrategias de comunicación mejoradas con IA:* la percepción del estatus docente afecta el rendimiento estudiantil (Béteille y Evans, 2021). La IA se puede usar para desarrollar comunicaciones más efectivas. Campañas en Inglaterra emplean algoritmos de IA para personalizar mensajes a poblaciones específicas. Sin embargo, requieren calibración: un estudio a gran escala en Chile

(Ajzenman *et al.*, 2021) mostró que mensajes sobre aumentos salariales atraían a postulantes de bajo rendimiento, mientras que mensajes sobre la satisfacción intrínseca reducían el interés de los de alto rendimiento. Esto subraya la necesidad de entender cómo diferentes mensajes impactan la percepción y atracción hacia la profesión en distintos segmentos.

- *Reducción de la carga administrativa mediante IA:* plataformas de aprendizaje adaptativo y otras herramientas de IA pueden reducir significativamente la carga administrativa automatizando tareas repetitivas como la calificación de evaluaciones, la gestión centralizada de datos estudiantiles, la simplificación de la comunicación con familias y el mantenimiento eficiente de registros. Esto libera tiempo docente para la enseñanza y tutoría. Un metanálisis (Du Boulay, 2016) confirma que la IA puede mejorar el aprendizaje y reducir la carga laboral. Sin embargo, estudios recientes (Selwood y Pilkington, 2005; Ahmad *et al.*, 2022; Hashem *et al.*, 2023) señalan que para que los docentes realmente ahorren tiempo y lo reinviertan eficazmente, a menudo necesitan apoyo y capacitación para implementar estas herramientas de manera efectiva.

Brechas de evidencia y prioridades de investigación

Persisten brechas significativas. Las evaluaciones rigurosas y longitudinales sobre el impacto de la IA en la atracción y retención docente son escasas. Se necesita comprender mejor los mecanismos específicos y para quién funcionan estas intervenciones. Es crucial investigar posibles efectos no deseados, como una potencial disminución del estatus percibido si se automatizan demasiados aspectos. La investigación futura debe centrarse en cómo diseñar IA que complemente y realce el trabajo docente, asegurando que contribuya positivamente al estatus y atractivo de la profesión.

2. Principio 2: preparación docente para un aula potenciada por la IA

La formación docente efectiva es fundamental para preparar a los profesores antes de que entren al aula. Con el avance acelerado de la IA, los programas de formación inicial enfrentan el desafío

de integrar no solo el dominio de contenidos y habilidades pedagógicas tradicionales, sino también competencias digitales y específicas sobre IA. Los programas en diversos países están comenzando a incorporar competencias esenciales. Según un análisis del Marco de Referencia para la Enseñanza de la IA desarrollado por Ceibal (2023), estas competencias incluyen la comprensión técnica básica (cómo funcionan los sistemas), la evaluación crítica (fortalezas y debilidades), la integración pedagógica (incorporar herramientas significativamente) y las consideraciones éticas (desafíos éticos). En Uruguay, por ejemplo, Ceibal ha desarrollado este marco integral que guía a los docentes desde la formación inicial, permitiéndoles participar en actividades prácticas como el entrenamiento de modelos de aprendizaje automático con estudiantes desde 6^o grado (Molina et al., 2024).

Un análisis comparativo de programas de formación docente en diferentes regiones muestra una adaptación desigual a estas necesidades emergentes. Mientras que países como Singapur integran tecnología de múltiples formas en el currículo de formación inicial (National Institute of Education, 2021), muchos programas en otras regiones, incluyendo partes de América Latina, mantienen enfoques tradicionales con poca exposición a herramientas de IA. La evidencia sugiere que los países con sistemas educativos de alto rendimiento (Finlandia, Corea, Singapur) no solo son selectivos en la admisión, sino que integran sistemáticamente la tecnología y, cada vez más, la IA en sus currículos. Existe una brecha significativa entre la preparación actual y las necesidades del aula moderna.

Entre las experiencias destacadas de Corea y Finlandia, resalta el caso reciente de Estonia, que con su programa nacional AI Leap 2025 busca integrar la inteligencia artificial en su sistema educativo, capacitando progresivamente a 6.000 docentes en competencias digitales avanzadas durante dos fases (2025 y 2026). Esta iniciativa proporciona acceso gratuito a herramientas avanzadas como ChatGPT Edu, y formación específica para implementar estas tecnologías en contextos de aula. Con ello, se espera beneficiar inicialmente a 20.000 estudiantes secundarios, ampliándose

luego a 38.000 estudiantes de escuelas vocacionales en 2026. Mediante el financiamiento de una alianza público-privada, el país busca no solo reforzar la calidad educativa, sino también mejorar su competitividad económica y posicionarse como líder global en educación para la era digital (The Higher Education Review, 2024).

Aplicaciones de IA en componentes de práctica docente

La IA ofrece herramientas valiosas para mejorar la experiencia práctica de los futuros docentes:

- *Entornos de aula simulados para el desarrollo de habilidades:* las simulaciones impulsadas por IA, como las ofrecidas por Mursion o TeachLive (utilizadas principalmente en EE. UU., pero con potencial global), permiten a los candidatos practicar estrategias de enseñanza, gestión del aula y diferenciación pedagógica en un espacio seguro y repetible antes de enfrentarse a estudiantes reales. Interactuando con avatares que simulan diversos escenarios, los futuros docentes reciben retroalimentación inmediata. Investigaciones preliminares sugieren que estas simulaciones pueden complementar eficazmente las prácticas tradicionales, especialmente cuando se combinan con un buen proceso de debriefing o reflexión guiada (Dieker et al., 2014).
- *Herramientas de análisis de video/audio para retroalimentación:* plataformas como TeachFX y Edthena (usadas ampliamente en EE. UU.) emplean IA para analizar grabaciones de las sesiones de práctica docente. TeachFX, por ejemplo, analiza el audio para cuantificar el tiempo de habla del docente versus el del estudiante, los tipos de preguntas realizadas y la equidad en la participación (Demszky et al., 2023). Estos datos objetivos facilitan la reflexión estructurada y las conversaciones de *coaching* con supervisores y mentores. En Uruguay, Ceibal está pilotando un sistema similar que analiza grabaciones de audio para ofrecer retroalimentación sobre las interacciones en el aula, aunque esta es revisada por un mentor humano antes de compartirla con el docente, combinando así la escalabilidad de la IA con el juicio experto (Molina et al., 2024). La

efectividad de estas herramientas depende, crucialmente, de su integración en un ciclo de apoyo y *coaching* formativo (Donnelly *et al.*, 2021).

- *Efectividad de las experiencias de práctica mejoradas con IA*: la investigación sobre programas efectivos (aunque no específica de IA) resalta la importancia de un componente práctico extenso y vinculado a la realidad escolar, como se observa en Finlandia, Corea y Shanghái. La IA puede potenciar estas prácticas proporcionando retroalimentación automatizada, analizando patrones de interacción y facilitando la reflexión estructurada.

Tendencias emergentes: apoyo para garantizar el dominio de contenidos con IA

Un desafío persistente es asegurar que los candidatos dominen el contenido que enseñarán. La IA emerge con soluciones:

- *Herramientas para garantizar conocimiento suficiente*: sistemas de evaluación adaptativa basados en IA pueden identificar con precisión fortalezas y debilidades en el conocimiento del contenido, proporcionar práctica personalizada y verificar la comprensión profunda más allá de la memorización superficial.
- *Sistemas de tutoría virtual para candidatos docentes*: la IA puede ayudar a los futuros docentes a desarrollar un dominio más profundo del contenido que deberán enseñar. Esta aplicación se inspira en el famoso hallazgo "dos sigma" de Benjamin Bloom, quien demostró que los estudiantes con tutores personalizados superaron en dos desviaciones estándar a sus pares en aulas tradicionales, un efecto equivalente a mover a un estudiante del percentil 50 al 98 (Bloom, 1984). Aunque metaanálisis más recientes sitúan el efecto promedio de la tutoría humana en aproximadamente 0,37 desviaciones estándar (Nickow *et al.*, 2020), sigue siendo una de las intervenciones educativas más efectivas conocidas.

En Ecuador, un estudio evaluó el sistema de tutoría ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces) con IA para la nivelación en matemá-

ticas a más de 5.000 estudiantes de primer año en educación superior técnica. Los resultados mostraron que el acceso a ALEKS por seis meses produjo un aumento de 0,28 desviaciones estándar en las puntuaciones de matemáticas y una reducción en la probabilidad de reprobar cursos (Angel-Urdinola *et al.*, 2023). Aunque este estudio no se centró específicamente en estudiantes de pedagogía, sus hallazgos son directamente relevantes para la preparación docente, donde existen brechas similares de conocimiento matemático.

Investigaciones recientes subrayan que el diseño pedagógico de los sistemas de tutoría con IA es crucial para su efectividad. Un estudio de la Universidad de Harvard encontró que los estudiantes universitarios que utilizaron un tutor de IA cuidadosamente diseñado aprendieron más del doble en menos tiempo que aquellos en clases de aprendizaje activo (Kestin *et al.*, 2024). Por el contrario, un experimento a gran escala en Turquía mostró que cuando los estudiantes usaban ChatGPT sin guía pedagógica adecuada resolvían más problemas durante la práctica, pero rendían el 17 por 100 peores en evaluaciones independientes posteriores (Bastani *et al.*, 2024).

Particularmente prometedor es un estudio de Stanford que demostró cómo la tutoría potenciada por IA puede ampliar prácticas pedagógicas expertas eficazmente. La investigación encontró que los tutores asistidos por IA empleaban estrategias pedagógicas más efectivas, logrando mejoras significativas en el dominio de contenidos a un coste de 20 dólares por tutor al año (Wang *et al.*, 2025). En contextos de países de renta baja, un reciente estudio en Nigeria evaluó un programa extracurricular que utilizaba IA generativa como tutor virtual, logrando ganancias de aprendizaje de 0,3 desviaciones estándar en seis semanas—equivalente a casi dos años de progreso de aprendizaje típico (De Simone *et al.*, próximamente).

Estos hallazgos sugieren que los sistemas de tutoría con IA pueden ser especialmente valiosos en dos momentos críticos de la trayectoria docente: durante la formación inicial para cerrar brechas en el dominio de contenidos, y como apoyo continuo durante el servicio, ayudando a los docentes a pro-

fundizar en temas específicos que necesitan enseñar o asistir a docentes para poder dar tutoría individualizada a más alumnos. La evidencia indica que el mayor impacto se logra cuando estos sistemas están diseñados específicamente para promover el aprendizaje profundo, no solo para proporcionar respuestas, y cuando se integran de manera complementaria con la instrucción y tutoría humanas.

Necesidades de evidencia y estudios preliminares

Persisten brechas importantes. Las evaluaciones rigurosas de programas de formación docente mejorados con IA son limitadas. La aplicación de hallazgos de IA de otros contextos (educación K-12 o superior general) a la formación docente requiere examen cuidadoso. La investigación futura debe abordar cuestiones críticas como el equilibrio óptimo entre formación presencial y apoyada por IA, la preparación ética de los docentes para usar IA, y las estrategias más efectivas para desarrollar simultáneamente dominio del contenido y habilidades pedagógicas usando IA. Responder a esto es fundamental para que la integración de la IA conduzca a mejoras.

3. Principio 3: selección meritocrática y despliegue efectivo mediante IA

Los procesos tradicionales de contratación docente en muchos países han adolecido históricamente de falta de transparencia, criterios inconsistentes y sesgos estructurales. En este contexto, la IA ofrece un conjunto de herramientas con el potencial de fortalecer la objetividad, eficiencia y equidad en la selección y asignación de docentes. Este principio se centra en cómo la IA puede contribuir a mejorar dos procesos críticos: (1) la selección basada en mérito y (2) el despliegue equitativo de docentes en el territorio.

Selección basada en mérito: una tendencia en expansión

Incluso sin IA, la implementación de criterios meritocráticos en procesos de selección ha mostrado resultados positivos. En México, por ejemplo, la adopción de pruebas estandarizadas para ingresar a la docencia tuvo un impacto significativo en el aprendizaje

estudiantil. Según Estrada (2015), este efecto no se explica necesariamente por la precisión predictiva de la prueba, sino porque el nuevo sistema meritocrático atrajo a un grupo más amplio y con mayor capacidad, en comparación con el sistema anterior, dominado por lógicas no basadas en mérito.

De forma similar, en el municipio de Sobral, Brasil, el reemplazo de la designación política de directores escolares por un proceso competitivo (basado en exámenes, actividades grupales y entrevistas estructuradas) dio como resultado en la renovación de dos tercios de los directores. Esta reforma se asocia con avances notables en calidad educativa, alcanzando niveles de aprendizaje comparables con los de países de ingresos altos (INEP/MEC, 2005).

Estos ejemplos reflejan una tendencia global hacia procesos de selección más objetivos, actualmente en marcha en países como Bangladesh, Chile, Colombia, El Salvador, India, México, Pakistán, Perú y otros estados de Brasil. Si bien muchos de estos sistemas aún no integran IA de manera sistemática, representan un terreno fértil para su aplicación.

¿Qué puede aportar la IA?

La IA permite ampliar el alcance y la profundidad de los sistemas de selección. A diferencia de las pruebas tradicionales, que suelen enfocarse en conocimientos declarativos, los sistemas potenciados por IA pueden evaluar habilidades más complejas como:

- La capacidad de adaptar la instrucción según el contexto.
- El uso efectivo de estrategias pedagógicas variadas.
- La calidad de la retroalimentación formativa.
- La gestión eficiente del aula en situaciones simuladas.

Estas capacidades pueden ser evaluadas, por ejemplo, a través del análisis automatizado de microenseñanzas o simulaciones interactivas en entornos virtuales. Además, el uso de sistemas

de seguimiento de candidatos (*applicant tracking systems* o *ATS*) con algoritmos de IA, ampliamente adoptados en el sector privado, podría adaptarse a la contratación docente para filtrar postulaciones a gran escala y de manera más estandarizada.

Sin embargo, estos sistemas también implican riesgos. Estudios recientes (Raghavan et al., 2020) han documentado sesgos algorítmicos en *ATS* que, sin una auditoría rigurosa, podrían reproducir o amplificar desigualdades estructurales. Por ello, el uso de IA en selección docente debe acompañarse de mecanismos de revisión humana, protocolos de explicabilidad algorítmica, y una evaluación continua de impactos distributivos.

En resumen, la IA no sustituye los principios de justicia y transparencia, sino que puede ayudar a implementarlos a escala si se diseña con cuidado y responsabilidad.

Despliegue efectivo y asignación equitativa: algoritmos al servicio del sistema

Más allá de la selección, la distribución territorial de los docentes es otro desafío persistente en muchos países. Los sistemas centralizados de asignación docente potenciados por IA han emergido como herramientas prometedoras para mejorar esta dimensión, reduciendo vacancias y desigualdades territoriales.

Un ejemplo destacado es el programa “Quiero Ser Maestro” en Ecuador, que desde 2013 utiliza un algoritmo de aceptación diferida para asignar docentes a plazas según preferencias, mérito y disponibilidad. En una evaluación reciente, Elacqua et al. (2022) demostraron que al proporcionar a los candidatos información personalizada sobre su probabilidad de no ser asignados y ofrecer recomendaciones de cambio, aumentó significativamente la probabilidad de que los aspirantes modificaran sus postulaciones estratégicamente y accedieran a una plaza. Esta intervención mejoró tanto los resultados individuales como la eficiencia del sistema en su conjunto.

Otro caso ilustrativo es el sistema de asignación estudiantil en Perú. Durante la pandemia, el Ministerio de Educación implementó un mecanismo de matrícula centralizada basado en IA para

reubicar a más de 100.000 estudiantes que se habían trasladado del sistema privado al público. Dos años después, el 74 por 100 de estos estudiantes permanecían en el sistema público, lo que sugiere no solo una alta tasa de retención, sino también la estabilidad del mecanismo algorítmico (Elacqua et al., 2023).

Sistemas similares se han desplegado con éxito en Chile, Ecuador y Perú para la asignación de estudiantes en procesos de admisión escolar, utilizando variantes del algoritmo de aceptación diferida (Arteaga et al., 2021; 2022). Estos mecanismos, aunque inicialmente diseñados para estudiantes, muestran el potencial de la IA para optimizar la asignación de recursos humanos educativos en función de criterios de eficiencia, equidad y preferencias de los actores.

En conjunto, la evidencia emergente sugiere que la IA puede contribuir significativamente a profesionalizar los procesos de selección y optimizar el despliegue docente, siempre que su uso esté guiado por principios de transparencia, auditabilidad y justicia algorítmica. La clave está en no delegar a la IA decisiones críticas sin supervisión, sino en integrarla como una herramienta complementaria en sistemas donde las reglas, datos y objetivos estén claramente definidos y orientados al mérito.

Tendencias emergentes: análisis predictivo para necesidades de personal y evaluación docente

La IA se está desarrollando para abordar desafíos sistémicos en la gestión educativa a través de múltiples aplicaciones:

- *IA para pronóstico de oferta y demanda docente:* utilizando datos históricos y tendencias demográficas para predecir necesidades futuras de personal (vacantes, escasez crónica) e informar decisiones de reclutamiento y formación.
- *Herramientas para identificar asignaciones de mejor ajuste:* más allá de llenar vacantes, se desarrollan herramientas de IA para identificar asignaciones óptimas que maximicen la satisfacción docente y los resultados estudiantiles. Los algoritmos avanzados pueden analizar múltiples

variables simultáneamente, como fortalezas específicas de docentes, necesidades particulares de cada escuela, preferencias personales y patrones históricos de éxito en contextos similares. Estos sistemas tienen el potencial de reducir significativamente los desajustes entre habilidades docentes y necesidades escolares, especialmente en sistemas educativos grandes y complejos.

- *Sistemas de evaluación docente asistidos por IA:* las nuevas herramientas de inteligencia artificial ofrecen posibilidades prometedoras para modernizar la evaluación docente. Los algoritmos pueden analizar sistemáticamente portafolios profesionales, vídeos de prácticas de aula y otros documentos de evidencia para identificar patrones de buenas prácticas. Estudios preliminares sugieren que los enfoques híbridos, donde la IA automatiza aspectos rutinarios de la evaluación mientras especialistas humanos mantienen supervisión en puntos críticos del proceso, pueden optimizar significativamente los tiempos sin sacrificar calidad evaluativa. Estos sistemas pueden facilitar retroalimentación más oportuna y personalizada, acelerando así los ciclos de mejora profesional.

Brechas de evidencia y desafíos de implementación

A pesar del potencial, persisten brechas y desafíos:

- *Limitaciones en la predicción de la efectividad docente:* la investigación muestra consistentemente que predecir *a priori* quién será un docente efectivo es extremadamente difícil. En Ecuador, ni la prueba ni la clase demostrativa del proceso de selección predijeron mejoras en el aprendizaje estudiantil (Cruz-Aguayo *et al.*, 2017). Esto subraya la importancia de los períodos probatorios bien estructurados, como los propuestos en India (Muralidharan, 2015), donde los aprendices ganan crédito hacia una contratación permanente.
- *Desafíos en la equidad y el acceso:* si no se diseñan cuidadosamente, los algoritmos pueden perpetuar o amplificar inequidades existentes si se entrenan con datos históricos sesgados. Además, el acceso desigual a infraestructura digital (brecha digital) puede limitar la implementación efectiva en re-

giones rurales o de bajos recursos, precisamente donde más se necesita una distribución equitativa.

- *Consideraciones para investigación futura:* se necesita investigar cómo los algoritmos pueden equilibrar múltiples objetivos (equidad, preferencias, necesidades), qué combinación de incentivos y algoritmos es más efectiva, cómo diseñar sistemas transparentes que generen confianza, y qué características predicen mejor los "ajustes" exitosos entre docentes y escuelas.

4. Principio 4: apoyo y motivación docente a través de la IA

El desarrollo profesional continuo (DPC) es uno de los pilares fundamentales para mejorar la calidad docente. La evidencia internacional muestra que los docentes pueden mejorar de manera significativa si reciben apoyo pedagógico sostenido, oportuno y contextualizado. En este ámbito, la inteligencia artificial (IA) abre nuevas posibilidades para ofrecer retroalimentación automatizada, generación personalizada de recursos pedagógicos, *coaching* continuo, y redes de apoyo entre pares.

Retroalimentación automatizada para la mejora instruccional

Una de las aplicaciones más avanzadas se encuentra en el uso de herramientas de análisis de voz potenciadas por la IA, como TeachFX, ampliamente utilizada en Estados Unidos. Esta aplicación graba las clases, analiza automáticamente patrones de participación y ofrece retroalimentación sobre variables como tiempo de habla por género, uso de preguntas abiertas y equidad en la participación.

En un estudio con 523 docentes en Utah, Demszky *et al.* (2023) encontraron que quienes recibieron retroalimentación semanal automatizada incrementaron en un 20 por 100 el uso de preguntas de enfoque pedagógico respecto al grupo de control. Las entrevistas cualitativas revelaron que los docentes valoraron la herramienta como útil para la reflexión, aunque identificaron desafíos como imprecisiones en las transcripciones y limitaciones de tiempo para revisar los informes.

En América Latina, Uruguay ha comenzado a experimentar con modelos similares a través de Ceibal, incorporando una etapa adicional: la retroalimentación generada por IA es revisada y contextualizada por mentores humanos antes de llegar al docente. Esta estrategia busca un equilibrio entre eficiencia tecnológica y pertinencia pedagógica.

IA para la generación de recursos pedagógicos personalizados

Otro ámbito en el que la IA está transformando el apoyo docente es en la generación de materiales pedagógicos contextualizados, como planes de clase, rúbricas, guías de lectura y adaptaciones para estudiantes con necesidades específicas.

Existe evidencia sólida que respalda el uso de planes de clase estructurados como herramienta efectiva para mejorar aprendizajes, especialmente en contextos de bajos recursos. Un metaanálisis de trece países de ingresos bajos y medios (Piper *et al.*, 2018) muestra que su uso sistemático genera mejoras significativas en aprendizaje.

La IA permite potenciar esta estrategia al adaptar automáticamente los planes según nivel del grupo, ritmo de avance, recursos disponibles y estilo de enseñanza del docente. Herramientas como MagicSchool AI, Khamigo, y UmmlA (Chile) ejemplifican esta capacidad de generación rápida y personalizada basada en evidencia.

En Perú, la Dirección Regional de Educación de Lima Metropolitana, con apoyo del Banco Mundial, ha iniciado capacitaciones docentes para el uso de IA generativa (Copilot) para la creación de planes de clase, rúbricas de evaluación, textos adaptados y estrategias de inclusión. En grupos focales, los docentes se mostraron receptivos al uso de estas tecnologías, destacando su potencial para mejorar la práctica y ahorrar tiempo. La evaluación de impacto está en curso y se esperan resultados para 2026.

Tendencias emergentes: IA y sistemas de *coaching* continuo

El *coaching* pedagógico es una de las formas más efectivas de DPC. Un estudio en Sudáfrica (Cilliers

et al., 2019) demostró que el *coaching* regular mejora tanto las prácticas docentes como los resultados de aprendizaje. A partir de este modelo, están surgiendo sistemas de *coaching* virtual, algunos con IA y otros con recursos digitales más simples.

En un experimento también en Sudáfrica, Kotze *et al.* (2019) compararon el *coaching* virtual (vía *tablet*, sin IA) con el *coaching* presencial. Inicialmente, ambos formatos mostraron mejoras similares. Sin embargo, al cabo de dos años, el grupo con *coaching* presencial mantuvo mejores resultados en habilidades pedagógicas complejas. El estudio concluye que la percepción de valor y el uso sostenido son determinantes clave para la efectividad del *coaching* tecnológico (Cilliers *et al.*, 2021).

Más allá del *coaching* formal, la IA también puede facilitar redes de apoyo entre pares. En Uruguay, por ejemplo, se han piloteado sistemas donde la IA asiste a mentores humanos en programas de formación en servicio, ayudando a conectar docentes con intereses similares, proponer recursos compartidos y analizar patrones de colaboración. Este enfoque potencia el DPC entre pares, una dimensión menos explorada, pero con alto potencial de escalabilidad y personalización.

Consideraciones de implementación: del piloto a la escala

A pesar del potencial, la implementación a gran escala de programas de apoyo docente impulsados por IA plantea importantes desafíos. Lo que funciona en pilotos controlados no siempre se traduce directamente a políticas nacionales. La experiencia de Kenia, donde se logró escalar exitosamente un programa de *coaching* estructurado (Piper *et al.*, 2018), muestra que el éxito depende en parte de integrar nuevas funciones tecnológicas dentro de roles existentes, como capacitar a inspectores para actuar como *coach*.

Otro hallazgo recurrente en la literatura es que la tecnología complementa, pero rara vez reemplaza efectivamente el apoyo humano. Por ejemplo, en Brasil, Bruns *et al.* (2018) documentaron que los programas de observación docente con rúbricas

digitales fueron más efectivos cuando incluyeron diálogo estructurado con mentores.

Las intervenciones más prometedoras, por tanto, combinan lo mejor de ambos mundos: la escalabilidad, eficiencia y capacidad analítica de la IA, con la empatía, juicio contextual y generación de confianza del apoyo humano.

Finalmente, se requiere más investigación sobre aspectos clave aún poco explorados, como:

- ¿Qué componentes específicos de las herramientas de IA generan mayor impacto?
- ¿Cómo adaptar mejor el apoyo a docentes en contextos de alta heterogeneidad?
- ¿Cuál es la combinación óptima de elementos humanos y automatizados?
- ¿Qué condiciones institucionales favorecen cambios sostenibles a largo plazo?

El uso de IA para apoyar y motivar a los docentes representa una frontera clave de innovación educativa. Aunque la evidencia aún es emergente, los resultados iniciales son alentadores y sugieren un potencial transformador en cómo los docentes aprenden, se retroalimentan y colaboran. El reto no está en sustituir la interacción humana, sino en amplificar su impacto mediante herramientas que respeten el juicio profesional, respondan al contexto, y ayuden a cada docente a alcanzar su máximo potencial.

III. DESAFÍOS TRANSVERSALES DE IMPLEMENTACIÓN Y BRECHAS DE EVIDENCIA

Aunque la inteligencia artificial (IA) promete transformar positivamente la profesión docente, su implementación enfrenta obstáculos estructurales, institucionales, técnicos y éticos que deben ser reconocidos y abordados con realismo. Estos desafíos son especialmente críticos en sistemas educativos de ingresos medios y bajos, donde las capacidades de adopción tecnológica son desiguales y las presiones sobre los docentes son mayores.

1. Brechas de infraestructura y conectividad

El primer gran obstáculo es la persistente brecha digital. Limitaciones en conectividad, acceso a dispositivos, y disponibilidad de plataformas confiables restringen el uso efectivo de herramientas de IA. Esto compromete tanto la equidad como la escalabilidad de las innovaciones. En Ghana, por ejemplo, algunos estudios han mostrado que incluso intervenciones simples de tecnología educativa enfrentan barreras de acceso estructurales (Acquah y Nyaaba, 2019). En Sudáfrica, la caída en el uso de *tablets* para *coaching* virtual después del primer año (Cilliers *et al.*, 2021) refleja que la sostenibilidad tecnológica requiere no solo infraestructura inicial, sino también mantenimiento, soporte y una percepción clara de valor por parte de los usuarios.

2. Capacidades docentes y redefinición profesional

La brecha de habilidades digitales entre docentes es otro factor crítico. Muchos educadores no se sienten preparados para incorporar herramientas de IA en sus prácticas, y aquellos con menor formación digital corren el riesgo de quedar excluidos de sus beneficios. Además de la capacitación técnica, se requiere un acompañamiento pedagógico que facilite la apropiación crítica y reflexiva de estas tecnologías.

Más allá de las habilidades, emergen también tensiones identitarias: ¿cuál es el nuevo rol del docente en un entorno donde los algoritmos generan contenido, sugieren intervenciones o evalúan prácticas? Estas inquietudes no deben subestimarse. Ignorarlas puede generar resistencia o desconfianza hacia herramientas que podrían, en otras condiciones, ser valiosas aliadas pedagógicas. Promover espacios de diálogo sobre el rol docente en la era de la IA, así como involucrar activamente a los docentes en el diseño e implementación de estas herramientas, es clave para asegurar su apropiación y sostenibilidad.

3. Consideraciones éticas: privacidad, sesgo y justicia algorítmica

El despliegue de la IA en el ámbito educativo plantea importantes desafíos éticos, que deben ser tratados como dimensiones centrales —y no acce-

sorias— de la política educativa. En primer lugar, la privacidad y protección de datos adquiere una importancia crucial. Herramientas como TeachFX graban, procesan y almacenan información altamente sensible, lo que obliga a establecer mecanismos de consentimiento informado, uso limitado y almacenamiento seguro (Demszky *et al.*, 2023).

En segundo lugar, existe un riesgo real de sesgos algorítmicos que perpetúen o incluso amplifiquen desigualdades existentes. Modelos entrenados con datos históricos pueden replicar patrones discriminatorios en procesos de selección, retroalimentación o recomendación de recursos (Baker y Hawn, 2021). Frente a ello, es indispensable avanzar hacia esquemas de “ética por diseño”, donde la transparencia, auditabilidad y rendición de cuentas sean condiciones mínimas para la adopción de cualquier solución basada en IA.

4. Limitaciones en la base de evidencia

Si bien el número de estudios sobre IA en educación está creciendo, la base de evidencia actual sigue siendo limitada en varios aspectos clave:

- Escasez de estudios longitudinales que permitan evaluar efectos sostenibles en el tiempo.
- Déficit de investigaciones comparativas entre diferentes tipos de IA y modalidades de implementación.
- Pocos análisis de implementación a escala, que permitan entender los factores que afectan la fidelidad, la aceptación y la eficacia en contextos reales.
- Ausencia generalizada de estudios de coste-efectividad, especialmente en países de ingresos medios y bajos.

Estas limitaciones dificultan la formulación de políticas basadas en evidencia robusta y contextualizada. Existe una necesidad urgente de inversión en investigación aplicada, especialmente en evaluaciones que combinen métodos cuantitativos rigurosos con estudios cualitativos de proceso.

5. Costes y sostenibilidad financiera

Finalmente, cualquier análisis serio sobre la adopción de IA en la política docente debe considerar los costes directos e indirectos asociados. Esto incluye no solo el desarrollo o adquisición de *software*, sino también *hardware*, conectividad, capacitación continua, soporte técnico, y mantenimiento de sistemas. La estimación del retorno sobre la inversión (ROI) es compleja, pero indispensable, especialmente considerando que muchos efectos potenciales son difusos o de largo plazo.

En contextos de alta restricción presupuestaria, como muchos sistemas de América Latina y el Caribe, es esencial establecer mecanismos para evaluar no solo la efectividad pedagógica, sino también la viabilidad y sostenibilidad financiera de cada innovación.

El potencial transformador de la IA en la profesión docente es real, pero su materialización requerirá una arquitectura institucional sólida, visión política de largo plazo, inversión en capacidades, y gobernanza ética. Ignorar estos desafíos no solo pone en riesgo la eficacia de las intervenciones, sino también su legitimidad social. En cambio, enfrentarlos con transparencia y estrategia puede posicionar a la IA no como una amenaza, sino como una palanca para fortalecer el profesionalismo docente y cerrar brechas históricas del sistema educativo.

IV. UN MARCO PARA LA INTEGRACIÓN DE LA IA EN LA PROFESIÓN DOCENTE

La integración efectiva de la inteligencia artificial (IA) en los sistemas educativos no puede concebirse como una simple adopción de tecnologías avanzadas, sino como un proceso de transformación deliberada que posicione al docente en el centro del diseño, implementación y evaluación de las intervenciones. En lugar de reemplazar la capacidad humana, este enfoque busca amplificar el rol pedagógico del docente, preservar la naturaleza relacional de la enseñanza y promover la equidad educativa a través del uso estratégico de herramientas algorítmicas.

Este marco propone una serie de principios políticos y operativos que pueden guiar a formuladores de política, tecnólogos educativos y líderes escolares en el diseño de intervenciones con IA que sean eficaces, éticas, contextualizadas y sostenibles.

1. Lineamientos de política para un ecosistema de IA docente

A partir de la evidencia analizada y los principios previamente discutidos, se identifican seis dimensiones prioritarias para una política pública de IA centrada en el fortalecimiento docente:

1. *Inversión estratégica en infraestructura digital*, priorizando regiones vulnerables con conectividad limitada y escasa disponibilidad de dispositivos.
2. *Desarrollo de capacidades docentes*, integrando la alfabetización en IA como componente esencial tanto de la formación inicial como del desarrollo profesional continuo.
3. *Fomento de ecosistemas híbridos de apoyo profesional*, combinando mentoría presencial con herramientas de IA que potencien el aprendizaje entre pares y la personalización del acompañamiento.
4. *Promoción de sistemas de selección y despliegue meritocrático y equitativo*, basados en algoritmos auditables y transparentes, con resguardos robustos contra sesgos algorítmicos.
5. *Establecimiento de marcos éticos y regulatorios* que garanticen la privacidad de los datos, el consentimiento informado y un uso responsable y contextualizado de las tecnologías.
6. *Impulso a la investigación aplicada*, promoviendo estudios longitudinales, análisis de coste-efectividad y diseños experimentales que informen decisiones basadas en evidencia.

Una gobernanza efectiva de la integración de la inteligencia artificial en la educación requiere

pensar más allá de intervenciones puntuales o soluciones tecnológicas aisladas. Se necesitan políticas de corto plazo —como el desarrollo profesional continuo, el acompañamiento pedagógico y el equipamiento básico— que permitan a los docentes actuales adoptar estas herramientas con propósito y confianza. Sin embargo, estas deben complementarse con estrategias de largo plazo que aborden transformaciones más estructurales: la inclusión progresiva de contenidos sobre IA en la formación inicial docente; el fortalecimiento de marcos curriculares que permitan su integración transversal (*cross-curricular*) en distintas áreas del conocimiento; y el desarrollo de capacidades en el aparato público para formular lineamientos técnicos, brindar apoyo contextualizado, y generar los estímulos necesarios para orientar su uso hacia el bien común (World Economic Forum, 2024; European School Education Platform, 2024). Sin una visión sistémica y sostenida en el tiempo, la adopción de IA corre el riesgo de fragmentarse o profundizar desigualdades existentes. La traducción de estas orientaciones en políticas concretas requiere un conjunto adicional de principios operativos de diseño, descritos a continuación.

2. Principios operativos para el diseño de intervenciones con IA

2.1. Determinar la relación IA-docente óptima

Toda intervención debe partir del reconocimiento de las ventajas comparativas relativas entre humanos y máquinas. La IA debe ser utilizada para tareas que se beneficien del análisis automatizado, la personalización a gran escala o la eficiencia operativa, mientras que los docentes deben conservar la responsabilidad de actividades que requieren juicio contextual, empatía, creatividad y liderazgo pedagógico.

- *Automatización selectiva y estratégica*, no generalizada.
- *Interfaz centrada en la agencia docente*, que le permita ajustar parámetros clave.
- *Sistemas diseñados para la complementariedad*, y no para la sustitución.

2.2. Arquitectura de "humano en el circuito" (human-in-the-loop)

El diseño técnico debe incluir mecanismos explícitos para la supervisión y la toma de decisiones humanas, especialmente en contextos de alta incertidumbre o impacto educativo.

- *Niveles de autonomía diferenciados* según la criticidad de la decisión.
- *Puntos de verificación pedagógica* donde el docente debe validar o ajustar las recomendaciones de la IA.
- *Interfaces comprensibles y adaptables* que faciliten el uso efectivo y transparente.

2.3. Tecnología adaptada al contexto educativo

El diseño técnico debe considerar las realidades operativas del sistema educativo, incluyendo las limitaciones de infraestructura, presupuesto y conectividad.

- *Soluciones con eficiencia de recursos*, funcionales incluso en condiciones subóptimas.
- *Arquitectura híbrida online/offline*, con sincronización progresiva.
- *Integración con plataformas existentes*, evitando la fragmentación tecnológica.

2.4. Base empírica y validación contextualizada

Las intervenciones deben fundarse en evidencia rigurosa, adaptada al contexto y centrada en múltiples dimensiones del valor educativo.

- *Evaluación multidimensional*: aprendizaje, equidad, bienestar, sostenibilidad.
- *Validación en contextos diversos*, no solo en entornos privilegiados.
- *Estándares de evidencia escalonados*, que reconozcan el estado de madurez tecnológica.

2.5. Implementación centrada en el cambio cultural

La adopción de la IA requiere una estrategia de cambio que considere factores culturales, sociales y emocionales que afectan el comportamiento docente.

- *Formación para el pensamiento crítico sobre IA*, no solo para el uso técnico.
- *Comunidades de práctica y mentoría entre pares*, que fomenten una apropiación progresiva.
- *Narrativas de transformación profesional*, más que de automatización o control.

2.6. Aprendizaje organizacional continuo

Los sistemas deben incorporar mecanismos de monitoreo, ajuste e innovación iterativa, aprendiendo activamente de la experiencia de implementación.

- *Telemetría ética* para recolectar datos sobre uso, fricciones y resultados.
- *Experimentación estructurada*, con ciclos rápidos de prueba y mejora.
- *Evolución adaptativa*, basada en patrones emergentes y retroalimentación de usuarios.

2.7. Gobernanza participativa y sostenibilidad sistémica

Toda innovación tecnológica en educación debe diseñarse con una visión sistémica, participativa y de largo plazo.

- *Modelos de gobernanza inclusiva*, con participación de docentes, estudiantes y líderes escolares.
- *Alineación con políticas y estándares nacionales*, curriculares y evaluativos.
- *Estrategias de escalabilidad planificada*, desde piloto hasta despliegue nacional.

3. Hacia una IA que potencie el profesionalismo docente

Este marco propone una visión para guiar la integración de la IA en la profesión docente, con el objetivo de diseñar intervenciones técnicamente sólidas, pedagógicamente relevantes y socialmente legítimas. Su implementación debe ser evaluada de manera continua, y adaptada según el aprendizaje institucional acumulado.

En el Apéndice 1, se presenta una herramienta práctica (*checklist*) para evaluar el grado de alineamiento de cualquier intervención con los principios aquí propuestos. Esta guía puede ser utilizada tanto por ministerios de educación como por organizaciones tecnológicas que busquen colaborar con el sector público.

La verdadera innovación educativa no reside únicamente en la sofisticación técnica de los modelos de IA, sino en su capacidad de ser adoptados voluntaria y naturalmente por los docentes como instrumentos que fortalecen su labor. Si una solución tecnológica consume demasiado tiempo, genera fricciones o no responde a prioridades pedagógicas reales, será rechazada —independientemente de su potencial teórico—.

Por el contrario, si se diseña con intencionalidad, humildad técnica y una comprensión profunda del entorno educativo, la IA puede convertirse en una aliada poderosa para ampliar capacidades humanas, personalizar el aprendizaje a gran escala, y construir un sistema educativo más justo, efectivo y centrado en las personas.

V. CONCLUSIÓN: HACIA UNA INTEGRACIÓN DE LA IA BASADA EN EVIDENCIA Y CENTRADA EN EL HUMANO

¿Reemplazará la inteligencia artificial a los docentes? A lo largo de este informe hemos sostenido que esta es una falsa dicotomía. En lugar de desplazar al educador humano, la IA puede —si se diseña e implementa de manera responsable— potenciar su labor y ampliar las fronteras de lo posible en el ámbito educativo.

La evidencia revisada sugiere que la IA está comenzando a transformar cada una de las dimensiones clave de la profesión docente. En línea con el marco “Docentes Exitosos, Alumnos Exitosos” del Banco Mundial, observamos avances en los cuatro principios analizados: 1) herramientas como chatbots vocacionales o mentoría asistida por IA pueden contribuir a hacer la profesión más atractiva; 2) la preparación inicial se beneficia de simulaciones pedagógicas y análisis automatizados de práctica docente; 3) algoritmos de asignación y selección centralizada aportan eficiencia y transparencia a procesos tradicionalmente opacos; y 4) nuevas formas de retroalimentación, tutoría y planificación personalizada permiten brindar apoyo profesional continuo más preciso y escalable.

No obstante, si bien algunas de estas innovaciones están respaldadas por evidencia rigurosa, muchas otras aún se encuentran en etapas incipientes y requieren validación empírica adicional. Además, su efectividad depende, en gran medida, del contexto: herramientas que muestran resultados prometedores en pequeños pilotos no siempre escalan con igual éxito, especialmente en entornos de bajos recursos.

Más allá del reemplazo: una redefinición del rol docente

A pesar del entusiasmo tecnológico, un mensaje fundamental emerge con claridad: la IA no reemplazará al docente humano, ni debe intentarlo. La enseñanza efectiva requiere juicio contextual, sensibilidad cultural, empatía interpersonal y adaptabilidad pedagógica, dimensiones donde la inteligencia humana conserva una ventaja estructural. Lejos de presenciar el “fin de la experticia”, estamos ante su transformación más profunda.

Como lo ha documentado Eric Topol en el campo de la medicina, existen escenarios donde sistemas autónomos de IA superan incluso a expertos asistidos por IA en tareas específicas. Sin embargo, esto no invalida el papel del profesional humano, sino que redefine su rol en términos de supervisión, interpretación crítica y acción contextualizada.

En el caso de la docencia, esta transformación implica el desarrollo de nuevas formas de experticia, entre las que destacan:

1. *Metaexperticia*: la capacidad de calibrar el uso de la IA con discernimiento profesional, sabiendo cuándo delegar, cuestionar o anular sus recomendaciones.
2. *Juicio ético y contextual*: la IA puede generar opciones, pero los docentes siguen siendo fundamentales para interpretar esas recomendaciones dentro de marcos éticos y realidades educativas diversas.
3. *Síntesis creativa y resolución de problemas complejos*: los docentes conservan la ventaja en tareas no estructuradas, interdisciplinarias y socialmente complejas, donde la IA aún es limitada.
4. *Conexión humana y acompañamiento socioemocional*: el vínculo formativo, la motivación, la inspiración y la mentoría siguen siendo insustituibles y, en muchos sentidos, más necesarios que nunca.

En este sentido, la IA no debe entenderse como una amenaza, sino como una amplificadora de la capacidad humana. Herramientas como TeachFX, Khamigo o los generadores de planes de clase no sustituyen el juicio docente, sino que lo liberan para tareas más complejas y significativas: la personalización del aprendizaje, el desarrollo de competencias críticas, la tutoría individualizada y la construcción de comunidades de aprendizaje.

Requisitos para una integración responsable

Para que este potencial se materialice, los sistemas educativos deberán adaptarse con urgencia a esta nueva realidad colaborativa entre humanos y máquinas. Esto requiere una agenda estratégica de transformación educativa, centrada en tres pilares:

- *Inversión sostenida en infraestructura digital equitativa*, particularmente en contextos vulnerables.

- *Formación docente continua y contextualizada*, que integre la alfabetización en IA no solo como competencia técnica, sino como dimensión ética y pedagógica.
- *Marcos de gobernanza robustos y participativos*, que regulen el uso de la IA de manera transparente, ética y orientada al bien común.

Además, será necesario fomentar entornos de innovación responsable donde la evidencia, la experimentación estructurada y la voz docente guíen el diseño de las soluciones tecnológicas.

Hacia un futuro de colaboración aumentada

La visión de futuro que se propone no es la de una automatización total, ni la de una resistencia nostálgica a la tecnología, sino la de ecosistemas educativos aumentados, donde la IA amplifica el impacto del docente humano y lo libera para centrarse en aquello que solo él puede ofrecer: formar ciudadanos críticos, creativos, éticos y empáticos.

Retomando la discusión inicial, este artículo ha mostrado que concebir la IA exclusivamente como una herramienta para aligerar la carga administrativa docente es insuficiente. La evidencia revisada demuestra que su integración estratégica puede dar lugar a nuevas capacidades pedagógicas, como el acompañamiento personalizado a gran escala (por ejemplo, a través de sistemas de tutoría inteligentes como ALEKS), la generación de materiales adaptativos en tiempo real, o la facilitación de procesos de mentoría continua en contextos de alta rotación docente. Lejos de una lógica de reemplazo, estas aplicaciones sugieren una redefinición del rol profesional centrada en la colaboración aumentada. En este marco, la IA no desplaza al educador, sino que expande su campo de acción, permitiéndole concentrarse en aquellas dimensiones del aprendizaje donde su intervención resulta insustituible.

Es previsible que, a medida que los sistemas educativos avancen hacia una mayor madurez institucional, acumulen evidencia más robusta y se clarifique el alcance real de la inteligencia artificial en el ámbito pedagógico, el debate deje atrás los

temores iniciales vinculados al posible reemplazo del docente. En esa transición, el foco se desplazará hacia una reflexión más sustantiva y necesaria: cómo evoluciona el rol profesional del docente en contextos donde emergen herramientas tecnológicas dotadas de capacidades crecientes para procesar información, automatizar decisiones instruccionales y replicar —aunque de forma parcial— ciertos aspectos de la cognición humana. Este escenario no exige una simple adaptación funcional, sino una revisión deliberada de los marcos que sustentan la práctica docente, incluyendo sus dimensiones epistemológicas, éticas y relacionales, con miras a preservar su centralidad en la formación integral de los estudiantes (OECD, 2023).

El éxito de esta integración dependerá no tanto del poder computacional de los algoritmos, sino de la capacidad de los sistemas para preservar y potenciar el valor humano en el corazón del proceso educativo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acquah, S. y Nyaaba, M. (2019).** Access, use and challenges of adopting TESSA Science OER by basic school science teachers in Ghana. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, 7.
- Ajzenman, N., Elacqua, G., Jaimovich, A. y Pérez-García, G. (2023).** *Humans versus Chatbots: Scaling-up Behavioral Interventions to Reduce Teacher Shortages*. Washington, DC: Inter-American Development Bank.
- Arteaga, F., Kapor, A. J., Neilson, C. A. y Zimmerman, S. D. (2022).** Smart matching platforms and heterogeneous beliefs in centralized school choice. *The Quarterly Journal of Economics*, 137(3), 1791-1848.
- Baker, R. S. y Hawn, A. (2021).** Algorithmic bias in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(4), pp. 1052-1092.
- Béteille, T. y Evans, D. K. (2021).** *Successful Teachers, Successful Students: Recruiting and Supporting Society's Most Crucial Profession*. Washington, DC: World Bank.
- Bruns, B., Costa, L. y Cunha, N. (2018).** Through the looking glass: Can classroom observation and coaching improve teacher performance in Brazil? *Economics of Education Review*, 64, pp. 214-250.
- Cilliers, J., Fleisch, B., Kotze, J., Mohohlwane, N., Taylor, S. y Thulare, t. (2021).** Can Virtual Replace In-person Coaching? Experimental Evidence on Teacher Professional Development and Student Learning in South Africa. *RISE Working Paper Series*, 20/050.
- Cilliers, J., Fleisch, B., Prinsloo, C. y Taylor, S. (2019).** How to improve teaching practice? An experimental comparison of centralized training and in-classroom coaching. *Journal of Human Resources*, 56, 0618-9538R1.
- Cruz-Aguayo, y., Ibararán, P. y Schady, N. (2017).** Do tests applied to teachers predict their effectiveness? *Economics Letters*, 159, 108-111.
- Dell'Acqua, F., McFowland iii, E., Mollick, E., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K. C., Rajendran, S., Kraymer, I., Candelon, F. y Lakhani, K. R. (2023).** Navigating the Jagged Technological Frontier: Field Experimental Evidence of the Effects of AI on Knowledge Worker Productivity and Quality. *Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Working Paper*, n.º 24-013. The Wharton School Research Paper.
- Demszky, D., Liu, J., Hill, H. C., Sanghi, S. y Chung, A. (2023).** Improving Teachers' Questioning Quality through Automated Feedback: A Mixed-Methods Randomized Controlled Trial in Brick-and-Mortar Classrooms. *EdWorkingPaper*, N.º 23-875.
- Elacqua, G., Figueroa, N., Fontaine, A., Margitic, J. F. y Méndez, C. (2023).** *COVID-19 Exodus: Parent preferences for public schools in Peru*. Manuscrito no publicado.
- Elacqua, G., Gómez, I., Krussig, T., Marotta, I., Méndez, C. y Neilson, C. A. (2022).** The potential of smart matching platforms in teacher assignment: The case of Ecuador. *IDB Working Paper Series*, N.º IDB-WP-01395.
- Estrada, R. (2015).** Rules Rather than Discretion: Teacher Hiring and Rent Extraction. *EUI Working Paper MWP*, 2015/14. European University Institute.
- European School Education Platform (2024).** *Adapting for the Future, Responsibly: Integrating AI in Teaching and Learning*. <https://school-education.ec.europa.eu/en/discover/practice/adapting-future-responsibly-integrating-ai-teaching-and-learning>
- The Higher Education Review (2024).** Estonia Launches AI Leap Program to Transform Education. <https://www.thehighereducationreview.com/engineering/news/>

- estonia-launches-ai-leap-program-to-transform-education-nid-5591.html
- INEP/MEC (2005).** *Vencendo o Desafio da Aprendizagem nas Séries Iniciais: A Experiência de Sobral/ICE*. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais.
- Nguyen, T. y Elbanna, A. (2025).** Understanding Human-AI Augmentation in the Workplace: A Review and a Future Research Agenda. *Information Systems Frontiers*, 1-21.
- Molina, E., Cobo, C., Pineda, J. y Rovner, H. (2024).** AI revolution in education: What you need to know. *Digital Innovations in Education Brief*, n.º 1. Washington, DC: World Bank.
- Molina, E., Cobo, C., Rovner, H., Novali, A. y Pineda, J. A. (2022).** *Ceibal: Transformando la educación a través del uso inteligente de la tecnología*. Washington, DC: Banco Mundial.
- OECD (2023).** *Teaching as a Profession in the Age of Artificial Intelligence*. Paris : OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/teaching-as-a-profession-in-the-age-of-ai-5f2bff1e-en.htm>
- Piper, B., Sitabkhan, y., Mejía, J. y Betts, K. (2018).** *Effectiveness of Teachers' Guides in the Global South: Scripting, Learning Outcomes, and Classroom Utilization*. Research Triangle Park, NC: RTI Press.
- Stockard, J., Wood, T. W., Coughlin, C. y Khoury, C. R. (2018).** The effectiveness of direct instruction curricula: A meta-analysis of a half century of research. *Review of Educational Research*, 88(4), 479-507.
- Topol, E. (2025).** *When doctors with AI are outperformed by AI alone*. Ground Truths Substack. <https://open.substack.com/pub/erictopol>
- Wang, R. E., Ribeiro, A. T., Robinson, C. D., Loeb, S. y Demszky, D. (2025).** Tutor CoPilot: A Human-AI Approach for Scaling Real-Time Expertise. *arXiv preprint arXiv:2410.03017*.
- World Economic Forum. (2024).** *Shaping the Future of Learning: The Role of AI in Education 4.0*. Davos, Suiza: World Economic Forum. <https://www.weforum.org/stories/2024/07/artificial-intelligence-education-teachers-union>

ANEXO

Para facilitar la aplicación práctica de estos principios, proponemos una herramienta de evaluación que permite verificar el grado de alineamiento de cualquier intervención con los principios fundamentales:

1. Complementariedad IA-docente

- ¿Se han identificado claramente qué tareas serán automatizadas y cuáles requieren juicio docente?
 Sí No
- ¿La solución posiciona al docente como orquestador del sistema, no como usuario pasivo?
 Sí No
- ¿Existe un equilibrio adecuado entre eficiencia tecnológica y autonomía pedagógica?
 Sí No

2. Arquitectura "Humano en el Circuito"

- ¿Se han definido puntos específicos donde se requiere intervención docente?
 Sí No
- ¿Existen mecanismos para que los docentes modifiquen o anulen recomendaciones algorítmicas?
 Sí No
- ¿La transparencia del sistema permite que los docentes entiendan el razonamiento detrás de las sugerencias?
 Sí No

3. Infraestructura tecnológica adecuada

- ¿La solución funciona en condiciones de conectividad limitada o intermitente?
 Sí No
- ¿Los requerimientos de hardware son compatibles con la realidad tecnológica de las escuelas objetivo?
 Sí No
- ¿La implementación se integra con sistemas y plataformas educativas existentes?
 Sí No

4. Experiencia de usuario y usabilidad

- ¿La interfaz ha sido diseñada específicamente para docentes, no adaptada de otros contextos?
 Sí No
- ¿Se han realizado pruebas de usabilidad con docentes de diversos niveles de alfabetización digital?
 Sí No
- ¿El tiempo requerido para aprender a usar la herramienta es proporcional al valor que aporta?
 Sí No

- ¿La experiencia de usuario es intuitiva y reduce la carga cognitiva en lugar de aumentarla?
 Sí No
- ¿Existe retroalimentación visual clara que confirma acciones y resultados?
 Sí No

5. Evidencia y validación

- ¿Contamos con evidencia preliminar sobre efectividad en contextos similares al de implementación?
 Sí No
- ¿Se han evaluado impactos no solo en aprendizaje sino en bienestar docente y equidad?
 Sí No
- ¿La solución ha sido probada con poblaciones diversas para identificar posibles sesgos?
 Sí No

6. Capacitación y cambio cultural

- ¿Existe un plan de desarrollo profesional que va más allá del uso técnico de la herramienta?
 Sí No
- ¿Se han identificado y capacitado "docentes campeones" que pueden modelar la adopción?
 Sí No
- ¿La narrativa de implementación enfatiza empoderamiento docente, no reemplazo o control?
 Sí No

7. Sistemas de mejora continua

- ¿Existen mecanismos éticos para recopilar datos sobre patrones de uso y desafíos?
 Sí No
- ¿Se ha establecido un ciclo de retroalimentación regular con los usuarios docentes?
 Sí No
- ¿La arquitectura técnica permite actualizaciones e iteraciones basadas en aprendizajes del campo?
 Sí No

8. Sostenibilidad y escalabilidad

- ¿El modelo de financiamiento contempla costos más allá de la implementación inicial?
 Sí No
- ¿Existe un plan para transferir capacidades técnicas a equipos locales?
 Sí No
- ¿La gobernanza del proyecto incluye representación significativa de la comunidad educativa?
 Sí No

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN: OPORTUNIDADES, RETOS Y EQUIDAD EN UN NUEVO PARADIGMA DE APRENDIZAJE

Almudena Sevilla

London School of Economics

Pilar Cuevas-Ruiz

London School of Economics y Universidad de Sevilla

Luz Rello

IE

Ismael Sanz

Funcas, URJC y LSE

Resumen

Este artículo analiza el impacto de la inteligencia artificial generativa en el ámbito educativo, comparando el rendimiento de sistemas como GPT-4 con el de estudiantes en pruebas PISA y PIAAC. Se identifican oportunidades, como el potencial de la IA para apoyar la enseñanza en lectura y ciencias, y retos como la equidad digital y las brechas socioeconómicas en el acceso a estas tecnologías. A través de evidencia empírica y datos de Google Trends, se muestra cómo el uso de ChatGPT en educación se ha expandido en España de manera desigual, aunque en el último año se ha producido una tendencia hacia la convergencia territorial.

Palabras clave: inteligencia artificial, educación, brecha digital, equidad, PISA, PIAAC, ChatGPT, aprendizaje.

Abstract

This paper examines the impact of generative artificial intelligence on education, comparing the performance of models like GPT-4 with students in PISA and PIAAC assessments. It identifies opportunities—such as AI's potential to support reading and science education—and challenges, including digital equity and socioeconomic disparities in access. Using empirical evidence and Google Trends data, the article shows that ChatGPT usage in Spain's educational sector initially expanded unevenly but is now showing signs of regional convergence.

Keywords: artificial intelligence, education, digital divide, equity, PISA, PIAAC, ChatGPT, learning.

JEL classification: C83, I21, J24, O33.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) ha pasado de ser una herramienta integrada en múltiples aspectos de la vida cotidiana. En especial, la irrupción de los modelos generativos de lenguaje natural, como ChatGPT, ha transformado radicalmente la manera en que las personas acceden a la información, interactúan con contenidos digitales y desarrollan procesos de aprendi-

zaje. Esta revolución tecnológica ha desencadenado una reflexión profunda sobre el papel que debe desempeñar la educación en un mundo donde el conocimiento está al alcance de un clic y donde las capacidades cognitivas de las máquinas avanzan a una velocidad sin precedentes.

Este artículo se plantea una pregunta clave: ¿cómo puede la irrupción de la inteligencia artificial (IA), y en particular de los modelos generativos

de lenguaje como ChatGPT, transformar el aprendizaje en los sistemas educativos sin agravar las desigualdades existentes? Esta cuestión resulta cada vez más urgente, ya que la IA ha dejado de ser una tecnología de futuro para convertirse en una realidad cotidiana que redefine la forma en que las personas acceden a la información, interactúan con contenidos digitales y desarrollan procesos de aprendizaje.

La importancia de responder a esta pregunta radica en que la incorporación de estas tecnologías, si no se hace de forma reflexiva y equitativa, puede acentuar desigualdades educativas preexistentes. La velocidad a la que avanzan las capacidades de la IA amenaza con desbordar los marcos institucionales y pedagógicos tradicionales, generando una brecha entre quienes pueden aprovechar sus beneficios y quienes quedan rezagados. Si los sistemas educativos no se adaptan a tiempo, corren el riesgo de perpetuar nuevas formas de exclusión digital y limitar las oportunidades de aprendizaje precisamente en los contextos que más lo necesitan.

En este contexto, los sistemas educativos enfrentan una doble tarea. Por un lado, deben preparar a los estudiantes para convivir con tecnologías que replican —e incluso superan— ciertas competencias humanas. Por otro, deben garantizar que esta transición no profundice las desigualdades, sino que contribuya a una educación más equitativa e inclusiva. La IA no debe entenderse únicamente como un instrumento para automatizar tareas o aumentar la eficiencia. Implica también promover una nueva cultura del aprendizaje basada en la creatividad, la autonomía, el pensamiento crítico y la responsabilidad ética. Un enfoque integral debe combinar innovación tecnológica con inclusión educativa, evitando que las brechas digitales existentes se amplíen con la expansión de estas herramientas. Así, el uso de la IA en educación debe orientarse hacia la equidad, asegurando que todos los estudiantes, independientemente de su origen socioeconómico, puedan beneficiarse de sus ventajas.

Además, la rápida evolución de las capacidades de la IA en tareas cognitivas fundamentales plantea preguntas sobre los desafíos que supondrá para el empleo y sobre cómo deberían adaptarse

los sistemas educativos. Una posible vía de actuación es que la educación y la formación ayuden a las personas a mantenerse al ritmo del progreso de la IA mediante la mejora de sus competencias básicas. Fortalecer las habilidades en lectura, matemáticas y ciencias no solo es crucial para seguir siendo competitivos en entornos laborales digitalizados, sino que también constituye la base para adquirir nuevas competencias y acceder a aprendizajes futuros.

Para abordar estas cuestiones, el artículo se estructura en cinco secciones. Tras esta introducción, la segunda parte presenta los resultados más recientes sobre las capacidades de la inteligencia artificial generativa comparadas con las de los estudiantes, utilizando las pruebas PISA y PIAAC. La tercera sección examina los retos de equidad y accesibilidad digital que plantea la integración de la IA en los sistemas educativos. La cuarta sección aborda un estudio de caso sobre el uso real de ChatGPT en España a partir de datos de Google Trends. Por último, el quinto apartado recoge las principales conclusiones y propone recomendaciones para una adopción justa y efectiva de estas tecnologías en educación.

II. OPORTUNIDADES: CAPACIDADES DE LA IA Y NUEVAS COMPETENCIAS EDUCATIVAS

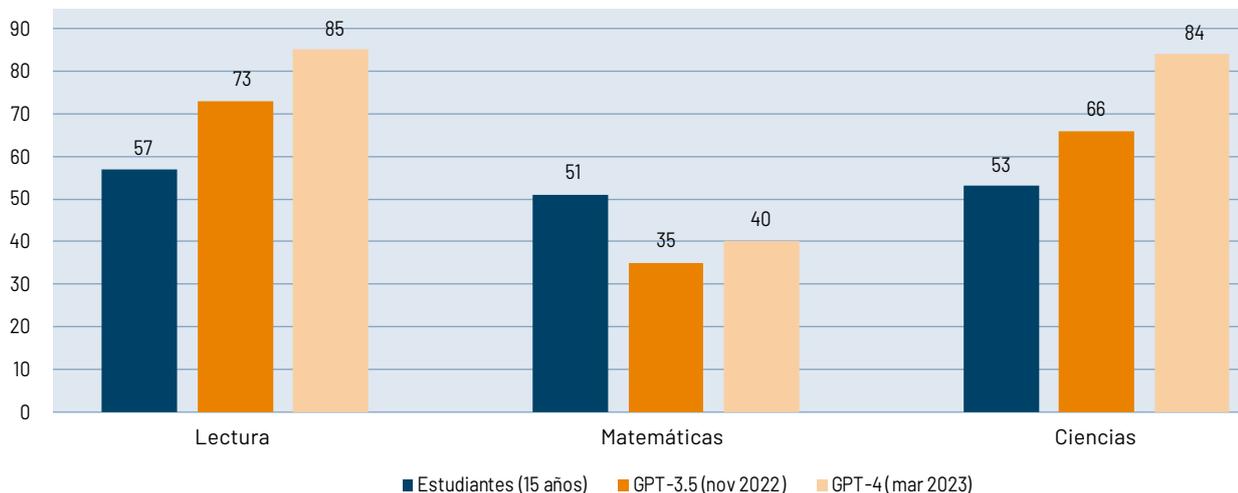
Los desarrollos recientes en inteligencia artificial (IA), particularmente en el ámbito del procesamiento del lenguaje natural, están redefiniendo el alcance de las habilidades cognitivas que pueden ser replicadas por sistemas automatizados. Esta transformación plantea un desafío fundamental: identificar hasta qué punto las habilidades humanas siguen siendo insustituibles y en qué medida pueden ser complementadas —o incluso superadas— por sistemas de IA. Con este objetivo, la OCDE (Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de la Población Adulta) (2023) llevó a cabo una evaluación comparativa del rendimiento de modelos de lenguaje generativo de gran tamaño (LLMs, por sus siglas en inglés) frente a estudiantes de 15 años de los países que componen la OCDE en tareas de lectura, matemáticas y ciencias del programa PISA.

La OCDE publica cada tres años los resultados de PISA, la prueba que evalúa las competencias de los alumnos de 15 años en lectura, matemáticas y ciencias. El promedio de la puntuación de la OCDE en esta evaluación se fijó en 500 puntos en edición inicial de cada competencia (2.000 lectura, 2.003 matemáticas y 2.006 ciencias). Cada edición se centra en una de las tres competencias, lo que significa que cerca de dos tercios de las pruebas se centran en esa área y la estimación de sus resultados es más precisa que las de las otras dos materias secundarias. En 2018, la competencia principal fue lectura, en 2022 matemáticas y en 2025 está siendo ciencias. PISA 2022 incluirá también además pensamiento creativo y PISA 2025 las competencias en un idioma extranjero. La comparación se realizó utilizando ítems liberados oficialmente por la OCDE, lo que permite una evaluación directa y estandarizada de las capacidades de los modelos GPT-3.5 (noviembre 2022) y GPT-4 (marzo 2023). El gráfico 1 muestra el porcentaje de acier-

tos obtenidos por estudiantes de 15 años, GPT-3.5 y GPT-4 en cada una de las tres áreas de la prueba. El análisis revela una asimetría significativa en el rendimiento relativo de los modelos de IA según el dominio evaluado. En lectura, GPT-4 obtiene un 85 por 100 de aciertos, seguido de GPT-3.5 con un 73 por 100, frente al 57 por 100 del alumnado. Esta diferencia de 28 puntos entre GPT-4 y los estudiantes indica que las habilidades de comprensión textual, inferencia y análisis lingüístico son replicables –e incluso mejorables– mediante sistemas entrenados masivamente con corpus textuales. El rendimiento superior de GPT sugiere una capacidad no solo para decodificar información, sino para estructurar respuestas coherentes en función del contexto, una competencia clave en los entornos laborales actuales. En Ciencias, el tipo de razonamiento requerido es más aplicado y contextual que en lectura. Aun así, los modelos también superan con claridad a los estudiantes: GPT-4 alcanza un 84 por 100, frente al 66 por 100 de GPT-3.5 y al 53

GRÁFICO 1
GPT Y RENDIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES EN PISA

Porcentaje de preguntas correctamente respondidas por estudiantes, GPT-3.5 y GPT-4 en ítems liberados de las pruebas PISA



Nota: Las barras reflejan el porcentaje de preguntas respondidas correctamente por estudiantes de 15 años, GPT-3.5 y GPT-4 en ítems liberados de lectura, matemáticas y ciencias. En el caso de los estudiantes, los porcentajes se calcularon a partir de la información disponible públicamente sobre su rendimiento, utilizando el banco de ítems liberados de PISA. Para los sistemas GPT, los porcentajes se calcularon promediando las puntuaciones obtenidas por los modelos en todos los ítems. El número de ítems de PISA utilizados en este estudio fue de 44 para lectura, 42 para matemáticas y 34 para ciencias. Estos ítems liberados se utilizaron en las encuestas principales e incluyen información sobre la dificultad de cada pregunta, el porcentaje de estudiantes que la respondieron correctamente y las competencias evaluadas en cada dominio.

Fuente: OCDE (2023). *Putting AI to the text*. https://www.oecd.org/en/publications/putting-ai-to-the-test_2c297e0b-en.html

por 100 de los alumnos. Es decir que los modelos no solo interpretan textos científicos, sino que también infieren hipótesis, reconocen relaciones causales y operan con conceptos abstractos. Esta capacidad tiene implicaciones profundas para la enseñanza de ciencias, donde la transmisión de conocimientos básicos puede ser fácilmente automatizada, dando la oportunidad a que la enseñanza se centre en habilidades experimentales y críticas.

En contraste con los dos dominios anteriores, en Matemáticas la ventaja se revierte. Los estudiantes resuelven correctamente el 51 por 100 de los ítems, superando tanto a GPT-3.5 (35 por 100) como a GPT-4 (40 por 100). Si bien se observa una mejora entre versiones (GPT mejora su rendimiento en 5 puntos porcentuales entre noviembre de 2022 y marzo de 2023), el rendimiento de los modelos sigue siendo sustancialmente inferior al de los estudiantes de 15 años de los países de la OCDE. Las matemáticas, especialmente las tareas que implican razonamiento abstracto, manipulación sim-

bólica o resolución paso a paso, continúan siendo un área en la que los LLM encuentran dificultades. Esta diferencia evidencia que el razonamiento lógico secuencial aún no es una competencia plenamente internalizada por la IA, posiblemente porque se basa en estructuras cognitivas más robustas que las estadísticas de lenguaje. Las matemáticas se consideran, en general, una tarea difícil para la inteligencia artificial, de modo que la IA todavía no ha logrado dominar las pruebas de razonamiento cuantitativo (Choi, 2021; Hendrycks *et al.*, 2021).

En conjunto, el gráfico 1 pone de relieve dos conclusiones clave. En primer lugar, que la IA ha superado ya a los estudiantes en tareas complejas de procesamiento textual y razonamiento científico. En segundo lugar, que aún existen nichos cognitivos —como el razonamiento matemático formal— donde la ventaja humana se mantiene. Sin embargo, la rapidez en la mejora del rendimiento entre GPT-3.5 y GPT-4 plantea la posibilidad de que esa ventaja sea transitoria.

RECUADRO 1

EJEMPLO DE PREGUNTA DE PISA, PUNTUACIÓN Y VALORACIÓN CON CHATGPT (OCDE, 2023A)

El Centro de la OCDE para la Investigación e Innovación Educativa (CERI) trabajó con expertos en ciencias de la computación para poner a prueba a GPT-3.5 y GPT-4 utilizando preguntas del programa PISA. La evaluación se centró en tres competencias: lectura (44 ítems), matemáticas (42 ítems) y ciencias (34 ítems). Todos los ejercicios fueron seleccionados de las versiones de PISA que han sido publicadas abiertamente correspondientes a las ediciones de 2000, 2003 y 2006. Los modelos GPT fueron evaluados con materiales accesibles públicamente, por lo que no se puede descartar que sus respuestas estuvieran condicionadas por haber sido entrenados con contenidos iguales o similares disponibles en línea.

La metodología empleada para valorar el desempeño de los modelos consistió en varias etapas. En primer lugar, se extrajeron manualmente las preguntas en formato de texto plano a partir de los documentos PDF originales, excluyendo cualquier contenido no textual —como gráficos o esquemas— que no puede ser

procesado por modelos de lenguaje que solo aceptan texto. La evaluación de las respuestas fue realizada manualmente por el equipo investigador utilizando como referencia las soluciones oficiales de PISA. La puntuación final se calculó en función del porcentaje de respuestas correctas, otorgándose 0,5 puntos a las respuestas parcialmente correctas.

A) Pregunta original de PISA:

El Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE) del Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes tiene en su web las preguntas de PISA liberadas por la OCDE <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/inee/publicaciones/items-liberados/pisa-ocde.html>

Un ejemplo de una pregunta de PISA matemáticas es la referida a un monopatín:

Marcos es un gran fan del monopatín. Entra en una tienda denominada PATINADORES para mirar algunos

RECUADRO 1 (continuación)

EJEMPLO DE PREGUNTA DE PISA, PUNTUACIÓN Y VALORACIÓN CON CHATGPT (OCDE, 2023A)

precios. En esta tienda puedes comprar un monopatín completo. Pero también puedes comprar una tabla, un juego de cuatro ruedas, un juego de dos ejes y un conjunto de piezas para ensamblar los tres componentes anteriores y montar tu propio monopatín. Los precios de los productos de la tienda son:

PRODUCTO	PRECIO EN ZEDS
Monopatín completo	82 o 82
Tabla	40, 60 o 65
Un juego de cuatro ruedas	14 o 36
Un juego de dos ejes	16
Un juego de piezas para montar (cojinetes, almohadillas de goma, tornillos y tuercas)	10 o 20

Pregunta 1

Marcos quiere montar su propio monopatín. ¿Cuál es el precio mínimo y el precio máximo de los monopatines montados por uno mismo en esta tienda?

- a) Precio máximo: zeds
- b) Precio mínimo: zeds

Pregunta 2

La tienda ofrece tres tablas diferentes, dos juegos diferentes de ruedas y dos conjuntos diferentes de piezas para montar. Solo hay un juego de ejes para elegir. ¿Cuántos monopatines distintos puede construir Marcos?

- a) 6
- b) 8
- c) 10
- d) 12

Pregunta 3

Marcos tiene 120 zeds para gastar y quiere comprar el monopatín más caro que pueda. ¿Cuánto dinero puede gastar Marcos en cada uno de los cuatro componentes? Escribe tu respuesta en la tabla de abajo.

COMPONENTE	CANTIDAD (ZEDS)
Tabla	
Ruedas	
Ejes	
Piezas para ensamblar	

B) Pregunta de PISA extraída para GPT:

Marcos es un gran fan del monopatín. Entra en una tienda denominada PATINADORES para mirar algunos precios. En esta tienda puedes comprar un monopatín completo. Pero también puedes comprar una tabla, un juego de cuatro ruedas, un juego de dos ejes y un conjunto de piezas para ensamblar los tres componentes anteriores y montar tu propio monopatín. Los precios de los productos de la tienda son:

PRODUCTO	PRECIO EN ZEDS
Monopatín completo	82 o 82
Tabla	40, 60 o 65
Un juego de cuatro ruedas	14 o 36
Un juego de dos ejes	16
Un juego de piezas para montar (cojinetes, almohadillas de goma, tornillos y tuercas)	10 o 20

C) Criterios de corrección

Máxima puntuación:

Código 21: Tanto el mínimo (80) como el máximo (137) correctos.

Puntuación parcial:

Código 11: Solo el mínimo (80) correcto.
Código 12: Solo el máximo (137) correcto.

Sin puntuación:

Código 00: Otras respuestas.
Código 99: Sin respuesta.

Dificultad:

- Puntuación 2: 496 (nivel 3)
- Puntuación 1: 464 (nivel 2)

Porcentaje de aciertos:

Puntuación 2

OCDE: 66,7 por 100
España: 66,6 por 100

Puntuación 1

OCDE: 10,6 por 100
España: 10,1 por 100

Más allá de comparar directamente el rendimiento de modelos de lenguaje con el de estudiantes, la OCDE (2023b) ha desarrollado un segundo enfoque metodológico para valorar las capacidades de la IA. En lugar de observar el comportamiento de los sistemas frente a las pruebas, este segundo método se basa en el juicio experto para estimar si la IA, utilizando las tecnologías actuales, sería capaz de resolver las tareas del *Survey of Adult Skills* del programa PIAAC. Esta estrategia, recogida en el capítulo 3 del informe *Is Education Losing the Race with Technology?* (OCDE, 2023b), consiste en presentar a un grupo de expertos en inteligencia artificial las preguntas de lectura (alfabetización) y matemáticas (numeración) del Programa para la Evaluación Internacional de Competencias de Adultos (PIAAC, por sus siglas en inglés), con el fin de que valoren hasta qué punto un sistema podría resolverlas con acierto. PIAAC es una iniciativa de la OCDE que se considera una versión para adultos del programa PISA. Evalúa competencias clave en comprensión lectora, matemáticas y resolución de problemas en entornos tecnológicos (denominada “resolución de problemas adaptativos”) entre personas de 16 a 65 años. A través de una escala de 0 a 500 puntos, el rendimiento en lectura y matemáticas se organiza en seis niveles de dificultad, desde “por debajo del nivel 1” hasta el nivel 5, mientras que en resolución de problemas el nivel 5 no está definido. Las tareas están diseñadas para reflejar situaciones reales en los ámbitos del trabajo, la vida cotidiana, la comunidad y la educación. PIAAC permite comparar la preparación de la población adulta para afrontar las exigencias cognitivas del mundo contemporáneo, ofreciendo datos sobre el grado de alfabetización funcional de los adultos, su capacidad de razonamiento cuantitativo y su competencia digital. En este contexto, la OCDE ha desarrollado una metodología innovadora para estimar si los sistemas de inteligencia artificial serían capaces de superar estas pruebas, lo cual se convierte en un indicador revelador del potencial y los límites actuales de la IA en dominios cognitivos complejos.

Las tareas del PIAAC miden competencias funcionales en contextos reales —como interpretar gráficos, gestionar información escrita o realizar cálculos básicos—, y están diseñadas para reflejar las demandas cognitivas de la vida diaria y el entor-

no laboral. El panel estuvo compuesto por quince especialistas internacionales en áreas como el razonamiento automatizado, la comprensión de lenguaje, la representación del conocimiento o el razonamiento matemático. Siguiendo una adaptación del método Delphi, los expertos evaluaron 113 ítems (57 de lectura y 56 de matemáticas), asignando a cada uno una probabilidad —de 0 a 100 por 100— de que la IA pudiera resolverlo. Además, se les pidió que justificaran sus valoraciones, identificaran las partes de la tarea que podrían ser abordadas por la IA y, al finalizar, proyectaran su evolución de cara a 2026.

A diferencia del estudio piloto de 2016 (Elliott, 2017), la nueva edición introdujo mejoras metodológicas sustanciales: mayor interacción entre los participantes, revisión iterativa de respuestas y recogida sistemática de comentarios cualitativos. Esta aproximación permitió no solo obtener una medida agregada de la capacidad actual de la IA en tareas del PIAAC, sino también captar el grado de consenso (o desacuerdo) entre los expertos, especialmente en el dominio de matemáticas, donde las opiniones resultaron más divididas.

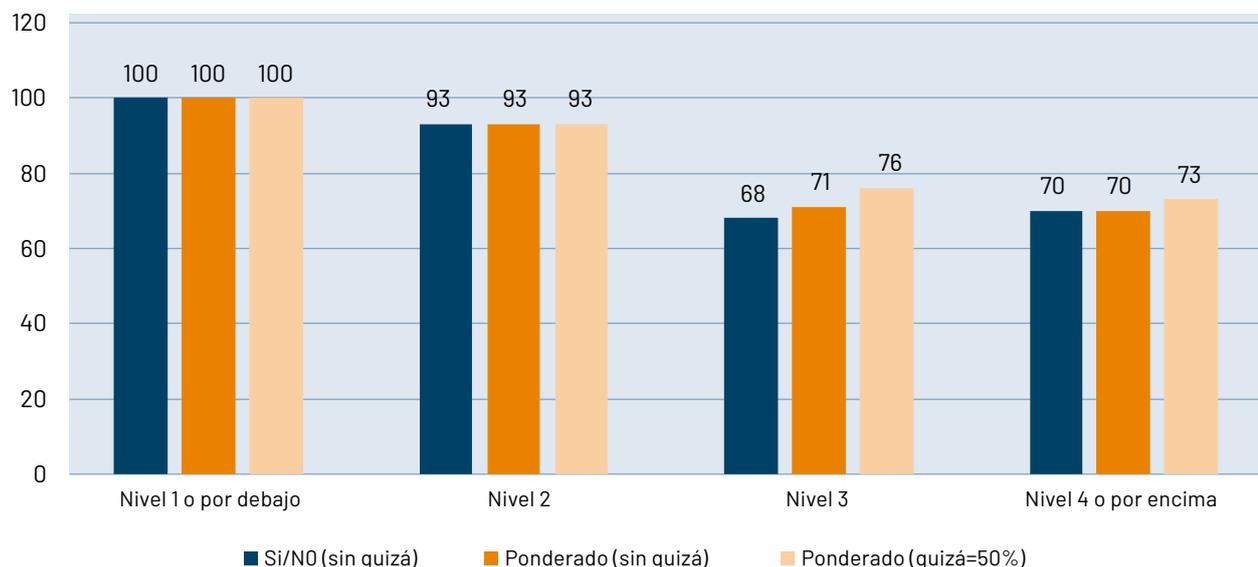
Este segundo enfoque —desarrollado también por la OCDE (2023b)— resulta útil para explorar los límites y posibilidades de la IA sin depender de un único sistema o versión concreta. En lugar de observar el rendimiento observado, capta el potencial de la tecnología en función del conocimiento experto acumulado. Los resultados permiten construir indicadores ajustados por nivel de dificultad, nivel de confianza y grado de incertidumbre, ofreciendo así una imagen más matizada del estado actual y futuro de la IA en relación con las competencias humanas fundamentales.

La valoración de los expertos se organizó en torno a tres grandes ejes: el rendimiento estimado de la IA según el nivel de dificultad de las preguntas, el grado de acuerdo y desacuerdo entre expertos, y la comparación con los niveles de competencia típicos en la población adulta. A ello se suman reflexiones cualitativas sobre el alcance real de la IA en estas competencias fundamentales. Los resultados de la evaluación en lectura indican que la inteligencia artificial actual, especialmente en sus

GRÁFICO 2

RENDIMIENTO DE LA IA EN COMPRENSIÓN LECTORA EN PIAAC SEGÚN LOS EXPERTOS

Porcentaje de preguntas de comprensión lectora en PIAAC que la IA puede responder correctamente según la mayoría simple de expertos



Fuente: OCDE (2023b). *Is education losing the race with technology? AI's progress in maths and reading.* https://www.oecd.org/en/publications/is-education-losing-the-race-with-technology_73105f99-en.html

aplicaciones de procesamiento del lenguaje natural, puede resolver una proporción significativa de las tareas planteadas en PIAAC.

El gráfico 2 proporciona una representación del rendimiento estimado de la IA en comprensión lectora según el nivel de dificultad de las preguntas del PIAAC. En él se muestran tres formas distintas de computar las valoraciones de los expertos: una versión dicotómica (azul), que interpreta los juicios extremos (0 por 100 y 25 por 100 como “no”, y 75 por 100 y 100 por 100 como “sí”); una versión ponderada (naranja) que asigna pesos diferentes según el grado de confianza, omitiendo las respuestas de “quizás”; y una tercera variante (naranja claro) que incluye estas respuestas intermedias valorándolas como un acierto parcial (50 por 100).

Las tres formas de calcular las respuestas de los expertos conducen a resultados consistentes: los modelos de IA actuales son capaces de resolver correctamente el 100 por 100 de las preguntas de

nivel 1 o inferior, y del 93 por 100 en las de nivel 2. A partir del nivel 3, el rendimiento cae de manera notable, situándose en torno al 70 por 100. Este descenso refleja la mayor complejidad de las tareas, que requieren habilidades de inferencia, interpretación crítica o integración de información procedente de múltiples fuentes textuales, como textos disyuntivos, gráficos o tablas.

Una lectura detallada del gráfico revela que la IA ya ha superado con claridad el umbral de competencia funcional mínima exigida para los niveles más bajos, lo que sugiere que sus aplicaciones actuales podrían asumir con solvencia tareas rutinarias de lectura en contextos laborales y cotidianos. La convergencia de los resultados en los niveles 1 y 2 muestra que existe un consenso sólido entre los expertos en que estas tareas pueden ser resueltas sin necesidad de comprensión profunda, mediante técnicas de procesamiento superficial del lenguaje como el *pattern matching* o la extracción de información literal (OCDE, 2023b).

En cambio, el nivel 3 —considerado el umbral de competencia autónoma para un adulto— se presenta como una frontera más ambigua. Aunque el porcentaje de aciertos estimados ronda el 70 por 100, las diferencias entre métodos de agregación ponen de manifiesto un mayor grado de incertidumbre. Esta ambigüedad refleja que las preguntas de este nivel implican habilidades de evaluación y razonamiento contextual que aún no están plenamente resueltas por la IA. El nivel 3 coincide con el punto de inflexión donde se empieza a exigir una comprensión semántica más profunda, capaz de interpretar ironías, matices argumentativos o contradicciones implícitas en el texto.

Las estimaciones de éxito se mantienen en los mismos niveles en el nivel 4 que en el nivel 3, a pesar del salto cualitativo en la dificultad de las tareas. Aquí las preguntas requieren identificar relaciones complejas entre ideas, evaluar la credibilidad de las fuentes, o integrar información discontinua. Si bien la IA puede abordar parte de estas tareas con técnicas actuales, el rendimiento agregado sugiere que aún existen cuellos de botella cognitivos que no han sido superados.

En conjunto, el gráfico 2 muestra que el rendimiento de la IA en comprensión lectora según los expertos se aproxima al de un adulto con un nivel de competencia 3, lo que equivale a una posición intermedia-alta en la distribución de habilidades en la población adulta de los países de la OCDE. No obstante, el hecho de que el rendimiento estimado descienda con la dificultad pone de manifiesto que el dominio semántico profundo —el que permite navegar textos complejos, ambiguos o intertextuales— sigue siendo terreno difícil para los sistemas actuales.

El gráfico 3 muestra el rendimiento estimado de la IA en tareas de matemáticas de PIAAC, desglosado por nivel de dificultad y según las tres formas de cálculo. Esta evaluación se basa en la valoración de quince expertos que analizaron si un sistema de IA, con las tecnologías actuales, sería capaz de resolver los ítems de matemáticas de PIAAC, que incluyen tareas reales como interpretar gráficos, hacer cálculos con porcentajes o evaluar información cuantitativa presentada en mapas, tablas o textos.

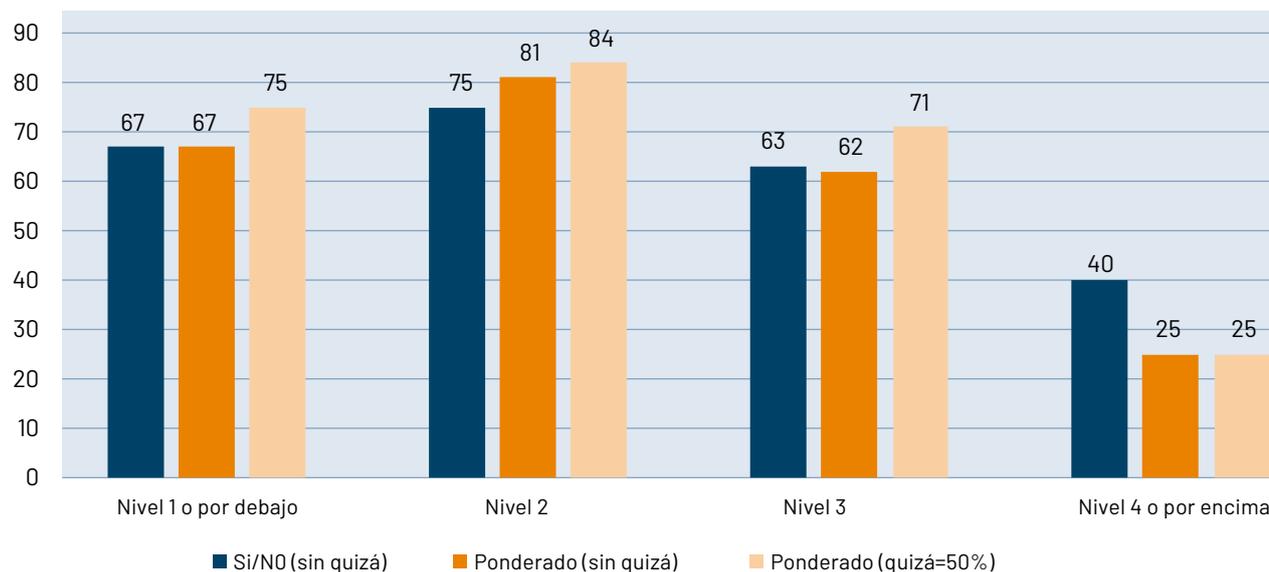
En los niveles más sencillos (nivel 1 o inferior), los expertos estiman que la IA puede resolver correctamente el 67 por 100 de las preguntas según el método dicotómico (azul), que omite respuestas de incertidumbre y computa únicamente votos afirmativos o negativos claros. Esta cifra se eleva al 75 por 100 en nivel 2 y desciende al 63 por 100 en nivel 3, mientras que en los niveles más difíciles (nivel 4 o superior), el rendimiento estimado cae al 40 por 100. Cuando se aplica una ponderación que tiene en cuenta el grado de confianza en la respuesta (método ponderado, naranja), los resultados se mantienen similares para los niveles 1, 2 y 3, pero el rendimiento en el nivel más alto baja al 25 por 100. Por último, la metodología más inclusiva (naranja claro), que considera las respuestas de “quizá” como aciertos parciales (50 por 100), estima que la IA mantiene el mismo rendimiento en niveles intermedios, pero mejora levemente en los extremos. Estos resultados revelan un patrón distinto al observado en lectura. Mientras que en comprensión textual la IA mostraba un descenso progresivo con el aumento de dificultad, en matemáticas el comportamiento es menos lineal. La IA parece manejar mejor las tareas de dificultad media que las más sencillas, lo cual contrasta con el patrón humano típico. Esto puede deberse a que muchas de las tareas de nivel 1 requieren cálculos numéricos básicos, manipulaciones aritméticas simples o interpretación de representaciones visuales (como gráficos o tablas), ámbitos donde los sistemas actuales aún presentan limitaciones, especialmente cuando las instrucciones no están explícitas en formato textual. Otro factor que influye en estos resultados es la falta de inversión y foco en tareas cuantitativas dentro del campo del procesamiento del lenguaje natural. Mientras que la comprensión textual ha sido el centro de muchas aplicaciones de IA, la numeración ha quedado relativamente rezagada, lo que limita el entrenamiento de modelos especializados en este tipo de tareas.

Cuando se comparan los resultados con el rendimiento humano, la IA muestra un desempeño inferior al de los adultos con nivel 2 en las tareas más sencillas (67 por 100 frente a 89 por 100), pero similar o incluso superior en las tareas de dificultad media. Sin embargo, sigue quedando rezagada en los niveles más altos, donde se exige razonamiento

GRÁFICO 3

RENDIMIENTO DE LA IA EN NUMERACIÓN SEGÚN DISTINTOS MÉTODOS DE CÁLCULO

Porcentaje de preguntas de numeración que la IA puede responder correctamente según la mayoría simple de expertos



Fuente: OCDE (2023b). *Is education losing the race with technology? AI's progress in maths and reading*. https://www.oecd.org/en/publications/is-education-losing-the-race-with-technology_73105f99-en.html

abstracto o integración de múltiples fuentes de información.

Los expertos encontraron más dificultades al evaluar la IA en numeración que en lectura. Las tareas matemáticas del PIAAC son más variadas y requieren razonamiento multietapa, comprensión de tablas, mapas o gráficos, y cálculos con distintas unidades y formatos. Este carácter multimodal complica el desarrollo de un sistema único que las resuelva de forma generalizada. Existe un nivel elevado de disenso entre expertos. Además, el nivel de acuerdo entre los expertos fue limitado: solo se alcanzó mayoría cualificada (dos tercios) en 18 de las 56 preguntas. La mayoría de los ítems reciben tanto valoraciones positivas como negativas, con márgenes muy estrechos entre ambos tipos de juicios, lo que indica que las mayorías simples sobre la capacidad de la IA se construyen sobre un consenso frágil. Esta falta de acuerdo se intensifica en las tareas de mayor dificultad, y en aquellas con componentes visuales, lo que revela que la interpretación de formatos no textuales sigue siendo un obstáculo

significativo para los sistemas actuales. Las diferencias entre expertos también se explican por el enfoque asumido: algunos evaluaron la capacidad de un sistema generalista para resolver todas las tareas, mientras que otros imaginaron soluciones específicas para tipos de preguntas concretos.

En resumen, el gráfico 3 evidencia que, en el dominio de las matemáticas, la IA aún no ha alcanzado un rendimiento comparable al humano en las tareas más básicas ni en las más complejas, pero muestra un desempeño prometedor en niveles intermedios. Esta paradoja —mejor rendimiento en niveles medios que en los extremos— sugiere que la IA actual aún no ha consolidado una comprensión robusta de las tareas más simples ni ha alcanzado la capacidad de razonamiento abstracto necesario para las más complejas.

El estudio de la OCDE (2023b) también arroja luz sobre la incertidumbre existente entre los expertos. En torno al 20 por 100 de las respuestas en el dominio de la lectura y el 12 por 100 en numeración fueron calificadas como "Quizá" o "No lo sé", lo que refleja una

CUADRO N.º 1

LA MEDIDA EN LA QUE LA ESCASEZ DE RECURSOS EDUCATIVOS Y DIGITALES AFECTA AL APRENDIZAJE EN PISA 2022. RESULTADOS BASADOS EN LOS DIRECTORES DE CENTROS EDUCATIVOS

PAÍS	ÍNDICE DE ESCASEZ DE MATERIAL		FALTA DE RECURSOS DIGITALES (%)				RECURSOS DIGITALES INADECUADOS O DE BAJA CALIDAD (%)			
	ÍNDICE MEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	NADA	MUY POCO	HASTA CIERTO PUNTO	MUCHO	NADA	MUY POCO	HASTA CIERTO PUNTO	MUCHO
Francia	-0,40 (0,06)	0,88 (0,04)	46,4 (3,8)	30,5 (3,2)	19,7 (2,9)	3,5 (1,1)	46,2 (3,6)	31,2 (3,5)	16,5 (2,8)	6,1 (1,4)
Alemania	-0,07 (0,07)	1,00 (0,04)	27,2 (3,3)	34,5 (3,4)	27,4 (3,5)	10,9 (2,3)	25,2 (3,3)	37,8 (3,4)	26,7 (3,4)	10,3 (2,5)
Italia	-0,21 (0,07)	0,93 (0,05)	50,8 (4,0)	35,6 (3,6)	12,1 (2,4)	1,5 (0,8)	48,6 (4,1)	37,1 (3,9)	12,7 (2,4)	1,7 (1,0)
Portugal	0,24 (0,06)	0,98 (0,05)	30,4 (3,4)	40,4 (3,5)	23,4 (3,3)	5,8 (1,4)	22,7 (2,9)	37,8 (3,1)	29,9 (3,1)	9,6 (1,8)
España	-0,29 (0,04)	1,06 (0,04)	48,3 (2,4)	24,7 (2,1)	20,4 (1,9)	6,5 (1,2)	45,6 (2,3)	30,0 (2,2)	18,2 (1,6)	6,2 (1,1)
Reino Unido	-0,32 (0,06)	0,87 (0,04)	38,3 (4,0)	42,7 (4,4)	14,3 (2,7)	4,7 (1,6)	39,1 (4,0)	39,7 (4,3)	17,5 (3,1)	3,7 (1,4)
Estados Unidos	-0,66 (0,09)	0,92 (0,07)	76,5 (3,9)	16,9 (3,2)	5,1 (2,2)	1,5 (1,1)	73,6 (4,1)	17,0 (3,2)	8,0 (2,7)	1,4 (0,9)
OCDE Promedio	-0,17 (0,01)	0,97 (0,01)	47,2 (0,5)	28,8 (0,5)	16,1 (0,4)	7,8 (0,3)	45,5 (0,5)	29,9 (0,5)	17,1 (0,4)	7,5 (0,3)

Fuente: OCDE (2023). PISA 2022 Results (Volume II): Learning During - and From - Disruption (Tabla II.B1.5.17).

cierta ambigüedad sobre las capacidades reales de la IA. Esta incertidumbre aumenta con el nivel de dificultad de las preguntas, especialmente en las que requieren procesamiento de gráficos o imágenes. Pese a ello, las proyecciones para el futuro inmediato son optimistas. Todos los expertos coincidieron en que, con las tasas actuales de avance, es probable que para 2026 la IA sea capaz de resolver correctamente la totalidad de las preguntas de los dominios de lectura y matemáticas de PIAAC. Este consenso anticipa una transformación radical en los próximos años, especialmente en tareas cognitivas que tradicionalmente se consideraban exclusivamente humanas.

III. RETOS: BRECHA DIGITAL, EQUITAD Y BARRERAS PARA UNA ADOPCIÓN INCLUSIVA DE LA IA EN EDUCACIÓN

Las herramientas de IA pueden potenciar la adaptación de contenidos, el apoyo a necesidades edu-

cativas especiales o el acceso a recursos digitales avanzados. Sin embargo, la evidencia recogida por la OCDE muestra que la generalización de estos beneficios no está garantizada, y que el acceso desigual a infraestructuras digitales y a recursos de calidad sigue siendo un obstáculo central (OCDE, 2024).

El cuadro n.º 1 presenta el índice global de escasez de materiales educativos reportado por los directores y directoras de los centros educativos en PISA 2022, así como el desglose específico de las carencias en recursos digitales, tanto en cantidad como en calidad. La selección de países incluidos en el cuadro se centra en los principales países de la OCDE más cercanos geográficamente a España, así como en aquellos con especial relevancia comparativa en el contexto europeo y transatlántico, como Francia, Alemania, Italia, Portugal, Reino Unido y Estados Unidos.

El índice de escasez de recursos educativos (EDUSHORT), utilizado en PISA 2022 y en ediciones

CUADRO N.º 2

LA MEDIDA EN LA QUE LA ESCASEZ DE RECURSOS EDUCATIVOS Y DIGITALES AFECTA AL APRENDIZAJE EN PISA 2022. RESULTADOS BASADOS EN LOS DIRECTORES DE CENTROS EDUCATIVOS (DATOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	ÍNDICE DE ESCASEZ DE MATERIAL		FALTA DE RECURSOS DIGITALES (%)				RECURSOS DIGITALES INADECUADOS O DE BAJA CALIDAD (%)			
	ÍNDICE MEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	NADA	MUY POCO	HASTA CIERTO PUNTO	MUCHO	NADA	MUY POCO	HASTA CIERTO PUNTO	MUCHO
Andalucía	-0,16 (0,15)	1,19 (0,13)	42,0 (7,0)	32,1 (6,2)	14,00 (5,0)	11,8 (4,9)	39,5 (7,5)	40,4 (6,8)	6,3 (3,7)	13,8 (4,4)
Aragón	-0,14 (0,13)	1,06 (0,15)	35,7 (7,9)	35,6 (8,2)	17,7 (5,2)	11,1 (4,8)	36,2 (7,4)	31,7 (8,3)	25,0 (7,0)	7,0 (4,1)
Asturias	-0,21 (0,13)	0,90 (0,07)	35,3 (6,4)	37,8 (5,4)	20,8 (5,2)	6,1 (3,5)	41,0 (6,7)	32,6 (5,6)	20,3 (6,2)	6,2 (2,8)
Illes Balears	-0,55 (0,21)	1,22 (0,18)	59,1 (7,1)	16,7 (6,5)	16,7 (5,4)	7,6 (4,4)	56,2 (7,6)	19,0 (7,2)	19,6 (4,5)	4,5 (3,2)
País Vasco	-0,26 (0,09)	1,01 (0,09)	62,1 (5,7)	26,3 (4,9)	9,0 (3,1)	2,6 (1,5)	58,5 (5,3)	25,8 (4,4)	12,9 (3,3)	2,8 (1,4)
Canarias	0,36 (0,16)	1,13 (0,10)	30,0 (7,1)	21,6 (5,3)	36,6 (7,9)	11,8 (5,3)	26,1 (7,0)	26,5 (7,1)	38,2 (8,2)	9,2 (4,6)
Cantabria	-0,41 (0,11)	0,84 (0,04)	49,1 (6,4)	28,4 (4,1)	18,8 (5,6)	3,6 (2,5)	46,5 (7,8)	36,8 (7,9)	13,5 (4,6)	3,2 (2,5)
Castilla y León	-0,44 (0,17)	1,12 (0,12)	40,80 (7,80)	32,40 (7,70)	15,10 (5,00)	11,70 (4,70)	36,00 (7,40)	35,50 (7,10)	22,00 (5,60)	6,50 (3,60)
Castilla-La Mancha	0,18 (0,10)	0,88 (0,11)	26,70 (7,10)	26,90 (6,80)	39,60 (8,80)	6,70 (3,60)	26,90 (5,70)	36,40 (6,90)	29,50 (7,30)	7,20 (4,10)
Cataluña	-0,62 (0,16)	1,00 (0,09)	70,0 (7,3)	19,8 (6,7)	10,2 (5,0)	0,0 (-)	66,2 (7,0)	23,1 (7,5)	7,6 (4,3)	3,0 (3,0)
Ceuta	0,04 (0,04)	0,84 (0,02)	16,3 (1,3)	24,1 (2,4)	36,3 (1,8)	23,4 (2,1)	20,5 (1,4)	56,2 (2,5)	0,0 (-)	23,4 (2,1)
Comunidad Valenciana	-0,41 (0,15)	0,94 (0,07)	45,70 (7,70)	15,50 (4,90)	27,30 (5,80)	11,60 (4,90)	38,50 (7,30)	23,10 (4,60)	34,20 (5,90)	4,20 (3,10)
Extremadura	-0,27 (0,17)	1,11 (0,06)	42,80 (6,80)	23,70 (6,30)	26,70 (6,90)	6,80 (3,70)	41,20 (7,00)	24,90 (6,70)	24,00 (6,80)	9,90 (4,50)
Galicia	-0,01 (0,14)	0,98 (0,07)	39,40 (7,10)	20,70 (5,40)	36,80 (6,70)	3,10 (2,30)	36,40 (7,20)	29,00 (6,80)	31,20 (6,00)	3,40 (2,20)
La Rioja	-0,41 (0,01)	0,84 (0,00)	33,20 (0,50)	46,90 (0,50)	13,70 (0,30)	6,20 (0,30)	20,30 (0,40)	56,10 (0,40)	18,50 (0,40)	5,10 (0,30)
Madrid	-0,54 (0,11)	0,91 (0,07)	58,80 (5,80)	22,00 (5,50)	18,50 (5,40)	0,70 (0,90)	56,00 (7,00)	26,00 (5,40)	14,90 (4,90)	3,10 (2,60)
Melilla	0,10 (0,05)	1,18 (0,05)	32,90 (1,90)	32,00 (1,70)	19,30 (1,40)	15,70 (1,70)	37,40 (1,90)	28,30 (1,60)	34,30 (1,80)	0,00 (-)
Murcia	0,00 (0,15)	1,09 (0,09)	28,30 (6,40)	26,50 (6,10)	38,50 (7,70)	6,70 (3,90)	36,80 (7,70)	39,10 (6,70)	22,00 (6,20)	2,10 (2,00)
Navarra	-0,63 (0,09)	0,73 (0,07)	69,50 (5,80)	19,60 (4,40)	8,60 (3,10)	2,30 (2,30)	72,60 (6,40)	15,20 (4,90)	10,40 (4,60)	1,70 (1,80)

anteriores (2015 y 2018), se construye a partir de las respuestas de los directores de centros educativos a la pregunta SC017, que evalúa en qué medida diversos factores obstaculizan la capacidad del centro para impartir instrucción. Las respuestas se recogen en una escala de cuatro niveles: “en absoluto”, “muy poco”, “hasta cierto punto” y “mucho”. El índice EDUSHORT combina cuatro ítems referidos a la cantidad y calidad de materiales educativos y de la infraestructura física del centro y está estandarizado de forma que un valor de 0 representa el promedio de los países de la OCDE. El material educativo incluye libros de texto, equipos TIC (tecnologías de la información y la comunicación), biblioteca, material de laboratorio, etc. La infraestructura física incluye el edificio escolar, los terrenos, los sistemas de calefacción/refrigeración, los sistemas de iluminación y acústica, etc. Valores negativos indican menos escasez de recursos que la media (mejor dotación), mientras que valores positivos señalan una situación peor. En este marco, países como España (-0,29), Francia (-0,40) o Reino Unido (-0,32) muestran una dotación de recursos por encima de la media, mientras que Portugal (0,24) presenta una percepción de mayor escasez. España destaca además por su elevada variabilidad interna (1,06), lo que sugiere grandes diferencias entre centros dentro del propio país.

Un elemento clave para interpretar estos resultados es su evolución temporal. Según el informe de PISA 2022, en aproximadamente la mitad de los sistemas educativos participantes, los equipos directivos de centros educativos en 2022 indicaron que había menos carencias de material educativo que en 2018. Esta mejora fue particularmente significativa en países como Irlanda, Indonesia, Croacia, España o Italia. En cambio, la escasez de personal educativo fue percibida como más acuciante en la mayoría de los países.

Más allá del índice global, el cuadro n.º 1 desagrega la información sobre recursos digitales en dos dimensiones específicas: (i) la falta de recursos digitales —como ordenadores, tablets, acceso a Internet o plataformas digitales escolares—, y (ii) la presencia de recursos digitales inadecuados o de baja calidad. En ambos casos, se muestra el porcentaje de estudiantes cuyos directores consi-

deran que la enseñanza se ve obstaculizada “en absoluto”, “muy poco”, “hasta cierto punto” o “mucho”.

En concreto, el cuadro n.º 1 (y n.º 2) se basa en indicadores contruidos a partir de las respuestas recogidas en la pregunta SC017 del Cuestionario para Directores de PISA 2022. Esta pregunta evalúa en qué medida la capacidad del centro para impartir instrucción está obstaculizada por diversos factores relacionados con los recursos escolares digitales. En particular, los ítems SC017Q09JA y SC017Q10JA se centran en:

SC017Q09JA: Falta de recursos digitales (por ejemplo, ordenadores, *tablets* o portátiles, acceso a Internet, sistemas de gestión del aprendizaje o plataformas digitales escolares).

SC017Q10JA: Recursos digitales inadecuados o de baja calidad (por ejemplo, ordenadores, *tablets* o portátiles, acceso a Internet, sistemas de gestión del aprendizaje o plataformas digitales escolares).

En España, un 26,9 por 100 del alumnado está escolarizado en centros donde los equipos directivos perciben que la falta de recursos digitales obstaculiza la enseñanza “hasta cierto punto” o “mucho”, y un 24,4 por 100 en centros donde los recursos existentes son considerados de baja calidad en alguna de esas dos categorías. Aunque estas cifras son similares a la media de la OCDE (23,9 por 100 y 24,6 por 100, respectivamente), reflejan que uno de cada cuatro estudiantes en España asiste a centros con limitaciones digitales que podrían afectar la integración efectiva y equitativa de herramientas de IA en el aprendizaje.

Destacan también casos extremos como Estados Unidos, donde más del 76 por 100 del alumnado estudia en centros sin ninguna falta de recursos digitales (y un 73,6 por 100 sin deficiencias en la calidad), frente a Portugal, donde casi un tercio de los estudiantes asisten a centros con problemas moderados o graves de calidad en los recursos digitales.

Además de las diferencias observadas entre países, la evidencia también apunta a importantes desigualdades dentro de los países, como muestra el cuadro n.º 2, que recoge datos desagregados

por comunidades autónomas en España. Este enfoque territorial permite visibilizar las asimetrías internas en el acceso a materiales educativos y, particularmente, a recursos digitales, que pueden condicionar de forma significativa la capacidad de los centros para incorporar innovaciones tecnológicas como la inteligencia artificial.

El índice de escasez de material educativo, elaborado a partir de las respuestas de los directores en PISA 2022, revela una brecha territorial clara. Comunidades como Cataluña (-0,62), Navarra (-0,63) y Madrid (-0,54) se sitúan entre las mejor dotadas, con valores muy por debajo de la media de la OCDE, lo que sugiere una percepción generalizada de suficiencia de recursos en sus centros educativos. En el caso de Cataluña, por ejemplo, el 70 por 100 del alumnado asiste a centros donde los directores indican que no existe ninguna carencia digital, y ningún centro declara sufrir obstáculos graves. Navarra muestra una situación similar, con más del 69 por 100 del alumnado en centros sin limitaciones digitales, y una desviación interna muy baja, lo que indica una mayor equidad territorial.

En contraste, comunidades como Canarias (0,36), Castilla-La Mancha (0,18), Murcia (0,00) o Melilla (0,10) presentan valores positivos en el índice, lo que indica una dotación de recursos inferior a la media de la OCDE. En estas regiones, entre un 35 por 100 y un 47 por 100 del alumnado estudia en centros donde los directores reportan escasez moderada o alta de recursos digitales. En Canarias, por ejemplo, el 38,2 por 100 de los estudiantes están en centros donde la enseñanza se ve obstaculizada “hasta cierto punto” por la baja calidad de los recursos digitales, y un 9,2 por 100 en centros donde esta limitación es grave. Estas cifras duplican las de comunidades como el País Vasco o La Rioja, y sitúan a Canarias como una de las regiones con mayores barreras para una implementación equitativa de tecnologías emergentes como la IA.

La desigualdad interna entre centros de una misma comunidad es también un factor preocupante. Comunidades como Andalucía, Castilla y León, Islas Baleares, Aragón o Extremadura presentan desviaciones estándar elevadas en el índice de escasez (superiores a 1), lo que indica una fuerte

dispersión en la dotación de recursos entre centros. Esta dispersión sugiere que, incluso dentro de regiones con dotaciones promedio aceptables, existen focos significativos de exclusión digital concentrados en ciertos centros, habitualmente en zonas rurales o en barrios con menor renta. Estos datos muestran que la brecha digital en España no es solo una cuestión internacional o entre sectores público y privado, sino también una cuestión territorial, que atraviesa la geografía educativa del país.

En resumen, los datos por comunidades autónomas confirman que, si bien en términos agregados España muestra un desempeño relativamente favorable respecto a la media de la OCDE, la realidad interna es mucho más heterogénea. Los estudiantes que residen en determinadas regiones o que asisten a centros con menor dotación de recursos digitales pueden ver limitada su posibilidad de acceder a las oportunidades de aprendizaje que ofrecen las nuevas herramientas basadas en IA.

El despliegue de la IA en educación puede amplificar, en lugar de reducir, las brechas existentes entre centros, estudiantes y comunidades. Factores como la disponibilidad de dispositivos, la calidad de la conectividad, la formación del profesorado y la capacidad de las instituciones para integrar tecnologías emergentes condicionan la posibilidad de que todos los estudiantes se beneficien por igual. Como advierte la OCDE, la adopción “no regulada” de herramientas de IA puede acelerar la polarización: los centros con más recursos acceden antes y mejor a las innovaciones, mientras que los más desfavorecidos quedan rezagados tanto en oportunidades como en resultados. A estos retos materiales se suman otras cuestiones críticas: la presencia de sesgos algorítmicos, los riesgos para la privacidad y la protección de datos, la necesidad de reforzar la integridad educativa frente a la presión comercial y la importancia de dotar a los docentes de competencias para un uso responsable de la IA. Además, es fundamental que el desarrollo y la implantación de soluciones tecnológicas sean culturalmente sensibles y capaces de responder a la diversidad de los contextos educativos (Holmes, 2023).

El desafío, por tanto, no reside únicamente en incorporar IA a las aulas, sino en asegurar que su

adopción no agrave las desigualdades ya existentes. Un entorno educativo equitativo requiere no solo acceso físico a tecnología, sino también apoyo institucional, formación continua del profesorado y un marco ético claro que vele por los intereses de los más vulnerables. Uno de los principales retos para una adopción inclusiva de la IA en la educación reside en la persistencia de desigualdades materiales en el acceso a recursos digitales básicos. Estas desigualdades, lejos de haberse mitigado en los últimos años, siguen afectando de forma desproporcionada a los estudiantes más vulnerables, como se evidencia en el análisis de PISA 2022. El cuadro n.º 2 muestra el porcentaje de estudiantes cuyos directores de centro señalan carencias de recursos digitales —como ordenadores, conectividad a Internet o plataformas de gestión del aprendizaje—, desagregado por nivel socioeconómico del centro educativo y por tipo de titularidad (pública o priva-

da). El índice socioeconómico de PISA, denominado ESCS (Economic, Social and Cultural Status), es una medida compuesta que resume el nivel socioeconómico y cultural del entorno familiar del estudiante. Este índice se calcula a partir de tres dimensiones fundamentales. En primer lugar, el nivel educativo más alto alcanzado por alguno de los padres, codificado según la clasificación internacional ISCED-2011 y transformado en años de escolarización acumulada mediante una conversión internacional (PA-REDINT). En segundo lugar, se incorpora el estatus ocupacional más alto de los padres (HISEI), derivado de la codificación de sus ocupaciones según el sistema ISCO-08 y asignado al índice internacional de estatus socioeconómico ocupacional (ISEI). Este componente refleja la posición social asociada a la ocupación laboral de los padres, más allá del ingreso económico directo. El tercer componente es el índice HOMEPOS, que recoge la presencia de bienes

CUADRO N.º 3

PORCENTAJE DE ESTUDIANTES EN CENTROS CON CARENCIAS DE RECURSOS DIGITALES SEGÚN NIVEL SOCIOECONÓMICO DEL CENTRO Y TITULARIDAD

PAÍS	TOTAL ESTUDIANTES (1)	CENTROS DESFAVORECIDOS (2)	CENTROS DE NIVEL MEDIO (3)	CENTROS FAVORECIDOS (4)	DIFERENCIA FAVORABLE DESFAVORABLE (5)=(2)-(4)	CENTROS PÚBLICOS (6)	CENTROS PRIVADOS (7)	DIFERENCIA PRIVADOS - PÚBLICOS (6)-(7)
Francia	23,2 (3,0)	22,0 (5,6)	28,4 (4,8)	13,8 (4,5)	-8,2 (6,9)	21,8 (3,3)	27,9 (6,7)	6,1 (7,4)
Alemania	38,3 (3,6)	39,8 (7,3)	41,3 (5,0)	31,6 (7,1)	-8,2 (10,7)	39,3 (3,6)	9,5 (10,3)	-29,8* (10,7)
Italia	13,6 (2,5)	14,3 (5,2)	13,6 (3,3)	13,0 (5,6)	-1,3 (7,6)	13,3 (2,6)	21,3 (10,7)	8,0 (10,9)
Portugal	29,2 (3,2)	26,7 (5,8)	34,4 (4,8)	21,5 (6,1)	-5,2 (8,3)	32,0 (3,7)	13,6 (5,7)	-18,3* (7,4)
España	27,0 (2,0)	31,6 (4,8)	30,3 (2,8)	16,1 (3,3)	-15,5* (5,9)	29,5 (2,4)	21,6 (3,0)	-7,9* (3,7)
Reino Unido	19,0 (3,1)	26,6 (7,5)	19,7 (3,9)	12,7 (5,1)	-13,9 (8,8)	26,8 (4,8)	15,1 (3,9)	-11,7 (6,3)
Estados Unidos	6,6 (2,4)	8,0 (6,4)	5,6 (2,6)	5,8 (3,9)	-2,1 (7,4)	5,2 (1,8)	—	—
OCDE Promedio	23,9 (0,4)	27,8 (0,9)	22,4 (0,6)	18,3 (0,9)	-9,5* (1,3)	26,0 (0,6)	13,4 (1,0)	-13,5* (1,2)

Notas: El perfil socioeconómico de los centros se define según el índice ESCS de PISA: los centros desfavorecidos corresponden al cuartil inferior y los favorecidos al cuartil superior del índice dentro de cada país. En negrita se destacan las diferencias estadísticamente significativas.

Fuente: OCDE (2023). PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption (Tabla II.B1.5.19). <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>.

educativos, tecnológicos y culturales en el hogar, como número de libros, ordenador para uso escolar, conexión a Internet, escritorio propio, calculadora, libros de literatura, libros de referencia (como diccionarios o enciclopedias), lavadora, lavavajillas, y otros objetos que varían según el país. Las variables se agrupan en un índice mediante análisis de componentes principales y son adaptadas culturalmente en cada país. El valor final del índice socioeconómico estandariza, de modo que 0 representa el nivel medio de estatus socioeconómico de la OCDE y una desviación estándar es igual a 1. Así, un valor positivo indica un entorno más favorecido que la media de la OCDE, mientras que un valor negativo señala un contexto más desfavorecido.

Los datos del cuadro n.º 3 reflejan un patrón claro: en todos los países analizados, los centros con alumnado socioeconómicamente desfavorecido indican una mayor frecuencia de carencias digitales que aquellos con alumnado más favorecido. Se calcula el porcentaje de estudiantes que asisten a centros donde los directores indican que la instrucción se ve afectada “hasta cierto punto” o “mucho” por la escasez (cuadro n.º 3) o la baja calidad de los recursos digitales, en caso de haberlos (cuadro n.º 4). Ambos indicadores permiten evaluar con precisión hasta qué punto la infraestructura digital de los centros educativos condiciona la equidad en el acceso a las oportunidades de aprendizaje, especialmente ante el despliegue de herramientas de la IA en la educación. En promedio, el 27,8 por 100 del alumnado de centros desfavorecidos en países de la OCDE estudia en centros con limitaciones en el acceso a tecnologías digitales, frente al 18,3 por 100 en los centros favorecidos. Esta diferencia de 9,5 puntos porcentuales —estadísticamente significativa— pone de manifiesto una desigualdad estructural que condiciona la capacidad de los centros para incorporar herramientas de IA en condiciones de equidad. España es uno de los países donde esta brecha es especialmente acusada y también significativa: el 31,6 por 100 del alumnado en centros desfavorecidos experimenta limitaciones digitales, frente al 16,1 por 100 en los favorecidos, lo que representa una diferencia de 15,5 puntos, por encima de los 9,5 puntos de la OCDE.

El problema no se limita únicamente al nivel socioeconómico de los centros, sino también a su

titularidad. En promedio en la OCDE, el 26 por 100 del alumnado en centros públicos está expuesto a carencias digitales, frente al 13,4 por 100 en centros privados, lo que se traduce en una brecha significativa de 13,5 puntos. Esta desigualdad es aún mayor en Alemania (29,8 puntos) y Portugal (18,3 puntos), mientras que en España también alcanza niveles relevantes (7,9 puntos), siendo significativa en todos estos casos. Estas cifras ilustran cómo los centros privados, en general con mayor capacidad de inversión tecnológica, están en mejores condiciones para integrar herramientas educativas avanzadas, lo que puede reforzar la segmentación del sistema educativo y limitar la capacidad redistributiva de las políticas públicas. Como advierte la OCDE (2024), sin una estrategia que garantice un acceso universal a dispositivos, conectividad y recursos digitales de calidad, el uso de IA en educación puede amplificar las brechas existentes entre centros y estudiantes.

El cuadro n.º 4 profundiza en las desigualdades en el acceso a recursos digitales adecuados, de haberlos, diferenciando por nivel socioeconómico del centro y titularidad pública o privada. Los datos confirman que los estudiantes que asisten a centros desfavorecidos o públicos se enfrentan con mayor frecuencia a limitaciones en la calidad de los recursos digitales que los de centros favorecidos o privados. En promedio, el 28 por 100 del alumnado de centros desfavorecidos en los países de la OCDE está en institutos o colegios con recursos digitales inadecuados o de baja calidad, frente al 19,5 por 100 de los centros favorecidos. Esta diferencia de 8,5 puntos porcentuales, estadísticamente significativa, refleja una desventaja estructural en el acceso a tecnologías educativas básicas. En países como España, esta brecha es aún más acusada: el 26,6 por 100 de los estudiantes en centros desfavorecidos sufre esta carencia, frente al 12,7 por 100 en centros favorecidos, lo que supone una diferencia de 13,9 puntos.

En lo que respecta a la titularidad de los centros, la tendencia también es clara. En promedio, un 26,2 por 100 del alumnado de centros públicos tiene acceso limitado o de baja calidad a recursos digitales, frente a un 15 por 100 en centros privados, lo que representa una diferencia de 12 puntos

CUADRO N.º 4

PORCENTAJE DE ESTUDIANTES EN CENTROS CON RECURSOS DIGITALES INADECUADOS O DE BAJA CALIDAD SEGÚN NIVEL SOCIOECONÓMICO DEL CENTRO Y TITULARIDAD

PAÍS	TOTAL ESTUDIANTES (1)	CENTROS DESFAVORECIDOS (2)	CENTROS DE NIVEL MEDIO (3)	CENTROS FAVORECIDOS (4)	DIFERENCIA FAVORABLE – DESFAVORABLE (2)-(4)	CENTROS PÚBLICOS (6)	CENTROS PRIVADOS (7)	DIFERENCIA PRIVADOS – PÚBLICOS (6)-(7)
Francia	22,6 (3,0)	26,7 (6,1)	25,8 (4,4)	11,8 (4,8)	-14,9 (7,2)	23,1 (3,4)	20,8 (5,9)	-2,3 (6,7)
Alemania	37,0 (3,3)	40,9 (7,5)	38,4 (5,0)	31,8 (7,3)	-9,1 (11,0)	38,4 (3,3)	0,0 (c)	-38,4 (3,3)
Italia	14,3 (2,6)	15,1 (6,0)	14,5 (3,5)	13,3 (4,9)	-1,8 (7,6)	14,3 (2,7)	14,2 (9,7)	-0,1 (9,9)
Portugal	39,5 (3,4)	33,9 (6,6)	44,0 (4,5)	36,0 (6,7)	2,1 (9,5)	43,9 (3,7)	14,2 (5,8)	-29,7 (7,1)
España	24,4 (1,8)	26,6 (4,5)	29,3 (2,7)	12,7 (2,4)	-13,9 (5,1)	28,9 (2,5)	14,9 (2,4)	-14,0 (3,4)
Reino Unido	21,2 (3,2)	27,9 (8,2)	23,9 (4,6)	12,5 (4,8)	-15,4 (9,2)	27,9 (5,5)	18,2 (3,9)	-9,6 (6,8)
Estados Unidos	9,4 (2,9)	9,2 (6,5)	11,7 (4,2)	3,5 (3,2)	-5,8 (7,2)	8,1 (2,5)	-	-
OCDE Promedio	24,6	28,0	23,1	19,5	-8,5	26,2	15,0	-12,0

Notas: El perfil socioeconómico de los centros se define según el índice ESCS de PISA: los centros desfavorecidos corresponden al cuartil inferior y los favorecidos al cuartil superior del índice dentro de cada país. En negrita se destacan las diferencias estadísticamente significativas.

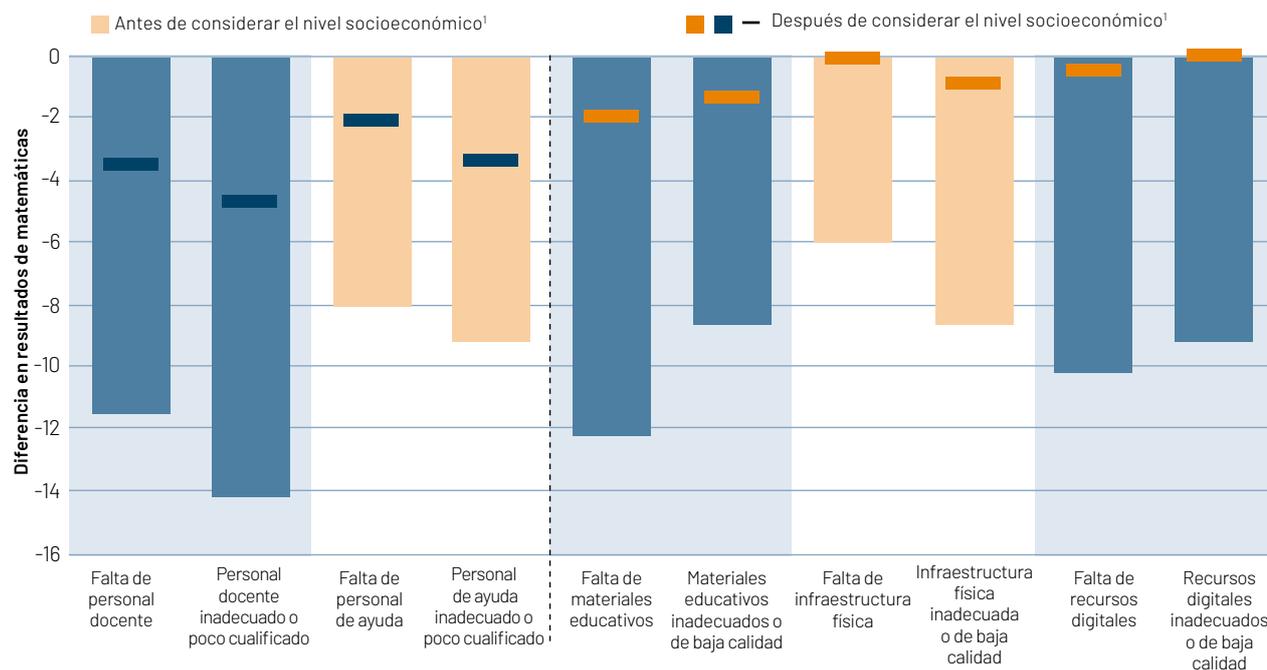
Fuente: OCDE (2023). PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption (Tabla II.B1.5.19). <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>.

porcentuales. En el caso español, esta brecha alcanza los 14 puntos, situando a los centros públicos en una posición de desventaja en términos de equidad digital.

Cabe destacar también casos extremos, como el de Alemania, donde la diferencia entre centros públicos y privados es de 38,4 puntos, o el de Portugal, con una diferencia de 29,7 puntos, ambos en detrimento de los centros públicos. Estas cifras revelan que, más allá del número de dispositivos disponibles, existen grandes disparidades en su calidad y adecuación pedagógica, lo cual puede impactar directamente en las oportunidades de aprendizaje del alumnado más vulnerable. En resumen, el cuadro confirma que la calidad de los recursos digitales en los centros escolares no está distribuida de manera equitativa.

Los cuadros n.º 3 y 4 han mostrado que los centros con alumnado más desfavorecido y de titularidad pública disponen de menos recursos digitales y de peor calidad. Cabe preguntarse si estas limitaciones materiales pueden estar influyendo también en el aprendizaje del alumnado. Esta cuestión resulta especialmente relevante en el contexto actual, en el que la incorporación de herramientas de IA en la educación requiere una infraestructura digital mínima para poder ser efectiva y equitativa. A este respecto, el gráfico 4 muestra que, en promedio, los estudiantes que asisten a centros donde los directores señalan escasez de materiales educativos –incluidos los digitales– obtienen peores resultados en matemáticas, el área central de PISA 2022, en los países de la OCDE. En el gráfico del informe PISA 2022 se muestra la relación entre la escasez de recursos en los centros educativos y el

GRÁFICO 4
ESCASEZ DE PERSONAL EDUCATIVO Y RECURSOS MATERIALES, Y RENDIMIENTO EN MATEMÁTICAS



Notas: Cambio en el rendimiento en matemáticas asociado con directores que informan que la capacidad de la escuela para impartir instrucción se ve obstaculizada en cierta medida o considerablemente por los siguientes factores: personal docente, personal de ayuda, materiales educativos, infraestructura física o recursos digitales. Las diferencias en las puntuaciones que son estadísticamente significativas se muestran en un tono más oscuro. Todas las diferencias en las puntuaciones son estadísticamente significativas antes de considerar el perfil socioeconómico de los estudiantes y los centros educativos.

Fuente: OCDE, PISA 2022 Database, Annex B1, Capítulo 5.

rendimiento de los estudiantes en matemáticas. En concreto, representa la diferencia media en puntuación entre los estudiantes que asisten a centros donde los directores indican que la capacidad de impartir instrucción está obstaculizada —“hasta cierto punto” o “mucho” — por la falta o baja calidad de recursos (materiales o humanos), y aquellos que asisten a centros sin esas limitaciones (“muy poco” o “en absoluto”). Las diferencias se expresan en puntos PISA, donde 30 puntos equivalen a un curso académico de aprendizaje. A partir de este análisis más general sobre la escasez de recursos, nos centraremos a continuación en la dimensión específica de interés en este artículo: los recursos digitales. Su disponibilidad y calidad no solo son fundamentales para el funcionamiento ordinario de los centros, sino que también constituyen la base imprescindible para que las herramientas basadas

en IA puedan ser desplegadas con eficacia y equidad en el ámbito educativo.

El gráfico n.º 4 muestra que los estudiantes que asisten a centros con menos carencias de recursos digitales obtuvieron mejores resultados en matemáticas, en promedio, en los países de la OCDE y en España. Aunque el efecto negativo de esta carencia desaparece al controlar por el perfil socioeconómico de los estudiantes y de los propios centros, el dato pone de relieve que los contextos más vulnerables no solo tienen menos acceso a recursos, sino que además estos déficits están asociados con rendimientos académicos más bajos. Esta conclusión es coherente con los hallazgos del artículo de Marcenaro y López-Agudo (2025), incluido también en este número, que identifica una correlación negativa entre la falta de dotación

digital en los centros y el rendimiento medio del alumnado en matemáticas y lectura, especialmente en comunidades con menor nivel de “normas” para el uso pedagógico de estos recursos. Este patrón también ha sido documentado en estudios internacionales como el de Guan *et al.* (2025), quienes, en un análisis comparado entre China y países occidentales, muestran que un acceso adecuado a recursos digitales se asocia a mejores resultados de aprendizaje, mientras que un uso excesivo o no regulado puede tener efectos contraproducentes. Sus resultados refuerzan la importancia de diseñar políticas que no solo expandan la disponibilidad tecnológica, sino que también promuevan su uso pedagógico equilibrado y eficaz, especialmente en entornos socioeconómicamente vulnerables.

El impacto negativo de la escasez de recursos materiales y, particularmente, de recursos digitales no es homogéneo, sino que afecta más intensamente a quienes ya parten de una posición de desventaja. Además, aunque los directores en 2022 mostraron una menor preocupación por la escasez de materiales educativos en comparación con 2018, la variabilidad interna entre centros educativos de un mismo país, y más aún en España, sigue siendo elevada.

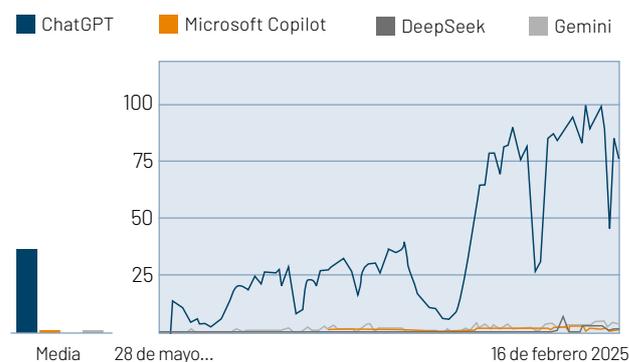
Los sistemas educativos donde los estudiantes asistieron a centros con menos carencias de recursos digitales, o con recursos digitales adecuados y de alta calidad, obtuvieron también mejores resultados en matemáticas, en los países de la OCDE antes de tener en cuenta los perfiles socioeconómicos; pero esta relación deja de ser significativa al tener en cuenta los perfiles socioeconómicos similares.

IV. EL ESTUDIO DE LA EQUIDAD EN EL ACCESO A CHATGPT EN ESPAÑA: UN ANÁLISIS DE GOOGLE TRENDS

En esta sección analizamos empíricamente la equidad en el uso de inteligencia artificial en el ámbito formativo. Con este propósito se ha llevado a cabo una estimación econométrica que permite identificar diferencias relevantes en su intensidad de uso a lo largo del tiempo y entre territorios en

GRÁFICO 5
EVOLUCIÓN DEL INTERÉS DE BÚSQUEDA EN HERRAMIENTAS DE IA GENERATIVA EN EDUCACIÓN (ESPAÑA, 2023-2025)

Interés a largo tiempo



Fuente: Google Trends.

España. Bacher-Hicks *et al.* (2021) utilizan los datos de búsqueda en Internet para estudiar en tiempo real cómo buscaron los hogares estadounidenses recursos de aprendizaje en línea cuando las escuelas cerraron debido a la pandemia de la COVID-19. Estos autores llegaban a la conclusión de que la intensidad de búsqueda a nivel nacional de recursos de aprendizaje en línea se duplicó con respecto a los niveles previos. Sin embargo, las zonas del país con mayores ingresos, mejor acceso a internet y menos escuelas rurales experimentaron aumentos significativamente mayores en la intensidad de búsqueda. Bacher-Hicks *et al.* (2021) concluían que es probable que la pandemia amplíe las brechas de rendimiento académico dado que las distintas escuelas y familias interaccionan de forma diferente con los recursos en línea para compensar el tiempo de aprendizaje perdido en la escuela.

El gráfico n.º 5 muestra la evolución del interés en búsquedas web sobre cuatro herramientas de inteligencia artificial generativa –ChatGPT, Microsoft Copilot, DeepSeek y Gemini– en España, dentro de la categoría de empleo y educación, entre junio de 2023 y mayo de 2025. Los datos provienen de Google Trends y reflejan el nivel de búsquedas relativas en Internet de cada término, normalizado en una escala de 0 a 100. Los resultados ponen de manifiesto una hegemonía de ChatGPT (línea azul) como la herramienta más buscada en este ámbito.

El interés por esta aplicación crece de forma sostenida desde mediados de 2023, experimentando un notable repunte a partir de septiembre de 2024, coincidiendo con el inicio del curso académico. A partir de entonces, las búsquedas se mantienen en valores altos (por encima de 75 puntos), con picos que alcanzan el valor máximo (100) durante algunas semanas del primer trimestre de 2025. El resto de las herramientas analizadas presentan niveles de búsqueda más bajos y relativamente estables. Microsoft Copilot (naranja) y Gemini (gris claro) muestran una ligera presencia en el gráfico, sin variaciones relevantes. DeepSeek (gris oscuro) aparece con un pico visible en febrero de 2025. El gráfico 5 también permite conocer la variable a explicar que se emplea en la regresión. En concreto, se trata de la intensidad de búsqueda definida como el porcentaje de búsquedas de un término en concreto sobre el total de búsquedas en Google. Y además esa información que ofrece Google Trends se encuentra en términos relativos al máximo de intensidad de búsqueda en el periodo analizado, que en el caso del último año en España sería el que alcanzó ChatGPT en la semana del 9 al 15 de marzo de 2025, que es igual a 100. El resto de la información de las demás semanas se expresa en relación con ese máximo.

A continuación, el análisis econométrico se centra en ChatGPT, dado que es la IA más usada en España en empleo y educación. La especificación de la regresión sigue el modelo estimado por Bacher-Hicks *et al.* (2021) y seguido después por Sanz *et al.* (2021):

$$IB_{smac} = \sum_{m=10}^{12-1} \beta_s \text{dummymes}_m + \sum_{a=1}^{3-1} \beta_a \text{dummyaño}_a + \sum_{c=1}^{17-1} \beta_c \text{dummycomunidad}_c + \sum_{a=1}^{3-1} \beta_a \text{PIBpercapita}_c * \text{dummyaño}_a$$

donde IB es la intensidad de búsqueda de ChatGPT cada semana desde junio de 2023 a mayo de 2025, en mes m del año a , en la aplicación r y en la Comunidad c . La variable dependiente de intensidad de búsqueda de ChatGPT en relación con el total de búsquedas en Google, proviene de Google Trends y se encuentra en términos relativos al máximo de búsquedas de cada término educativo durante el período. Desde junio de 2023 a mayo de 2025 han transcurrido 101 semanas. El número de observaciones totales de las que se dispone es

de diecisiete comunidades autónomas por 101 semanas, 1.717 observaciones. La variable de interés es el PIB per cápita de la comunidad autónoma c . El coeficiente asociado al PIB per cápita indicará si en las comunidades autónomas con mayor renta se hacen más búsquedas en Google de ChatGPT que en aquellas con menor renta. Un coeficiente positivo de β_a nos indicará que, como se ha planteado en las secciones anteriores, en las zonas con mayor PIB per cápita se accede con más intensidad a la IA en el ámbito del empleo y la educación. Por el contrario, un coeficiente negativo indicaría que en las comunidades autónomas con menor renta se busca en mayor medida ChatGPT.

Las *dummies* de mes permiten analizar cómo varía el acceso a ChatGPT en España a lo largo del año, en donde el mes omitido será el de diciembre. Las *dummies* para cada uno de los tres años, 2023, 2024 y 2025 muestran la evolución de las búsquedas de ChatGPT en relación con todas las demás búsquedas, en donde 2023 será el año de referencia. Por último, las *dummies* para cada una de las comunidades autónomas señalan si en cada región hay un mayor o menor acceso a esta IA con un objetivo de empleo o educación.

El cuadro n.º 5 presenta los resultados de la intensidad de búsquedas relativas de ChatGPT a lo largo del tiempo y entre comunidades autónomas, tomando como referencia la Comunidad de Andalucía, el mes de diciembre y el año 2023. La interpretación de los coeficientes debe realizarse en comparación con la categoría de referencia: un valor negativo indica una intensidad menor respecto a Andalucía, diciembre o el año 2023, mientras que un valor positivo refleja una mayor intensidad. Se utilizan tres especificaciones que incluyen efectos fijos por comunidad, por mes y por año, incorporando en los modelos 2 y 3 el PIB per cápita y su interacción con los años de referencia. La variable dependiente representa la intensidad de búsquedas en Google sobre ChatGPT en España en términos relativos a cualquier otra búsqueda en Google.

En primer lugar, se observan diferencias territoriales significativas. País Vasco (-25,3), Cantabria (-20,3), Baleares (-17,1), Navarra (-15,2),

CUADRO N.º 5

EFFECTO SOBRE LA INTENSIDAD DEL USO DIGITAL POR COMUNIDAD AUTÓNOMA, MES Y AÑO

Modelo con variables regionales, temporales y PIB per cápita

COMINIDADES	BÚSQUEDAS CHATGPT		
Andalucía (ref.)	–	–	–
Aragón	-8,931*** (4,18)	-8,823*** (1,86)	-8,823*** (1,84)
Asturias	-12,941*** (6,06)	-12,894*** (1,92)	-12,894*** (1,90)
Baleares	-17,198*** (8,06)	-17,093*** (1,86)	-17,093*** (1,84)
Canarias	-2,000 (0,94)	-1,989 (2,07)	-1,989 (2,05)
Cantabria	-20,307*** (9,51)	-20,258*** (1,91)	-20,258*** (1,89)
Castilla-La Mancha	-2,762 (1,29)	-2,649 (1,87)	-2,649 (1,85)
Castilla y León (om.)	–	–	–
Cataluña	-11,891*** (5,57)	-11,887*** (2,11)	-11,887*** (2,09)
Ceuta y Melilla	-2,178 (1,02)	-2,127 (1,90)	-2,127 (1,88)
C. Valenciana	-9,851*** (4,61)	-9,791*** (1,88)	-9,791*** (1,86)
Extremadura (om.)	–	–	–
Galicia	-11,366*** (5,32)	-11,342*** (2,01)	-11,342*** (1,98)
Madrid	12,277*** (5,75)	12,302*** (2,00)	12,302*** (1,98)
Murcia	-15,941*** (7,47)	-15,810*** (1,91)	-15,810*** (1,89)
Navarra	-15,366*** (7,20)	-15,213*** (2,00)	-15,213*** (1,98)
País Vasco	-25,386*** (11,89)	-25,296*** (1,85)	-25,296*** (1,83)
La Rioja	1,287 (0,60)	1,318 (1,98)	1,318 (1,96)
Enero	-19,358*** (10,13)	-19,358*** (1,91)	-19,358*** (1,89)
Febrero	-13,505*** (7,07)	-13,505*** (1,91)	-13,505*** (1,89)
Marzo	-15,039*** (8,26)	-15,039*** (1,82)	-15,039*** (1,80)
Abril	-20,072*** (10,50)	-20,072*** (1,91)	-20,072*** (1,89)
Mayo	-10,989*** (5,40)	-10,989*** (2,03)	-10,989*** (2,01)
Junio	-14,465*** (8,55)	-14,465*** (1,69)	-14,465*** (1,67)
Julio	-17,433*** (10,31)	-17,433*** (1,69)	-17,433*** (1,67)
Agosto	-18,621*** (10,67)	-18,621*** (1,75)	-18,621*** (1,72)
Septiembre	-6,348*** (3,75)	-6,348*** (1,69)	-6,348*** (1,67)
Octubre	6,692*** (3,96)	6,692*** (1,69)	6,692*** (1,67)
Noviembre	14,254*** (8,17)	14,254*** (1,75)	14,254*** (1,72)
Diciembre (ref.)	–	–	–
Año 2023 (ref.)	–	–	–
Año 2024	18,649*** (20,39)	18,649*** (0,91)	32,107*** (4,55)
Año 2025	59,902*** (38,44)	59,902*** (1,56)	98,451*** (6,15)
PIB per cápita		-0,00001 (0,00011)	–
PIB*Año2023	–	–	0,00043*** (0,00015)
PIB*Año2024	–	–	-0,00001 (0,00013)
PIB*Año2025	–	–	-0,00083*** (0,00018)
Constante	19,442*** (10,10)	19,660*** (4,01)	6,243 (4,91)
R ²	0,66	0,6600	0,6683
N	1,717	1,717	1,717

Murcia (-15,8), Asturias (-12,9) y Cataluña (-11,8) muestran coeficientes negativos estadísticamente significativos, lo que indica una menor importancia en la búsqueda de ChatGPT en Google que en Andalucía. Solo Madrid presenta un valor positivo y significativo (+12,3), lo que sugiere un mayor acceso a ChatGPT con objetivo de empleo o educación en comparación con el resto del país. En segundo lugar, los resultados muestran una clara estacionalidad en las búsquedas de ChatGPT. Los meses del verano y del final del curso escolar —junio, julio y agosto— presentan coeficientes negativos y significativos respecto a diciembre, que es el mes base. Agosto (-18,6), julio (-17,4) y abril (-20) son los meses con menor intensidad de acceso a la principal herramienta de IA, lo que se explica por el calendario académico con los descansos del verano y la Semana Santa. Por el contrario, octubre (+6,6) y noviembre (+14,2) muestran un mayor acceso a ChatGPT, lo que podría estar relacionado con el arranque del curso y la mayor carga de trabajo formativo en el primer trimestre del calendario escolar. En tercer lugar, el modelo revela un fuerte crecimiento en las búsquedas de IA en el ámbito de la educación y el empleo desde 2023.

En la segunda especificación se introduce, además, el PIB per cápita de 2023 de cada comunidad autónoma. Este término no es significativo. Es decir, que no hay evidencia en España de que las búsquedas de ChatGPT en Google entre junio de 2023 y mayo de 2025, en relación con las búsquedas de cualquier otro término, estén relacionadas con el nivel de renta de la región en donde reside la persona que está intentando acceder a la IA.

En la última especificación (modelo 3), se explora además cómo la renta regional interacciona con la evolución temporal. La interacción del PIB per cápita con el año 2023 arroja un coeficiente positivo y significativo (+0,00043), lo que indica que en 2023 las regiones con mayor renta intensificaron más rápidamente el acceso a ChatGPT. Sin embargo, en 2025 el signo de la interacción se revierte (-0,00083), lo que sugiere un proceso de convergencia: las regiones con menor renta parecen haber acelerado su incorporación al uso de la IA en la educación y el empleo. Es decir, que las comunidades autónomas con mayor nivel del

PIB per cápita accedieron con mayor intensidad a ChatGPT, una estela que siguieron las regiones con menor renta casi dos años después. La evidencia que encontramos sugiere que, efectivamente, existe una desigualdad inicial en el acceso a la IA en la educación, que con el tiempo va desapareciendo. Los datos de Google Trends hacen referencia a las búsquedas en Google de términos relacionados con ChatGPT, de modo que una vez que esta herramienta está ya instalada no es necesario que el usuario la busque en internet. Por lo tanto, el cuadro n.º 5 muestra que esos primeros accesos a esta IA en el ámbito de la educación y el empleo se produjeron en buena medida casi dos años antes en las comunidades autónomas de mayor PIB per cápita.

En conjunto, los resultados del cuadro n.º 5 muestran que las búsquedas de ChatGPT en educación y empleo en España ha seguido una trayectoria ascendente, con importantes desigualdades territoriales, variaciones estacionales asociadas al calendario académico y de trabajo, marcada por una caída del uso en los meses de verano y repuntes en otoño, cuestiones estas que reflejan la influencia de los calendarios escolares en la adopción tecnológica.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La inteligencia artificial generativa ya está alterando de forma tangible el ecosistema educativo, mostrando un rendimiento superior al de los estudiantes en competencias como lectura o ciencias, aunque con notables limitaciones en razonamiento matemático y tareas multimodales. La velocidad de mejora de estos modelos sugiere que muchas de estas limitaciones podrían ser transitorias. Sin embargo, la integración de la IA en la educación no es neutral. Los datos de PISA y PIAAC revelan que su adopción puede amplificar desigualdades si no se acompaña de políticas específicas de equidad digital. La brecha entre centros públicos y privados, entre territorios o entre niveles socioeconómicos condiciona el acceso a las herramientas de IA, tanto por la infraestructura disponible como por las capacidades institucionales para aprovecharlas. Además, la evidencia

obtenida a través de Google Trends confirma que las comunidades autónomas con mayor renta accedieron antes a estas tecnologías, lo que sugiere un patrón de adopción desigual en sus primeras fases. No obstante, se observa una tendencia reciente hacia la convergencia, lo que indica que aún estamos a tiempo de intervenir para garantizar una difusión más equitativa.

En este contexto, resulta preocupante la percepción negativa del uso prolongado o inadecuado de dispositivos, sin distinguir entre un uso pasivo y un uso estructurado, personalizado y orientado al aprendizaje. Como muestra la evidencia del artículo publicado en Sevilla et al. (2024), cuando el aprendizaje asistido por ordenador es impulsado por los propios docentes y contextualizado dentro del centro, puede tener efectos muy positivos en el aprendizaje, especialmente en matemáticas, donde se han documentado mejoras equivalentes a medio curso escolar. Estas herramientas permiten adaptar la enseñanza al nivel de cada estudiante, reforzando sus áreas de mayor déficit, algo difícilmente alcanzable en aulas con alta ratio sin apoyo tecnológico.

Además, se debe poner en valor el enfoque de desarrollo que han seguido algunas herramientas digitales, como la que se analiza en Sevilla et al. (2024) de lectura y escritura en educación Primaria —DyctectiveU—, construidas desde el principio con la participación activa de docentes, alumnado y familias. Esta cocreación mejora la usabilidad, la aceptación en el aula y la eficacia educativa. Por tanto, retirar las herramientas tecnológicas no solo puede limitar oportunidades de aprendizaje, sino también debilitar las soluciones que han demostrado ser eficaces e inclusivas.

Para promover una adopción equitativa de la inteligencia artificial en la educación, es necesario ir más allá de la dotación tecnológica y adoptar un enfoque integral de justicia digital. En este sentido, los desarrolladores del software deberían incluir la participación activa del profesorado y del alumnado en el diseño y evaluación de las herramientas de IA, con el fin de garantizar su adecuación a contextos educativos diversos y evitar posibles sesgos. Asimismo, en el contexto

de España, con cinco lenguas cooficiales, resulta fundamental desarrollar contenidos multilingües y culturalmente relevantes y diversos y evitar posibles sesgos, tan frecuentes en las herramientas actuales. Es decir, la acción debe realizarse desde la creación: desde el punto de vista del diseño y del contenido de la herramienta. Esto requiere fomentar alianzas público-privadas sustentadas en compromisos éticos que no se limiten únicamente a facilitar el acceso económico a herramientas ya desarrolladas, sino que promuevan una inclusión más profunda desde las fases iniciales de diseño y desarrollo. Este enfoque garantiza que las soluciones de IA educativas integren criterios de equidad en su concepción, contenidos y funcionalidades, de modo que respondan a las necesidades de contextos diversos y no reproduzcan sesgos estructurales desde su origen.

Para evitar que la IA se convierta en un nuevo factor de exclusión educativa, proponemos una serie de medidas prioritarias. En primer lugar, es fundamental garantizar una dotación mínima de recursos digitales en todos los centros educativos, especialmente en los más vulnerables. Esto incluye tanto la infraestructura como el acceso a dispositivos y conectividad. En segundo lugar, es importante formar al profesorado en el uso pedagógico, crítico y ético de las herramientas de IA. Solo así será posible integrar estas tecnologías en el aula de forma efectiva, aprovechando su potencial sin renunciar a los valores fundamentales de la educación. Asimismo, deben establecerse marcos normativos que regulen su uso, protejan la privacidad del alumnado y prevengan sesgos algorítmicos.

Finalmente, es necesario fomentar una cultura de aprendizaje centrada en la autonomía, el pensamiento crítico y la creatividad (véase el capítulo de Lastra y Flynn en este mismo número de Papeles), que complemente —en lugar de sustituir— las capacidades humanas con las de la IA. La IA no reemplazará a la educación, pero transformará profundamente cómo, dónde y para qué aprendemos. El reto de los sistemas educativos será, por tanto, no solo adoptar la tecnología, sino hacerlo de manera justa, contextualizada y con una participación activa de toda la comunidad educativa.

BIBLIOGRAFÍA

- Bacher-Hicks, A., Goodman, J. y Mulhern, C. (2021).** Inequality in household adaptation to schooling shocks: Covid-induced online learning engagement in real time. *Journal of Public Economics*, Vol. 193. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2020.104345>
- Choi, E. (2021).** The limitations of deep learning in mathematical reasoning. *arXiv preprint arXiv:2111.00331*.
- Education Endowment Foundation (EEF (2024)).** *ChatGPT in lesson preparation: A Teacher Choices trial*. National Foundation for Educational Research (NFER). <https://educationendowmentfoundation.org.uk/projects-and-evaluation/projects/chatgpt-in-lesson-preparation-a-teacher-choices-trial>
- Elliott, S. (2017).** Computer-based assessment of adult competencies: An overview of the PIAAC approach. *OECD Education Working Papers*, N^o. 168. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5jln3rj01w8s-en>
- Guan, Y., Liang, Z. y Tena, J. (2025).** Uso de internet en la infancia y adolescencia: ¿beneficioso o perjudicial? *Papeles de Economía Española*, 184.
- Hendrycks, D., Burns, C., Basart, S., Zou, A., Mazeika, M., Song, D. y Steinhardt, J. (2021).** Measuring mathematical problem solving with the MATH dataset. *arXiv preprint arXiv:2103.03874*.
- Holmes, W. (2023).** Artificial intelligence and education: Promises and perils. En *The Cambridge Handbook of Education and AI* (33-55). Cambridge University Press.
- Malik, R., Abdi, D., Wang, R. y Demszky, D. (2025).** Scaffolding Middle-School Mathematics Curricula With Large Language Models. *EdWorkingPaper*: 24-1028. Annenberg Institute at Brown University. <https://doi.org/10.26300/b47y-mh41>
- Marcenaro-Gutiérrez, O. D. y López-Agudo, L. A. (2025).** Sobre el uso de recursos digitales y el rendimiento educativo: de las políticas educativas a la práctica. *Papeles de Economía Española*, 184.
- Meyer, K., Page, L. C., Mata, C., Smith, E. N., Walsh, B. T., Fifield, C. L., Tyson, M., Eremionkhale, A., Evans, M., Frost, S. y Jung, E. E. (2024).** Let's Chat: Leveraging Chatbot Outreach for Improved Course Performance. *EdWorkingPaper* No. 22-564. Annenberg Institute at Brown University. <https://doi.org/10.26300/es6b-sm82>
- OCDE (2023a).** *Putting AI to the test: Large Language Models and their relevance for education*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/putting-ai-to-the-test_2c297e0b-en.html
- OCDE (2023b).** *Is education losing the race with technology? AI's progress in maths and reading*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/is-education-losing-the-race-with-technology_73105f99-en.html
- OCDE (2024).** *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During - and From - Disruption*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>
- OECD (2025).** *Trends Shaping Education 2025*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/ee6587fd-en>
- Petrilli, M. J. (2024).** Next-Gen Classroom Observations, Powered by AI: Let's go to the videotape to improve instruction and classroom practice. *Education Next*, 24(4), 80-82.
- Sanz, I., Cuerdo, M. y Doncel, L. M. (2021).** The use of digital educational resources in times of COVID-19. *Social Media + Society*, Vol. 7/3. SAGE Publications, <https://doi.org/10.1177/20563051211049246>.
- Varsik, S. y Vosberg, L. (2024).** The potential impact of Artificial Intelligence on equity and inclusion in education. *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 23. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/15df715b-en>

SOBRE EL USO DE RECURSOS DIGITALES Y EL RENDIMIENTO EDUCATIVO: DE LAS POLÍTICAS EDUCATIVAS A LA PRÁCTICA

Óscar David Marcenaro-Gutiérrez
Luis Alejandro López-Agudo

Universidad de Málaga

Resumen

Este trabajo examina la relación entre los diferentes usos que se hacen de los recursos digitales, por parte del estudiantado español, y el rendimiento educativo que obtiene este en diferentes competencias. El análisis se aborda desde una triple dimensión: alumnado, centros educativos y comunidades autónomas. De esta forma se consigue aportar evidencia sobre el papel de las políticas de uso de recursos digitales en la amplia dispersión de niveles de competencia observados y, por ende, sobre las posibles diferencias en la dotación de recursos digitales y normativa de uso dentro del territorio nacional.

Palabras clave: recursos digitales, PISA, España, competencias, CC. AA.

Abstract

This paper examines the relationship between the different uses of digital resources by Spanish students and their educational performance in different competences. The analysis is approached from a triple dimension: students, schools and Autonomous Regions. In this way, we have been able to provide evidence of the role of digital resource use policies on the wide dispersion of competence levels observed and, therefore, on the possible differences in the provision of digital resources and regulations for their use within the national territory.

Keywords: digital resources, PISA, Spain, competences, Autonomous Regions.

JEL classification: I20, I21, I28.

I. INTRODUCCIÓN

Tal como se ha subrayado en la introducción de este número especial de la revista *Papeles de Economía Española*, la aparición y el desarrollo exponencial de las TIC (tecnologías de la información y las comunicaciones) han transformado por completo el tejido social y económico, dando lugar a una nueva generación de jóvenes que cuentan con sus propias formas de procesar e intercambiar información. En este contexto, numerosos estudios afirman que la inversión en TIC es clave para la productividad de un país al (1) mejorar la eficiencia de los procesos (Martínez-Caro, 2020). Así, trabajos como, por ejemplo, el de Skorupinska y Torrent-Sellens (2017), destacaron que el uso de las TIC aumenta la productividad y, en consecuencia, impulsa el

crecimiento económico de forma directa, así como de forma indirecta a través de innovaciones complementarias.

Por otro lado, y en la medida en que el uso de las TIC promueve la generación y aplicación de nuevos conocimientos, facilita no solo la transición hacia una economía más sostenible, sino que también mejora significativamente, al menos en teoría, las posibilidades de desarrollar una educación de calidad. En este sentido, las TIC han cambiado los enfoques tradicionales de enseñanza y aprendizaje, y su inclusión en el proceso educativo ha permitido al estudiantado acceder a una gran cantidad de información y recursos educativos, brindando además a los educadores la oportunidad de crear un entorno para el aprendizaje colaborativo y creativo (Comisión Europea, 2020),

que, gracias a su flexibilidad, facilita la adaptación de la educación a las características del estudiantado (O'Flaherty y Phillips, 2015). Además, su uso implica la adquisición de un conjunto de habilidades, como la capacidad de buscar o evaluar información contenida digitalmente, que puede resultar de gran utilidad cuando se trata de tareas más complejas.

Sin embargo, a pesar de estos potenciales beneficios, el papel de las TIC en el ámbito educativo sigue siendo controvertido. El acceso casi universal a esta tecnología del que goza la juventud puede conducir a un uso improductivo de los dispositivos tecnológicos y a conductas adictivas y disruptivas (Fineberg *et al.*, 2018; Fernandes *et al.*, 2021), al generar hábitos sedentarios (Sisson *et al.*, 2009; Tena y Jing, 2025). De esta manera, el uso excesivo de las TIC puede dificultar el proceso educativo (Sengupta *et al.*, 2018; Koca y Berk, 2019), tanto reduciendo el tiempo que el alumnado dedica a sus estudios (Lau, 2017; Wammes *et al.*, 2018) como afectando negativamente a la vida personal de las generaciones más jóvenes, a través del aislamiento social y los problemas familiares (Siciliano *et al.*, 2015; Song *et al.*, 2019; O'Day y Heimberg, 2021; Blanchflower *et al.*, 2024). A esto se añaden los desafíos relacionados con el plagio, la sobrecarga de información, el acoso cibernético, etc. (Altuna *et al.*, 2020). De hecho, sistemas educativos como el sueco se encuentran sumidos en un profundo debate en relación con este asunto, que le ha llevado a diseñar un plan de actuación que se ha calificado como de "vuelta a lo básico", que incluye el regreso a la escritura con lápiz y papel, y tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes una base más sólida en matemáticas, lectura y escritura, a una edad más temprana.

En este contexto, cabe preguntarse si el uso de las TIC puede tener un impacto negativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para responder a esta cuestión, abordamos el análisis en tres niveles. Por un lado, evaluamos su influencia a nivel individual, estableciendo correlaciones entre el tipo de recursos digitales empleados, dónde se utilizan y con qué intensidad, y el rendimiento del estudiantado en diversas dimensiones. En segundo lugar, presentamos un análisis agregado por centros, poniendo el foco en las políticas que estas instituciones implementan respecto a la dotación de recursos digitales.

Por último, efectuamos un análisis por comunidades autónomas (CC. AA.) con el objetivo de establecer si las políticas educativas relativas a la dotación de recursos digitales pueden identificarse, al menos parcialmente, como elementos detractores de la convergencia en términos de rendimiento académico del estudiantado residente en las diversas regiones que conforman España.

Teniendo en cuenta la motivación del estudio, utilizamos el conjunto de datos proporcionado por PISA (Programa para la Evaluación Internacional del Alumnado) para los años 2015, 2018 y 2022. Esta fuente estadística proporciona información representativa, a los tres niveles de agregación mencionados, sobre la intensidad de uso de las TIC dentro y fuera de las aulas, por parte del alumnado adolescente (15-16 años). Este colectivo puede ser especialmente sensible a la transformación que el uso de recursos digitales puede suponer para el futuro de la sociedad, en la medida en que durante la etapa adolescente las personas no solo desarrollan metas educativas y profesionales, sino que también se preguntan quiénes son y quiénes quieren ser (Verhoeven *et al.*, 2019).

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera. En primer lugar, revisamos brevemente la literatura relevante relacionada con la influencia del uso de las TIC en el rendimiento académico. A continuación, describimos las principales características de la información sobre la que se ha realizado un conjunto amplio de análisis, cuyos resultados se presentan en la tercera sección. Por último, discutimos los principales hallazgos, incluyendo algunas recomendaciones para las políticas socioeconómicas.

II. BREVE REVISIÓN DE LA LITERATURA

Lejos de alcanzar un consenso, la literatura sugiere que el efecto del uso de las TIC sobre el rendimiento académico puede ser positivo, negativo o incluso no significativo.

Dentro de esa limitada evidencia, encontramos algunos estudios en el contexto de España (Cabras y Tena, 2016; García-Martín y Cantón-Mayo, 2019;

Fernández-Gutiérrez *et al.*, 2020; Martínez-Gautier *et al.*, 2021; Prieto-Latorre *et al.*, 2022; Ladrón de Guevara Rodríguez *et al.*, 2022; Ladrón de Guevara *et al.*, 2023). Por ejemplo, García-Martín y Cantón-Mayo (2019) analizaron la influencia de cinco tipos de uso de Internet (motores de búsqueda, wikis, blogs, podcasts y mensajería instantánea) con una muestra de adolescentes de Castilla y León (1.488 estudiantes). Entre sus resultados subrayan que cada uso de Internet está asociado con diferentes áreas de conocimiento; por ejemplo, la búsqueda de información en línea está fuertemente asociada con el rendimiento académico en lengua, mientras que el uso de podcasts está asociado con las matemáticas. Por otra parte, Fernández-Gutiérrez *et al.* (2020) evaluaron el uso de las TIC en centros de educación secundaria utilizando datos PISA de tres oleadas (2009, 2012 y 2015) e identificaron efectos sustanciales en el rendimiento del alumnado en ciencias, aunque no en lectura y matemáticas. Cabras y Tena (2016) también utilizaron los datos proporcionados por PISA 2012, encontrando un efecto causal del uso de las TIC en el rendimiento matemático del estudiantado español, siendo el efecto más fuerte entre el estudiantado de menores ingresos.

En el contexto internacional, los hallazgos empíricos indican, en general, una relación significativa negativa entre el uso de las redes sociales y el rendimiento académico (véanse los metaanálisis de Liu *et al.*, 2017, y Marker *et al.*, 2018). En concreto, Feng *et al.* (2019) destacan esta influencia negativa, en la medida en que provoca la realización de múltiples tareas y distrae del trabajo escolar, además de reducir las habilidades de gestión del tiempo (Kirschner y Karpinski, 2010). De forma similar, Agasisti *et al.* (2020), empleando datos de PISA 2012 para cinco países de la Unión Europea (UE), proporcionan evidencia de que en la mayoría de los países existe una asociación negativa entre el uso intensivo de ordenadores para hacer los deberes y las puntuaciones obtenidas en las pruebas en todas las materias; este efecto negativo afecta tanto al rendimiento del estudiantado con bajas calificaciones como al de altas.

No obstante, algunos estudios han demostrado cómo el uso de Internet puede mejorar el rendimiento académico. Por un lado, Chen *et al.* (2014)

analizaron la relación entre la búsqueda de información en Internet, el rendimiento y la autoeficacia académica, siendo esta última el mediador entre las dos primeras. Los autores distinguieron entre el uso educativo y el de ocio de Internet, concluyendo que ambos usos incidían positivamente en la autoeficacia académica del estudiantado, mejorando indirectamente su rendimiento académico. Gubbels *et al.* (2020) mostraron que el uso moderado de las TIC estaba relacionado positivamente con el logro lector de estudiantes holandeses de 15 años, con un impacto negativo cuando las TIC se usaban en exceso. Desde una perspectiva más amplia, Lei *et al.* (2021) realizaron un metaanálisis de más de 50 artículos científicos encontrando que, en general, existe un vínculo positivo entre la alfabetización en TIC y el rendimiento académico, siendo esta correlación directa más fuerte para los chicos y para los estudiantes de último año de secundaria.

Finalmente, algunos estudios apuntan a la falta de un efecto significativo de Internet y las TIC sobre los resultados educativos (Woessmann y Fuchs, 2004; Spiezia, 2011; Cristia *et al.*, 2017). La influencia que Internet tiene en el proceso de enseñanza-aprendizaje puede depender del tipo de análisis realizado. En particular, mientras que las herramientas de búsqueda de información en línea y el procesamiento de textos se asocian con un mayor rendimiento académico en estudiantes de 15 años (Gil, 2012), los videojuegos o el entretenimiento en *streaming* dificultan el proceso educativo (López-Agudo y Marcenaro-Gutiérrez, 2020). En este sentido, parece que el problema radica en un uso excesivo o inadecuado de Internet (Zhou *et al.*, 2020), que da lugar a situaciones en las que los usuarios no pueden controlar el tiempo que dedican a actividades en línea y descuidan sus actividades diarias (Wąsiński y Tomczyk, 2015). Esta "adicción", a la que algunos estudios se refieren como "trastorno por uso de Internet" (Peterka-Bonetta *et al.*, 2019), puede derivar en problemas socioemocionales entre la juventud (Pontes *et al.*, 2015), así como afectar negativamente a su rendimiento académico al reducir el compromiso académico y aumentar la desafección hacia las actividades de aprendizaje (Berte *et al.*, 2021).

También como ejemplo de la falta de efectos encontramos el estudio realizado por Prieto-Latorre *et al.* (2021), quienes evaluaron el efecto que el uso

de Internet puede tener en las calificaciones reales que obtiene el estudiantado (conocimiento basado en contenidos) y en las puntuaciones de ese mismo estudiantado en pruebas estandarizadas (competencias) de una cohorte de estudiantes de octavo grado en 2011-2012; la principal conclusión fue que el uso de Internet con fines académicos debería priorizarse sobre el uso continuado de las redes sociales. En cualquier caso, la evidencia en España es aún escasa y no concluyente, por lo que se necesitan más investigaciones basadas en datos recientes, ya que el uso de Internet y las nuevas tecnologías está marcando las vidas del conjunto de la población.

III. DATOS

Los datos empleados en la presente investigación proceden del Programa para la Evaluación Internacional del Alumnado (PISA); en concreto, se han analizado las tres últimas oleadas disponibles (2015, 2018 y 2022) para España. Esta evaluación internacional a gran escala es realizada por la OCDE y pretende analizar las competencias del estudiantado de entre 15 y 16 años en lectura, matemáticas y ciencias. El procedimiento de muestreo se basa en dos etapas: en primer lugar, se elige un número mínimo aleatorio de escuelas (150) para cada país en particular, seguido de un muestreo aleatorio de un número mínimo de estudiantes (42) dentro de cada escuela. En el caso de España, los datos de PISA de esas tres olas incluyen alrededor de 30.000 estudiantes matriculados en más de 1.000 centros educativos, en cada ola; estas cifras se alcanzaron porque los datos españoles proporcionaron información representativa para cada una de las diecisiete comunidades autónomas españolas.

PISA incluye cuestionarios para estudiantes y escuelas, junto con otros que responden a algunos países: trayectoria educativa, alfabetización financiera, uso de las TIC, cuestionarios para profesorado y padres/madres. En particular, las principales variables del presente estudio provienen del cuestionario relativo al uso de las TIC.

En el Anexo se presenta una descripción más detallada de algunos aspectos metodológicos a tener en cuenta cuando se analiza este tipo de datos.

IV. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE USO DE LAS TIC Y RENDIMIENTO EDUCATIVO

Con el objetivo de aportar una breve descripción de los datos contenidos en PISA en relación con el uso de las TIC en las tres últimas olas, en el cuadro n.º A1 (Anexo) se han incluido los valores medios (y desviaciones estándar) de las variables que forman parte de los modelos de regresión que se recogen en los diferentes epígrafes de esta sección. De la lectura de esa información se deriva una serie de hechos especialmente relevantes. Por un lado, en lo referido al uso de las TIC fuera del centro educativo, se observa un incremento significativo de la frecuencia de navegación por Internet para realizar tareas escolares (por ejemplo, para preparar un trabajo o una presentación); en los años 2015 y 2018, la proporción de los que hacían esta actividad cada día o casi a diario fue del 26 por 100; sin embargo, en 2022 ascendió al 59 por 100. Además, se ha producido una creciente frecuencia de descargas de aplicaciones de aprendizaje por Internet (tanto genéricas como de ciencia); esta ha pasado del 8 por 100 en 2015 a 16 por 100 en 2018, y del 7 por 100 al 17 por 100, en el caso de aplicaciones de ciencia. Por otro lado, en lo referido al uso de las TIC en el centro educativo, en el cuadro n.º A2 (Anexo) se puede apreciar un aumento tanto del uso del correo electrónico y de los procesadores de texto como de herramientas digitales de aprendizaje (idiomas, matemáticas, etc.), que pasan de ser empleados todos o casi todos los días por solo un 10 por 100 del alumnado, en 2015, a un 40 por 100 en 2022. A esto se une el significativo incremento de la realización de tareas con ordenadores, tanto a nivel individual como en grupos de trabajo en clase.

Cuando se analizan algunas variables relativas al uso de las TIC y a la política de los centros educativos en cuanto a su uso, tal como se hace en el cuadro n.º A3 (Anexo), en la que se presentan los estadísticos descriptivos calculados a nivel de centro, se pueden inferir una serie de aspectos relevantes. Existe una alta y creciente digitalización de los centros educativos, puesto que la ratio de ordenadores por estudiante ha pasado de 0,82 a 1 (entre 2015 y 2022), con la práctica totalidad de ellos conectados a Internet. Además, la ratio de estos ordenadores que son portátiles y tienen fines

educativos ha pasado del 29 por 100 al 36,52 por 100; el uso de cañones y pizarras digitales también ha ido creciendo, aunque a una tasa menor. Junto a esta información, en la ola de 2022 de PISA se incluyen algunas variables que permiten profundizar en la política respecto a las normas de uso de los recursos digitales en los centros educativos. En concreto, la inmensa mayoría (87 por 100) de los centros dispone de una declaración escrita sobre el uso general de los dispositivos digitales, y dos tercios de ellos no permiten el uso de teléfonos móviles en las instalaciones del colegio. Esa misma ratio se observa respecto a la disponibilidad en el centro de un programa específico de preparación del estudiantado para que tenga un comportamiento responsable en el uso de Internet. Aún menor es la proporción de colegios con políticas específicas sobre cómo utilizar dispositivos digitales en la enseñanza de matemáticas (40 por 100).

En síntesis, el simple análisis descriptivo permite afirmar la existencia de un grado creciente de digitalización del alumnado dentro y fuera del aula, y un desarrollo considerable de políticas es-

pecíficas por parte de los centros orientadas al uso adecuado de estos recursos digitales.

1. Un análisis a nivel de estudiantes

Tal como se indicó en la introducción, el primero de los objetivos de este estudio es establecer el grado de asociación entre el uso de las TIC y una serie de indicadores de rendimiento académico. Para ello, se aporta un conjunto de estimaciones que buscan cuantificar esa relación. En estos modelos se incluyen además otras características del estudiantado (a nivel individual) que pueden condicionar esa relación (sexo, estatus socioeconómico, tipo de centro, etc.). En cuanto a las variables de rendimiento académico que se han empleado, estas son las puntuaciones del estudiantado en pruebas estandarizadas de matemáticas (2) y comprensión lectora, así como la probabilidad de haber repetido algún curso.

En el cuadro n.º 1A, se presentan las estimaciones de un modelo que permite deducir el mayor rendimiento de las chicas respecto a los chicos en

CUADRO N.º 1A

ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DEL ALUMNADO SOBRE LAS COMPETENCIAS (PISA 2015, 2018 Y 2022)

	PISA 2015		PISA 2018		PISA 2022	
	Lectora	Matemáticas	Lectora	Matemáticas	Lectora	Matemáticas
Mujer (ref.: hombre)	0,186***	-0,166***	0,262***	-0,099***	0,246***	-0,131***
Condición migrante (ref.: nativo)						
2ª generación de emigrantes	-0,092	-0,148**	-0,010	-0,123**	0,045	0,074**
1ª generación de emigrantes	-0,264***	-0,343***	-0,254***	-0,317***	-0,271***	-0,289***
ISEC	0,273***	0,296***	0,268***	0,304***	0,288***	0,341***
Tipo de colegio (ref.: público)						
Concertado	0,117***	0,054	0,067	0,078***	0,136***	0,176***
Privado	0,166***	0,136*	0,125*	0,182***	0,211***	0,283***
Constante	0,050*	0,266***	-0,076***	0,113***	-0,108***	0,056**
Observaciones	29678		33169		28631	
R²	0,144***	0,162***	0,117***	0,134***	0,126***	0,162***

Notas: Método de estimación: mínimos cuadrados ordinarios. Coeficientes: *** significativos al 1 por 100, ** significativos al 5 por 100, * significativos al 10 por 100.

Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

comprensión lectora y el signo opuesto en competencia matemática, el menor rendimiento en ambas competencias del alumnado inmigrante de primera generación —en comparación con el estudiantado nativo—, así como el efecto positivo del indicador de estatus socioeconómico y cultural; todos estos resultados están en línea con lo observado en estudios previos. Resulta interesante subrayar que el efecto de asistir a un colegio privado o concertado —en comparación con uno público— es más intenso en la última ola de PISA (2022), lo que debe ser objeto de reflexión individualizada en estudios futuros.

Por lo que respecta a la probabilidad de repetición, los resultados (3) son muy estables desde 2015, siendo esta probabilidad un 37 por 100 menor entre las estudiantes, en comparación con los chicos, elevándose significativamente entre la población inmigrante, especialmente de primera generación (que duplican la probabilidad de repetición frente a los nativos), los procedentes de entornos socioeconómicos más desfavorecidos y los que asisten a colegios públicos.

Centrándonos ahora en las variables relacionadas con el uso de las TIC, comenzamos por el uso de estos recursos fuera del colegio (cuadro n.º 1B). Así, se puede observar que navegar por Internet para la realización de deberes con asiduidad tiene un impacto muy positivo sobre el rendimiento en matemáticas y comprensión lectora, permitiendo obtener puntuaciones 0,5 D. E. (desviaciones estándar) superiores respecto a los que manifiestan no realizar esta actividad. Además, ese efecto se ve potenciado ligeramente a medida que avanzamos en el período considerado. En el cuestionario de 2022 se añadió una cuestión relativa a la frecuencia con la que el alumnado recibía o descargaba tareas por vía telemática que, atendiendo a nuestros resultados, muestra una correlación positiva y significativa respecto al alumnado que no recibía instrucciones por este medio (de entre 0,5 y 0,6 D. E.); este resultado puede ser fruto de la mayor interacción por este medio del profesorado con el estudiantado como consecuencia de la pandemia COVID-19. Asimismo, el alumnado que navega por Internet como diversión, para obtener información práctica (ubicaciones, etc.) o leer publicaciones (periódicos, etc.) también obtiene puntuaciones más elevadas en las pruebas de competencias, en comparación con los que no lo hacen. El grado de asociación

es similar y del mismo signo que el obtenido por el estudiantado que escribe correos electrónicos de forma regular. En cambio, el uso de Internet para jugar juegos *online* y para compartir contenidos (música, vídeos, etc.) mantiene una relación negativa con las capacidades mostradas en las pruebas de competencias. De forma similar, la frecuencia de uso del móvil para descargar aplicaciones, aunque sean con contenidos educativos, o para hacer deberes, también mantiene un elevado grado de asociación negativa que alcanza entre 0,5 y 0,8 D. E. para los que hacen estas actividades a diario.

En cambio, cuando se analizan las estimaciones obtenidas al evaluar el grado de asociación entre las competencias en matemáticas y comprensión lectora respecto a los diferentes usos de los recursos digitales dentro del colegio (cuadro n.º 1C), se observa un patrón negativo, salvo en el uso de procesadores de texto en la ola de 2022 (PISA). Esta relación negativa es especialmente intensa en lo que concierne a la subida de tareas escolares a la web y jugar con simulaciones. Tal como vimos en la revisión de la literatura, una posible explicación de estos signos puede encontrarse en el carácter de distracción que puede implicar para el estudiantado el uso de dispositivos electrónicos dentro del colegio. Esta conclusión pone el foco sobre la importancia del debate sobre hasta qué punto el abandono de técnicas tradicionales dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje y su reemplazo sistemático con recursos digitales puede ir en detrimento de la adquisición de competencias por el estudiantado.

En lo que respecta al impacto del uso de las TIC fuera del colegio sobre la probabilidad de repetición, se observa un patrón similar en las tres olas analizadas de PISA, con una probabilidad significativamente superior de repetición del estudiantado que utiliza con frecuencia videojuegos *online* (en el caso de que lo haga a diario esa probabilidad duplica a la de los que no hacen esta actividad nunca o casi nunca), del que sube contenidos (vídeos, música, etc.) y del que frecuentemente descarga aplicaciones de aprendizaje. En cambio, el alumnado que navega por Internet como medio para la realización de tareas académicas, todos o casi todos los días, presenta una probabilidad 72 por 100 inferior de repetir que los que nunca realizan esta actividad.

CUADRO N.º 1B

ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE USO DE LAS TIC POR PARTE DEL ALUMNADO (FUERA DEL COLEGIO) SOBRE LAS COMPETENCIAS (PISA 2015, 2018 Y 2022)

	Pisa 2015		Pisa 2018		Pisa 2022	
	Lectora	Matemáticas	Lectora	Matemáticas	Lectora	Matemáticas
Uso del email						
<i>Cada día</i>	0,214***	0,331***	0,195***	0,216***		
<i>Casi cada día</i>	0,352***	0,371***	0,314***	0,263***		
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,388***	0,408***	0,319***	0,308***		
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,260***	0,319***	0,256***	0,227***		
Juego en línea vía redes sociales						
<i>Cada día</i>	-0,409***	-0,311***	-0,434***	-0,326***		
<i>Casi cada día</i>	-0,263***	-0,201***	-0,351***	-0,265***		
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,319***	-0,187***	-0,308***	-0,170***		
<i>Una o dos veces por mes</i>	-0,106***	-0,057	-0,213***	-0,099***		
Navegar por Internet por diversión						
<i>Cada día</i>	0,336***	0,326***	0,528***	0,414***		
<i>Casi cada día</i>	0,382***	0,317***	0,522***	0,436***		
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,299***	0,354***	0,318***	0,288***		
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,090*	0,118**	0,116**	0,129		
Lectura de noticias en Internet*						
<i>Cada día</i>	0,267***	0,222***	0,298***	0,234***	-0,212***	-0,227***
<i>Casi cada día</i>	0,284***	0,274***	0,325***	0,270***	-0,097***	-0,030
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,332***	0,278***	0,291***	0,284***	-0,069**	0,013
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,237***	0,236***	0,170***	0,188***	-0,003	0,013
Obtención de información práctica con Internet (ubicaciones, etc.)						
<i>Cada día</i>	0,273***	0,268***	0,132***	0,099***		
<i>Casi cada día</i>	0,409***	0,325***	0,338***	0,276***		
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,405***	0,407***	0,361***	0,333***		
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,352***	0,318***	0,294***	0,276***		
Subida de contenidos a Internet para compartirlos (por ejemplo, música, vídeos, etc.)						
<i>Cada día</i>	-0,519***	-0,504***	-0,540***	-0,470***		
<i>Casi cada día</i>	-0,280***	-0,287***	-0,419***	-0,382***		
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,242***	-0,181***	-0,355***	-0,264***		
<i>Una o dos veces por mes</i>	-0,077***	-0,060	-0,080***	-0,009		

CUADRO N.º 1B (continuación)

**ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE USO DE LAS TIC POR PARTE DEL ALUMNADO (FUERA DEL COLEGIO)
 SOBRE LAS COMPETENCIAS (PISA 2015, 2018 Y 2022)**

	Pisa 2015		Pisa 2018		Pisa 2022	
Navegar por Internet por actividades escolares (por ejemplo, preparar un trabajo, etc.)						
<i>Cada día</i>	0,197***	0,245***	0,116**	0,077	0,622***	0,559***
<i>Casi cada día</i>	0,559***	0,493***	0,463***	0,381***	0,636***	0,626***
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,643***	0,591***	0,575***	0,519***	0,540***	0,522***
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,562***	0,500***	0,546***	0,498***	0,112*	0,154***
Hacer tareas escolares en un dispositivo móvil						
<i>Cada día</i>	-0,644***	-0,478***	-0,634***	-0,503***		
<i>Casi cada día</i>	-0,413***	-0,290***	-0,379***	-0,302***		
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,200***	-0,120***	-0,305***	-0,207***		
<i>Una o dos veces por mes</i>	-0,156***	-0,038	-0,176***	-0,076***		
Descargar aplicaciones de aprendizaje por Internet en un dispositivo electrónico						
<i>Cada día</i>	-0,819***	-0,695***	-0,558***	-0,477***		
<i>Casi cada día</i>	-0,708***	-0,585***	-0,395***	-0,278***		
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,453***	-0,289***	-0,270***	-0,175***		
<i>Una o dos veces por mes</i>	-0,165***	-0,079**	-0,090***	-0,009		
Descargar aplicaciones de aprendizaje de ciencia por Internet en un dispositivo electrónico						
<i>Cada día</i>	-0,808***	-0,651***	-0,613***	-0,516***		
<i>Casi cada día</i>	-0,730***	-0,499***	-0,464***	-0,357***		
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,451***	-0,313***	-0,311***	-0,212***		
<i>Una o dos veces por mes</i>	-0,140***	0,019	-0,126***	-0,057*		

Notas: Método de estimación: mínimos cuadrados ordinarios.

Coeficientes: *** significativos al 1 por 100, ** significativos al 5 por 100, * significativos al 10 por 100.

Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

2. Un análisis de la política de recursos digitales de los centros educativos

Una forma alternativa de analizar la influencia del uso de los recursos digitales sobre el resultado del estudiantado es a nivel de centros educativos (cuadro n.º 2).

En tal sentido, se ha planteado la estimación de esa influencia, empleando como variable explicada el nivel de competencia medio del estudiantado del centro y poniéndolo en relación con algunas características de este. Así, el mayor nivel medio

de competencia, tanto en comprensión lectora como matemática, se observa en los centros privados, que superan tanto a los concertados como a los públicos a lo largo del período considerado (entre 0,32 y 0,36 D. E. por encima de los públicos en lectura, y entre 0,25 a 0,40 D. E. en matemáticas; la ventaja respecto a los concertados es de 0,15 D. E. de media, en ambas competencias). No obstante, tal como cabía esperar, esos mejores resultados de los centros privados y concertados se diluyen cuando se controlan por la media (a nivel de centro) del índice de estatus socioeconómico y cultural.

CUADRO N.º 1C

**ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE USO DE LAS TIC POR PARTE DEL ALUMNADO (DENTRO DEL COLEGIO)
 SOBRE LAS COMPETENCIAS (PISA 2015, 2018 Y 2022)**

	Pisa 2015		Pisa 2018		Pisa 2022	
	Lectora	Matemáticas	Lectora	Matemáticas	Lectora	Matemáticas
Uso del correo electrónico y o procesadores de texto (ref. nunca o casi nunca)						
<i>Cada día</i>	-0,386***	-0,220***	-0,397***	-0,289***	0,484***	0,496***
<i>Casi cada día</i>	-0,155***	-0,118**	-0,176***	-0,181***	0,522***	0,536***
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,023	0,119***	0,021	0,055	0,454***	0,463***
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,067**	0,104***	-0,036	0,040	0,082	0,118***
Jugar con simulaciones en el colegio (ref. nunca o casi nunca)						
<i>Cada día</i>	-0,860***	-0,594***	-0,811***	-0,614***		
<i>Casi cada día</i>	-0,506***	-0,386***	-0,674***	-0,538***		
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,228***	-0,091***	-0,355***	-0,232***		
<i>Una o dos veces por mes</i>	-0,094***	-0,024	-0,309***	-0,177***		
Usar los ordenadores del colegio para trabajos en grupo y comunicarse con otros estudiantes (ref. nunca o casi nunca)						
<i>Cada día</i>	-0,542***	-0,435***	-0,650***	-0,477***	-0,005	-0,052
<i>Casi cada día</i>	-0,175***	-0,146***	-0,320***	-0,302***	0,105***	0,157***
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,025	0,029	-0,077***	-0,059	0,243***	0,264***
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,121***	0,143***	0,082***	0,128***	0,088**	0,144***
Subida de tareas escolares a la web del colegio (ref. nunca o casi nunca)						
<i>Cada día</i>	-0,720***	-0,436***	-0,696***	-0,549***	-0,484***	-0,397***
<i>Casi cada día</i>	-0,289***	-0,176***	-0,490***	-0,395***	-0,217***	-0,148***
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,113***	-0,015	-0,246***	-0,153***	-0,167***	-0,075***
<i>Una o dos veces por mes</i>	-0,088**	0,045	-0,146***	-0,063*	-0,088***	-0,000
Navegar por Internet por actividades escolares (por ejemplo, preparar un trabajo, etc.) (ref. nunca o casi nunca)						
<i>Cada día</i>	-0,254***	-0,136*	-0,226***	-0,181***	0,236***	0,212***
<i>Casi cada día</i>	0,066*	0,090	-0,013	-0,046	0,322***	0,303***
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,234***	0,246***	0,186***	0,153***	0,234***	0,253***
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,192***	0,216***	0,181***	0,205***	0,146***	0,139***
Hacer tareas escolares en un ordenador en el colegio (ref. nunca o casi nunca)						
<i>Cada día</i>	-0,545***	-0,366***	-0,686***	-0,540***	-0,566***	
<i>Casi cada día</i>	-0,306***	-0,227***	-0,463***	-0,416***	-0,434***	
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,115***	-0,005	-0,163***	-0,161***	-0,339***	
<i>Una o dos veces por mes</i>	-0,102***	-0,038	-0,177***	-0,105***	-0,273***	
Practicar con aplicaciones de aprendizaje por Internet (por ejemplo, aprender idiomas, matemáticas, etc.) (ref. nunca o casi nunca)						
<i>Cada día</i>	-0,453***	-0,328***	-0,632***	-0,480***	-0,504***	-0,497***
<i>Casi cada día</i>	-0,225***	-0,106	-0,358***	-0,302***	-0,331***	-0,262***
<i>Una o dos veces por semana</i>	-0,024	0,030	-0,173***	-0,127***	-0,186***	-0,109***
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,024	0,061**	-0,075***	0,000	-0,046	0,011

Nota**: Coeficientes: *** significativos al 1 por 100, ** significativos al 5 por 100, * significativos al 10 por 100.

Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

CUADRO N.º 2

ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO EDUCATIVO SOBRE LAS COMPETENCIAS DEL ESTUDIANTADO (PISA 2015, 2018 Y 2022)

	Pisa 2015		Pisa 2018		Pisa 2022	
	Lectora	Matemáticas	Lectora	Matemáticas	Lectora	Matemáticas
N.º de ordenadores disponibles/estudiante	-0,090***	-0,046*	-0,024*	-0,029*	-0,060*	-0,047
% de ordenadores disponibles que están conectados a Internet	-0,118	-0,143	0,004	0,003	0,000	0,000
Índice de escasez de material educativo	-0,016	-0,024**	-0,002	-0,017	0,013	0,017
Índice de escasez de personal educativo	-0,008	-0,014	-0,010	-0,012	-0,013	-0,017
Índice de comportamiento que dificulta el aprendizaje	-0,102***	-0,113***	-0,119***	-0,135***	-0,130***	-0,154***
Tipo de colegio: (ref.: público)						
Concertado	0,248***	0,218***	0,212***	0,233***	0,171***	0,227***
Privado	0,324***	0,251***	0,362***	0,402***	0,326***	0,369***
N.º total de estudiantes	0,002***	0,002***	0,002***	0,001***	-0,000	-0,000
Hay ordenadores disponibles para estos estudiantes con fines educativos(ref.: no)	0,002	0,000	0,005**	0,005**	0,002**	0,001
¿Cuántos de estos ordenadores están conectados a Internet?	-0,001	0,000	-0,004*	-0,004*	-0,001	-0,000
¿Cuántos de estos ordenadores son portátiles?	-0,001**	-0,000	-0,001**	-0,000	0,000	-0,000
Pizarras interactivas están disponibles en toda la escuela (ref.: no)	-0,001	-0,001	0,000	-0,000	-0,000	0,000
Los proyectores de datos están disponibles en toda la escuela (ref.: no)	0,002**	0,003***	-0,000	0,001	0,004***	0,003***
Hay ordenadores con conexión a Internet disponibles para el profesorado	-0,000	0,000	0,000	0,001**	-0,001*	0,000
Constante	-0,129	-0,121	-0,615**	-0,516**	-0,005	0,026
Observaciones		813		908		774
R ²	0,328	0,326	0,219	0,324	0,243	0,268

Notas: Método de estimación: mínimos cuadrados ordinarios.

Coefficientes: *** significativos al 1 por 100, ** significativos al 5 por 100, * significativos al 10 por 100.

Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

Curiosamente, la ratio de ordenadores por estudiante presenta una correlación negativa con el nivel medio de competencias del estudiantado del centro, aunque con coeficientes muy pequeños (entre 0,02 y 0,09 D. E.). Podría tomarse como indicador de que la disponibilidad de recursos digitales per se no garantiza mayor rendimiento, puesto que su uso puede ser más un elemento de distracción que de adquisición de competencias. Por último, parece que la disponibilidad de cañones digitales de proyección sí tiene un efecto positivo, aunque su tamaño también es muy reducido.

Por otro lado, en lo que concierne a la asociación entre las características del centro educativo y la tasa de repetición agregada a nivel de este (cuadro n.º 3), no encontramos que la dotación de recursos digitales (ratio de ordenadores por estudiante, pizarras digitales o cañones de proyección, además de conexiones a Internet) tenga correlación significativamente estadística respecto a la probabilidad de repetición. No obstante, si observamos un fuerte im-

pacto negativo del índice de mal comportamiento del estudiantado que, en la medida en que pueda estar condicionado por el uso de redes sociales, tendría un potencial efecto pernicioso sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este indicador sintético de mal comportamiento es generado por PISA a partir de la respuesta del estudiantado respecto a los factores que pueden estar condicionando el proceso de aprendizaje por factores tales como el absentismo del estudiantado a todas o algunas clases, la falta de respeto al profesorado, el consumo de alcohol o drogas por parte del estudiantado y la intimidación por parte de algunos estudiantes a otros o la práctica de *bullying*.

3. Las diferencias regionales en el uso de recursos digitales

Una forma alternativa de abordar estos análisis es planteándonos los potenciales efectos diferenciales de los recursos digitales a nivel de comunidades autónomas (CC. AA.), en la medida en que en el

CUADRO N.º 3

ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO EDUCATIVO SOBRE LA PROBABILIDAD DE REPETICIÓN DEL ESTUDIANTADO (PISA 2015, 2018 Y 2022)

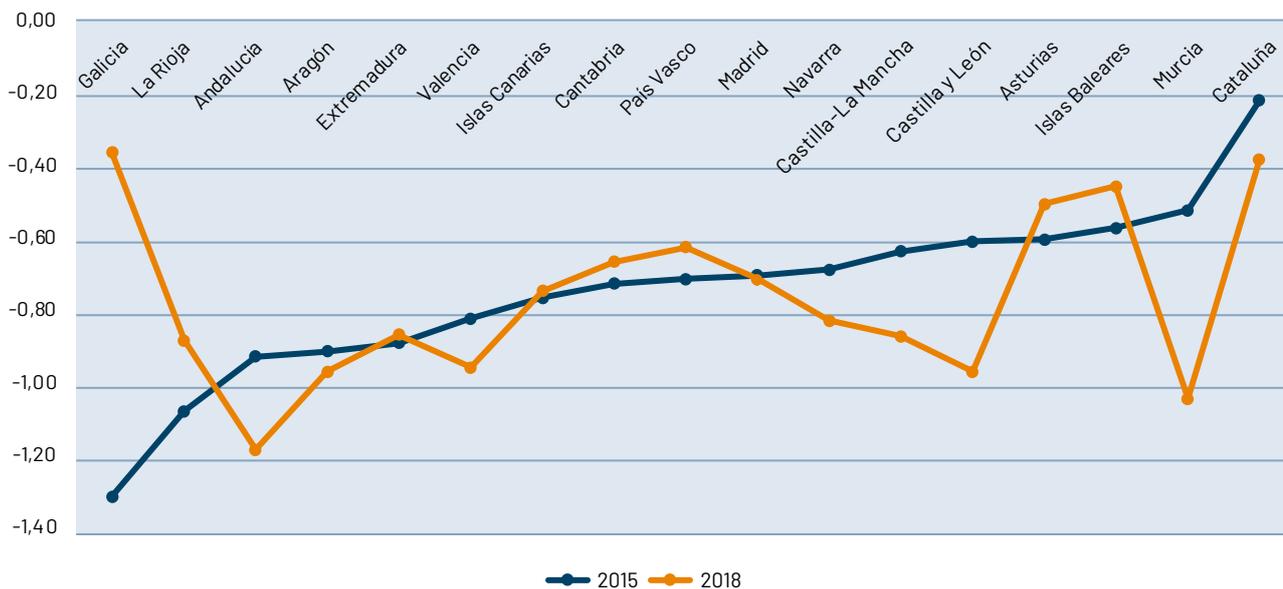
	2015	2018	2022
N.º de ordenadores disponibles/estudiante	2,409***	0,214	0,146
% de ordenadores disponibles que están conectados a Internet	0,026	-0,022	-0,081
Índice de escasez de material educativo	0,739	1,490**	-0,846
Índice de escasez de personal educativo	0,685	-0,522	1,524**
Índice de comportamiento que dificulta el aprendizaje	5,380***	5,622***	5,393***
Concertado (ref.: público)	-0,950	-1,727***	-2,256***
Privado (ref.: público)	-10,471***	-11,482***	-7,103***
N.º total de estudiantes	-0,122***	-0,082***	-0,019*
Ratio de ordenadores portátiles/estudiante con fines educativos	-0,011	-0,025*	0,000
Ratio de pizarras interactivas por estudiante	2,009	2,785	4,137**
Proyectores digitales disponibles en el centro educativo	-0,035	-0,002	-0,067**
Ratio de ordenadores para el profesorado/estudiante con conexión a Internet	-1,362	-1,916**	0,349
Constante	42,315***	43,466***	30,501***
Observaciones	807	908	755

Notas: Método de estimación: probit. Coeficientes: *** significativos al 1 por 100, ** al 5 por 100, * al 10 por 100.

Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

GRÁFICO 1

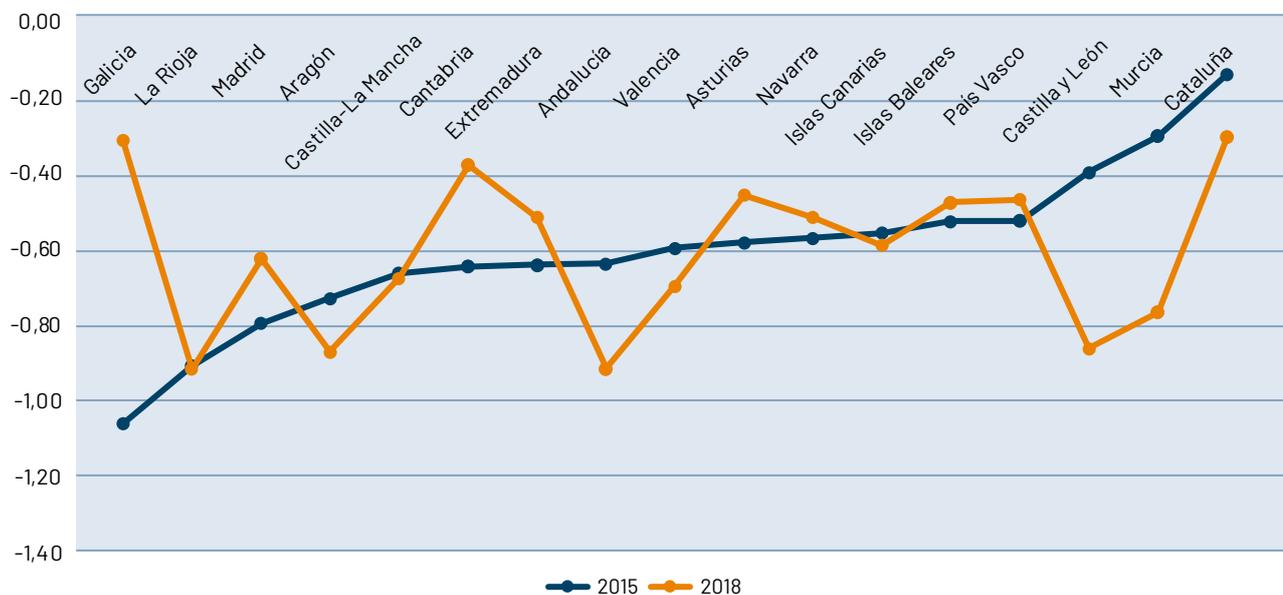
ASOCIACIÓN ENTRE USO DE ORDENADORES PARA REALIZAR TAREAS ACADÉMICAS (DENTRO DEL COLEGIO) Y PUNTUACIONES EN COMPETENCIA LECTORA (PISA 2015 Y 2018)



Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

GRÁFICO 2

ASOCIACIÓN ENTRE USO DE ORDENADORES PARA REALIZAR TAREAS ACADÉMICAS (DENTRO DEL COLEGIO) Y PUNTUACIONES EN COMPETENCIA MATEMÁTICA (PISA 2015 Y 2018)



Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

Estado tiene transferidas a estas las competencias en materia de educación. Esta perspectiva de análisis se plantea ante la posibilidad de que la adopción de políticas diferenciales de las CC. AA. respecto al uso de los recursos digitales puede afectar a la relación entre estos recursos y el nivel competencial adquirido por el estudiantado. Las estimaciones realizadas (4) permiten subrayar la existencia de un efecto homogéneo entre CC. AA. del impacto positivo de emplear Internet para leer noticias entre la población adolescente española. En cambio, en lo referido al efecto negativo de realizar las tareas escolares en un dispositivo móvil, existe un patrón diferencial entre CC. AA. observándose un impacto menos negativo en las islas Baleares y Canarias, así como las del Levante (Valencia y Cataluña), en comparación con Galicia, Madrid o Extremadura.

Tal como subrayamos más arriba, las variables de uso de recursos digitales dentro del centro educativo han mostrado valores negativos cuando se utilizan con alta frecuencia (en comparación con su no uso). Cuando desagregamos este patrón entre CC. AA. obtenemos grados de asociación muy homogéneos, de entre los cuales se han representado gráficamente los correspondientes a hacer todos o casi todos los días las tareas escolares en el ordenador del colegio, tanto en el año 2015 como 2018, así como su asociación, por un lado, con la competencia lectora (gráfico n.º 1) y por otro con la competencia matemática (gráfico n.º 2).

Del análisis de las estimaciones aportadas en esos gráficos se deduce un impacto negativo similar por comunidad autónoma, en el año 2015, sobre las competencias lectora y matemáticas. Sin embargo, el patrón se vuelve menos predecible cuando se representan los coeficientes estimados para 2018. Por tanto, no puede establecerse un patrón concluyente al respecto.

En la última ola de PISA (2022) se aportan dos conjuntos de variables relacionados con las TIC. Por un lado, las relativas a una mayor o menor "dotación" de recursos TIC y, por otro, un conjunto de variables que podríamos denominar como "normas" de uso de TIC en los centros educativos. Para poder sintetizar "la información contenida en cada uno de esos conjuntos," se ha procedido a hacer un análisis

mediante técnicas de reducción estadística. En concreto, se han generado indicadores sintéticos que nos permitan resumir la información incluida en esos dos conjuntos de variables, y así poder facilitar la agrupación de las CC. AA. en función de sus valores. La relación obtenida entre las variables originales y esos indicadores se presenta en el cuadro n.º 4.

A partir del indicador de "normas" (5) y el de "dotación" (6) de recursos digitales, se ha clasificado a las CC. AA. en tres grupos, en función del nivel que presentan. La clasificación resultante arroja información de interés para los análisis planteados. Así, regiones como Castilla-La Mancha, Murcia o Valencia se clasifican entre las de mayor valor en cuanto al índice de "dotación" de recursos digitales y menor valor del índice de "normas" sobre el uso de esos recursos; lo contrario ocurre, por ejemplo, con Madrid, Navarra y País Vasco. Para encontrar una explicación a este resultado es esencial reflexionar sobre la contribución a los respectivos índices de las variables que lo definen (cuadro n.º 4). De este modo, se puede inferir que valores altos del índice de "dotación" implican una alta escasez de recursos digitales, puesto que el número de ordenadores por estudiante contribuye de forma negativa al índice; en cambio, la dotación inadecuada o de baja calidad contribuye de forma creciente. Por tanto, se puede concluir que Castilla-La Mancha, Murcia y Valencia se encuentran entre las CC. AA. con menor número de ordenadores por estudiante, mayor falta de recursos digitales y mayor proporción de centros con inadecuada o baja calidad de la dotación de recursos digitales. Esta caracterización convive con el hecho de que en esas CC. AA. se observa una baja proporción de profesorado que cuenta con un programa específico para promover la colaboración en el uso de dispositivos digitales entre el profesorado (que es el factor que mayor peso positivo tiene sobre el índice de "normas"). Por el contrario, Madrid, Navarra y País Vasco presentan altos valores en la ratio de ordenadores disponibles por estudiante (1,04, 1,19 y 1,11, respectivamente), y altos valores en lo referido a la existencia de horarios programados para promover que el profesorado se reúna para compartir, evaluar o desarrollar materiales y enfoques educativos que emplean recursos digitales (49 por 100, 37 por 100 y 51 por 100, respec-

CUADRO N.º 4

CONTRIBUCIÓN A LOS ÍNDICES DE “DOTACIÓN” DE RECURSOS DIGITALES Y “NORMAS” SOBRE EL USO DE ESOS RECURSOS EN LOS CENTROS EDUCATIVOS, POR CC. AA. (PISA 2022)

Variables relativas a “dotación” de recursos digitales	Contribución al índice
N.º de ordenadores disponibles/estudiante	-0,404
% de ordenadores disponibles que están conectados a Internet	-0,263
Ratio de pizarras interactivas por estudiante	-0,166
Proyectores digitales disponibles en el centro educativo	0,219
Ratio de ordenadores para el profesorado con conexión a Internet por estudiante	-0,359
Falta de recursos digitales (ejemplo: ordenadores, conexiones a Internet, plataforma educativa, etc.)	0,545
Inadecuada o baja calidad de la dotación de recursos digitales (ejemplo: ordenadores, conexiones a Internet, plataforma educativa, etc.)	0,515
Variables relativas a “normas” sobre el uso de recursos digitales	Contribución al índice
El colegio dispone de una declaración escrita sobre el uso general de dispositivos digitales en las instalaciones del colegio	-0,080
No se permite el uso de móviles en las instalaciones del colegio	0,140
El colegio cuenta con pautas formales para el uso de dispositivos digitales para la enseñanza y el aprendizaje en materias específicas	0,309
Los profesores establecen normas sobre cuándo los estudiantes pueden usar dispositivos digitales durante las lecciones	0,052
Los docentes establecen reglas en colaboración con los estudiantes sobre el uso de los recursos digitales en el centro o en clase	-0,131
El colegio dispone de un programa específico para preparar a los alumnos para un comportamiento responsable en Internet	0,392
El colegio tiene una política específica sobre el uso de redes sociales en la enseñanza y el aprendizaje	0,409
El colegio tiene un programa específico para promover la colaboración en el uso de dispositivos digitales entre el profesorado	0,488
La escuela tiene un horario programado para que los maestros se reúnan para compartir, evaluar o desarrollar materiales y enfoques educativos que emplean	0,380
Falta de recursos digitales (ejemplo: ordenadores, acceso a Internet, plataformas de aprendizaje escolar, etc.)	0,393

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2022).

tivamente). En el cuadro n.º 5 se ha incluido la clasificación de las diferentes CC. AA. atendiendo a su posición relativa en cuanto al índice de dotación de recursos tecnológicos y al índice de normas sobre el uso de estos recursos. A partir de la clasificación de las CC. AA., atendiendo a su posición en el nivel alto, medio o bajo de los respectivos índices, se estimaron modelos que permitieran analizar si esa dotación de recursos produce impactos diferenciales sobre el nivel de competencias en comprensión lectora y matemática. Los resultados alcanzados permiten afirmar que, por un lado, las variables con impacto positivo sobre los niveles de competencia presentan un mayor coeficiente en las CC. AA. cla-

sificadas en el valor más bajo del índice de recursos digitales (regiones como Madrid, Navarra, etc.), y las que tienen un impacto negativo (ejemplo: leer o escribir los comentarios automáticamente seleccionados por una aplicación digital) muestran un menor coeficiente para esas CC. AA. En lo relativo al índice de “normas”, los impactos más positivos se ven reforzados en las CC. AA. con mayor valor en este índice (CC. AA. con alto nivel de regulación; que coinciden con Madrid, Navarra, etc.), y los impactos más negativos se atenúan.

En consecuencia, las estimaciones realizadas agrupando las CC. AA. en función de los niveles del

índice de “dotación” y “normas” de uso de recursos digitales en los centros permiten concluir que los centros con elevados niveles de recursos digitales deben coexistir con una normativa extendida entre los centros educativos que regule su uso para alcanzar el adecuado equilibrio entre disponibilidad y uso, si queremos alcanzar una asociación positiva (o menos negativa) entre las TIC y el nivel de competencias del estudiantado.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo ha realizado una aportación novedosa al análisis del papel que los diferentes usos de Internet pueden tener en el rendimiento académico del alumnado de educación secundaria en España. Aporta una contribución novedosa en al menos tres aspectos diferentes. En primer lugar, se hace un análisis en términos tanto de competencias (lectora

y matemática) como de probabilidad de repetición. En segundo lugar, se aportan estimaciones tanto a nivel del estudiantado, como de su agrupación en centros educativos y diferentes CC. AA. En relación con este último nivel, se añade la construcción de indicadores sintéticos en términos de “normas” de uso de las TIC y de “dotación de recursos digitales” de los centros, con el objetivo de ponerlos en relación con el rendimiento del alumnado, y así profundizar en potenciales fuentes de inequidad vinculadas a diferentes políticas educativas.

Los resultados muestran que, en general, el uso de Internet, tanto en el centro educativo como fuera de este, tiene una influencia negativa en el rendimiento académico en educación secundaria, con la excepción de la navegación para la realización de tareas académicas que, además, se ve potenciado a medida que se avanza hacia los años más recientes. De forma similar, la asiduidad en el uso de videojue-

CUADRO N.º 5

CLASIFICACIÓN DE LAS CC. AA. EN FUNCIÓN DE LOS ÍNDICES DE “DOTACIÓN” DE RECURSOS DIGITALES Y “NORMAS” SOBRE EL USO DE ESOS RECURSOS EN LOS CENTROS EDUCATIVOS (PISA 2022)

Índice de “dotación” de recursos digitales	Índice de “normas” sobre el uso de recursos digitales
Navarra	Murcia
País Vasco	Castilla-La Mancha
Cataluña	Cantabria
Cantabria	Valencia
Madrid	Galicia
Andalucía	Aragón
Extremadura	Extremadura
Castilla y León	Ceuta y Melilla
La Rioja	Asturias
Asturias	La Rioja
Galicia	Cataluña
Aragón	Andalucía
Ceuta y Melilla	Navarra
Islas Baleares	Islas Baleares
Castilla- La Mancha	Castilla y León
Murcia	Islas Canarias
Islas Canarias	Madrid
Valencia	País Vasco

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2022).

gos y subida de contenidos a Internet no solo afecta a la adquisición de competencias, sino que también aumenta la probabilidad de repetición.

A nivel de centros, una mayor dotación de recursos digitales no parece contribuir al nivel competencial del estudiando, ni a una menor probabilidad de repetición. No obstante, en la medida en que la dotación de recursos digitales puede ser fruto de las decisiones tomadas a nivel político por las distintas CC. AA., en este trabajo se ha avanzado en la construcción de indicadores sintéticos que permitan clasificar a las regiones en función precisamente de la disponibilidad de esos recursos y de la mayor o menor implantación de políticas específicas destinadas a fijar “normas”. Como resultado de ese ejercicio estadístico, se ha podido agrupar a las CC. AA. en tres niveles diferenciales respecto a esos dos criterios. De este modo, se ha procedido a la estimación de la correlación entre uso de los recursos digitales y el nivel de competencias alcanzado, atendiendo a los niveles de agrupación de las diferentes CC. AA. A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que los centros con elevados niveles de recursos digitales deben coexistir con una normativa extendida que regule su uso. Así pues, se puede alcanzar el adecuado equilibrio entre disponibilidad y uso, con el objetivo de lograr una asociación positiva (o menos negativa) entre las TIC y el nivel de competencias del estudiantado.

En síntesis, los resultados obtenidos permiten concluir que un uso excesivo de Internet puede dificultar el proceso educativo al reducir la cantidad de tiempo que los/as estudiantes dedican a sus estudios, además de que el uso generalizado de recursos digitales los puede llevar a adoptar hábitos de estudio poco saludables que pueden afectar a su éxito académico futuro. En este sentido, y, a la vista de estos resultados, resulta perentorio que los familiares más cercanos de los estudiantes y el centro educativo les proporcionen orientación y establezcan ciertos límites (“normas”) para fomentar un consumo adecuado de Internet en cuanto a contenidos y frecuencia de uso, sobre todo si tenemos en cuenta que los/as usuarios/as medios/as de teléfonos móviles y otros dispositivos son cada vez más jóvenes. Por ejemplo, las campañas publicitarias públicas que resalten los posibles efectos

negativos que el uso excesivo de Internet y de las redes sociales podría tener en la vida posterior de los estudiantes pueden ser útiles para concienciar sobre este problema, especialmente a las personas responsables de los hábitos diarios de los niños, que deberían promover, por ejemplo, la sustitución del tiempo dedicado a los videojuegos por juegos educativos. Además, los padres y los educadores deberían ser conscientes de la importancia de utilizar software especializado para controlar el acceso de los/as niños/as a determinados contenidos de Internet, como medio para fomentar un uso responsable de este por parte del estudiantado. En tal sentido, resulta innovadora a nivel mundial la aprobación por parte de Australia de una ley que prohibirá a los menores de 16 años usar las redes sociales, tras la aprobación en el Parlamento de la ley de Internet más estricta del mundo.

NOTAS

- (1) Aunque la paradoja de la productividad no sustenta la existencia de una relación causal entre las TIC y el crecimiento económico (Solow, 1987).
- (2) Las estimaciones que emplean como medida de rendimiento las puntuaciones en las pruebas estandarizadas de ciencias no se aportan por razones de espacio y por su gran similitud con los resultados obtenidos cuando se emplean las puntuaciones en las pruebas estandarizadas de matemáticas. No obstante, pueden solicitarse a los autores, por parte de lectores/as interesados/as.
- (3) Los cuadros en los que se emplean como variable explicada la probabilidad de repetición a nivel de estudiante no se aporta por razones de espacio, pero pueden ser obtenidos contactando con el autor para correspondencia.
- (4) Las correspondientes estimaciones no se aportan por razones de espacio. No obstante, pueden solicitarse a los autores, por parte de lectores/as interesados/as.
- (5) Nivel bajo: Aragón, Cantabria, Castilla-La Mancha, Galicia, Murcia y Valencia; nivel medio: Andalucía, Asturias, Cataluña, Extremadura y La Rioja; nivel alto: Islas Baleares, Islas Canarias, Castilla y León, Madrid, Navarra y País Vasco.

(6) Nivel bajo: Cantabria, Cataluña, Extremadura, Madrid, Navarra, y País Vasco; nivel medio: Andalucía, Aragón, Asturias, Castilla y León, Galicia y La Rioja; nivel alto: Islas Baleares, Islas Canarias, Castilla-La Mancha, Murcia y Valencia.

BIBLIOGRAFÍA

Agasistel, T., Gil-Izquierdo, M., y H, S. W. (2020). ICT use at home for school-related tasks: WHAT is the effect on a student's achievement? Empirical evidence from OECD PISA data. *Education Economics*, 28(6), 601-620. doi: 10.1080/09645292.2020.1822787

Altuna, J., Martínez-de-Morentin, J. I., y Lareki, A. (2020). The impact of becoming a parent about the perception of Internet risk behaviors. *Children and Youth Services Review*, 110, 104803. doi: 10.1016/j.chilyouth.2020.104803

Berte, D. Z., Mahamid, F. A., y Affouneh, S. (2021). Internet Addiction and Perceived Self-Efficacy Among University Students. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 19, 162-176. doi: s11469-019-00160-8

Blanchflower, D. G., Bryson, A., y Xu, X. (2024). The declining mental health of the young and the global disappearance of the hump shape in age in unhappiness. Working Paper, No. 32337. National Bureau of Economic Research. Doi: 10.3386/w32337

Cabras, S., y Tena Horriillo, J. D. D. (2016). A Bayesian non-parametric modeling to estimate student response to ICT investment. *Journal of Applied Statistics*, 43(14), 2627-2642. doi: 10.1080/02664763.2016.1142946

Chen, L. Y., Hsiao, B., Chern, C. C., y Chen, H. G. (2014). Affective mechanisms linking Internet use to learning performance in high school students: A moderated mediation study. *Computers in Human Behavior*, 35, 431-443. doi: 10.1016/j.chb.2014.03.025

Cristia, J., Ibararán, P., Cueto S., Santiago, A., y Severín, E. (2017). Technology and Child Development: Evidence from the One Laptop per Child Program. *American Economic Journal: Applied Economics*, 9(3), 295-320. doi: 10.1257/app.20150385

Feng, S., Wong, Y., Wong, L., y Hossain, L. (2019). The Internet and Facebook Usage on Academic Distraction of College Students. *Computers & Education*, 134, 41-49. doi: 10.1016/j.compedu.2019.02.005

Fernandes, B., Uzun, B., Aydin, C., Tan-Mansukhani, R., Vallejo, A., Saldaña-Gutiérrez, A., Nanda Biswas, U. y Essau, C. A. (2021). Internet use during COVID-19 lockdown among young people in low- and middle-income countries: Role of psychological wellbeing. *Addictive Behaviors Reports*, 14, 100379. doi: 10.1016/j.abrep.2021.100379

Fernández-Gutiérrez, M., Gimenez, G. y Calero, J. (2020). Is the use of ICT in education leading to higher student outcomes? Analysis from the Spanish Autonomous Communities. *Computers & Education*, 157, 103969. doi: 10.1016/j.compedu.2020.103969

Fineberg, N., Demetrovics, Z., Stein, D., Ioannidis, K., Potenza, M., Grünblatt, E., Brand, M., Billieux, J., Carmi, L., Grant, J., Yucel, M., Dell'Osso, B., Rumpf, H.J., Hall, N., Hollander, E., Goudriaan, A., Menchón, J., Zohar, J., Burkauskas, J. y Chamberlain, S. (2018). Manifesto for a European research network into Problematic Usage of the Internet. *European Neuropsychopharmacology*, 28, 1232-1246. doi: 10.1016/j.euroneuro.2018.08.004

García-Martín, S. y Cantón-Mayo, I. (2019). Use of technologies and academic performance in adolescent students. *Comunicar*, 27(59), 73-81. doi: 10.3916/C59-2019-07

Gil Flores, J. (2012). Utilización del ordenador y rendimiento académico entre los estudiantes españoles de 15 años. *Revista de Educación*, 357, 375-396. doi: 10-4438/1988-592X-RE-2010-357-065

Guan, J., Liang, Y. y Tena, J. D. (2025). El uso de Internet en la infancia y adolescencia: ¿beneficioso o perjudicial? Un análisis comparativo entre China y países occidentales. *Papeles de Economía Española*, 184, 163-175.

Gubbels, J., Swart, N. y Groen, M. (2020). Everything in moderation: ICT and reading performance of Dutch 15-year-olds. *Large-scale Assessments in Education*, 8(1), 1-17. doi: 10.1186/s40536-020-0079-0

Jerrim, J., López-Agudo, L. A. y Marcenaro-Gutiérrez, O. D. (2022). Grade retention and school entry age in Spain: a structural problem. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 34, 331-359. doi: 10.1007/s11092-021-09375-7

Kirschner, P. A. y Karpinski, A. C. (2010). Facebook® and academic performance. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1237-1245. doi: 10.1016/j.chb.2010.03.024

Koca, T. T. y Berk, E. (2019). Influence of Internet addiction on academic, sportive, and recreative activities in adolescents. *Journal of Public Health*, 27, 531-536. doi: 10.1007/s10389-018-0965-x

- Ladrón de Guevara, M., Lopez-Agudo, L. A. y Marcenaro-Gutiérrez, O. D. (2024).** The impact of different uses of the Internet on students' performance progression throughout primary education. *Education and Information Technologies*, 27, 12457-12525. doi: 10.1007/s10639-023-12354-8
- Ladrón de Guevara, M., Lopez-Agudo, L. A. y Prieto-Latorre, C., Marcenaro-Gutiérrez, O. D. (2022).** Internet use and academic performance: an interval approach. *Education and Information Technologies*, 27, 11831-11873. doi: 10.1007/s10639-022-11095-4
- Lau, W. (2017).** Effects of social media usage and social media multitasking on the academic performance of university students. *Computers in Human Behavior*, 68, 286-291. doi: 10.1016/j.chb.2016.11.043
- Lei, H., Xiong, Y., Chiu, M., Zhang, J. y Cai, Z. (2021).** The relationship between ICT literacy and academic achievement among students: A meta-analysis. *Children and Youth Services Review*, 127, 106123. doi: 10.1016/j.childyouth.2021.106123
- Liu, D., Kirschner, P. A. y Karpinski, A. C. (2017).** A meta-analysis of the relationship of academic performance and Social Network Site use among adolescents and young adults. *Computers in Human Behavior*, 77, 148-157. doi: 10.1016/j.chb.2017.08. 039
- Lopez-Agudo, L. A., Ladrón de Guevara, M. y Marcenaro-Gutiérrez, O. D. (2024).** The influence of grade retention on students' competences in Spain. *European Journal of Education*, in press. doi: 10.1111/ejed.12736
- Lopez-Agudo, L. y Marcenaro-Gutierrez, O. (2020).** Students and screens: a good or a bad friendship? A longitudinal case study for Spain. *Revista de Educación*, 389, 11-44. doi: 10.4438/1988-592X-RE-2020-389-453
- Lopez-Agudo, L. A., Prieto-Latorre, C. y Marcenaro-Gutiérrez, O. D. (2024).** Grade retention in Spain: the right way? *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 36, 53-74. doi: 10.1007/s11092-023-09421-6
- Marker, C., Gnambs, T. y Appel, M. (2018).** Active on Facebook and failing at school? Meta-analytic findings on the relationship between online social networking activities and academic achievement. *Educational Psychology Review*, 30, 651-677. doi: 10.1007/s10648-017-9430-6
- Martínez-Caro, E., Cegarra-Navarro, J. G. y Alfonso-Ruiz, F. J. (2020).** Digital technologies and firm performance: The role of digital organisational culture. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119962. doi: 10.1016/j.techfore.2020.119962
- Martínez-Gautier, D., Garrido-Yserte, R. y Gallo-Rivera, M. T. (2021).** Educational performance and ICTs: Availability, use, misuse and context. *Journal of Business Research*, 135, 173-182. doi: 10.1016/j.jbusres.2021.06.027
- O'Day, E., y Heimberg, R. (2021).** Social media use, social anxiety, and loneliness: A systematic review. *Computers in Human Behavior Reports*, 3, 100070. doi: 10.1016/j.chbr.2021.100070
- O'Flaherty, J. y Phillips, C. (2015).** The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *The Internet and Higher Education*, 25, 85-95. doi: 10.1016/j.iheduc.2015.02.002
- Peterka-Bonetta, J., Sindermann, C. y Montag, C. (2019).** Personality associations with smartphone and Internet use disorder: a comparison study including links to impulsivity and social anxiety. *Frontiers in Public Health*, 7, 1-12. doi: 10.3389/fpubh.2019.00127
- Pontes, H., Kuss, D. y Griffiths, M. (2015).** Clinical psychology of Internet addiction: A review of its conceptualization, prevalence, neuronal processes, and implications for treatment. *Neuroscience and Neuroeconomics*, 4, 11-23. doi: 0.2147/NAN.S60982
- Prieto-Latorre, C., López-Agudo, L. A., L., M. y Marcenaro-Gutiérrez, O. D. (2022).** "The ideal use of the Internet and academic success: finding a balance between competences and knowledge using interval multiobjective programming". *Socioeconomic Planning Sciences*, 81, 101208. doi: 10.1016/j.seps.2021.101208
- Sengupta, A., Broyles, I., Brako, L. y Raskin, G. (2018).** Internet Addiction: Impact on Academic Performance of Premedical Post-Baccalaureate Students. *Medical Science Educator*, 28, 23-26. https://doi.org/10.1007/s40670-017-0510-5
- Siciliano, V., Bastiani, L., Mezzasalma, L., Thanki, D., Curzio, O. y Molinaro, S. (2015).** Validation of a new Short Problematic Internet Use Test in a nationally representative sample of adolescents. *Computers in Human Behavior*, 45, 177-184. doi: 10.1016/j.chb.2014.
- Sisson, S. B., Church, T. S., Martin, C. K., Tudor-Locke, C., Smith, S. R., Bouchard, C., Earnest, C. P., Rankinen, T., Newton, R. L. Jr. y Katzmarzyk, P. T. (2009).** Profiles of sedentary behavior in children and adolescents: The US National Health and Nutrition Examination Survey, 2001-2006. *International Journal of Pediatric Obesity*, 4(4), 353-359. doi: 10.3109/17477160902934777
- Skorupinska, A. y Torrent-Sellens, J. (2017).** ICT, innovation and productivity: evidence based on eastern European manufacturing companies. *Journal of the Knowledge Economy*, 8, 768-788. doi: 10.1007/s13132-016-0441-1

- Solow, R. (1987).** We'd better watch out. *New York Times Book Review*, 36.
- Song, S., Park, B., Kim, J., Kim J. y Park N. (2019).** Examining the Relationship between Life Satisfaction, Smartphone Addiction, and Maternal Parenting Behavior: A South Korean Example of Mothers with Infants. *Child Indicators Research*, 12(4), 1221-1241. doi: 10.1007/s12187-018-9581-0
- Spiezia, V. (2011).** Does computer use increase educational achievements? Student-level evidence from PISA. *OECD Journal: Economic Studies*, 2010(1), 1-22. doi: 10.1787/19952856
- Verhoeven, M., Poorthuis, A. M. G. y Volman, M. (2019).** The Role of School in Adolescents' Identity Development. A Literature Review. *Educational Psychology Review*, 31, 35-63. doi: 10.1007/s10648-018-9457-3
- Wammes, J., Ralph, B., Mills, C., Bosch, N., Duncan, T. y Smilek, D. (2018).** Disengagement during lectures: Media multitasking and mind wandering in university classrooms. *Computers & Education*, 132, 76-89. doi: 10.1016/j.compedu.2018.12.007
- Wąsiński, A. y Tomczyk, Ł. (2015).** Factors Reducing the Risk of Internet Addiction in Young People in their Home Environment. *Children and Youth Services Review*, 57, 68-74. doi: 10.1016/j.chilyouth.2015.07.022
- Woessmann, L. y Fuchs, T. (2004).** Computers and student learning: Bivariate and multivariate evidence on the availability and use of computers at home and at school. Munich: Center for Economic Studies. *CESifo Working Paper*, N^o.1321. Category 4: Labour Markets.
- Zhou, D., Liu, J. y Liu, J. (2020).** The effect of problematic Internet use on mathemATIC achievement: The mediating role of self-efficacy and the moderating role of teacher-student relationships. *Children and Youth Services Review*, 118, 105372. <https://doi.org/10.1016/j.chilyouth.2020.105372>

ANEXO

Las pruebas internacionales de evaluación a gran escala como PISA requieren el uso de pesos finales de los estudiantes, por lo que las estimaciones se pueden escalar al tamaño de la población. Además, se deben emplear pesos de replicación repetida equilibrada (BRR) para obtener errores estándar robustos. Otra cuestión relevante es que se emplean diez valores plausibles para medir las competencias del estudiantado porque, en PISA, el alumnado no responde todas las preguntas de todas las competencias: responden cuadernillos de preguntas distribuidas aleatoriamente, que pueden incluir cualquier combinación de preguntas de lectura, matemáticas y ciencias. Por ejemplo, PISA 2018 contenía 72 cuadernillos, que se distribuyeron aleatoriamente de modo que los estudiantes siempre respondieran preguntas de lectura (en la medida en que fuera la asignatura principal del ciclo PISA 2018) y el 91 por 100 de ellos respondió

solo una pregunta de dominio adicional (es decir, matemáticas o ciencias), mientras que el 9 por 100 respondió dos preguntas de dominio. Esto significa que el alumnado puede responder preguntas de dos asignaturas diferentes (lectura y otra) o de tres asignaturas. Debido a estas diferencias en el contenido de los cuadernillos, junto con la dificultad diferencial de todas estas preguntas, la OCDE imputa a los estudiantes las puntuaciones que habrían obtenido si hubiesen respondido a todas las preguntas disponibles en todas las asignaturas (utilizando sus respuestas a las preguntas que realmente respondieron y variables socioeconómicas). Esto genera una distribución de puntuaciones, de la que se extraen aleatoriamente diez puntuaciones (es decir, valores plausibles). Por lo tanto, para estimar utilizando estos valores plausibles, se ejecutan diez estimaciones (cada una para cada valor plausible) y luego se promedian los resultados.

CUADRO A1

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES DE USO DE TIC FUERA DEL CENTRO EDUCATIVO

	2015		2018		2022	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Juego en línea vía redes sociales						
<i>Cada día</i>	0,06	0,24	0,11	0,31		
<i>Casi cada día</i>	0,06	0,24	0,11	0,31		
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,09	0,28	0,14	0,34		
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,10	0,30	0,13	0,33		
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,69	0,46	0,52	0,50		
Lectura de noticias en Internet*						
<i>Cada día</i>	0,15	0,36	0,19	0,39	0,15	0,35
<i>Casi cada día</i>	0,21	0,41	0,24	0,43	0,31	0,46
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,23	0,42	0,25	0,43	0,29	0,45
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,17	0,37	0,16	0,37	0,12	0,33
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,24	0,43	0,16	0,37	0,13	0,33
Obtención de información práctica con Internet (ubicaciones, etc.)						
<i>Cada día</i>	0,12	0,32	0,15	0,36		
<i>Casi cada día</i>	0,22	0,41	0,22	0,41		
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,28	0,45	0,27	0,44		
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,20	0,40	0,20	0,40		
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,18	0,39	0,17	0,37		

CUADRO A1 (continuación)

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES DE USO DE TIC FUERA DEL CENTRO EDUCATIVO

	2015		2018		2022	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Subida de contenidos a Internet para compartirlos (por ejemplo, música, videos, etc.)						
<i>Cada día</i>	0,07	0,26	0,09	0,29		
<i>Casi cada día</i>	0,10	0,30	0,10	0,30		
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,14	0,35	0,13	0,33		
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,15	0,36	0,15	0,36		
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,54	0,50	0,52	0,50		
Navegar por Internet por actividades escolares (por ejemplo, preparar un trabajo, etc.)						
<i>Cada día</i>	0,08	0,27	0,08	0,27	0,21	0,40
<i>Casi cada día</i>	0,18	0,38	0,16	0,37	0,38	0,49
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,38	0,49	0,36	0,48	0,29	0,45
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,28	0,45	0,31	0,46	0,08	0,27
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,08	0,27	0,10	0,30	0,04	0,20
Hacer tareas escolares en un dispositivo móvil:						
<i>Cada día</i>	0,04	0,20	0,06	0,24		
<i>Casi cada día</i>	0,07	0,25	0,10	0,30		
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,12	0,32	0,16	0,37		
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,16	0,36	0,19	0,39		
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,62	0,49	0,49	0,50		
Descargar aplicaciones de aprendizaje por Internet en un dispositivo electrónico						
<i>Cada día</i>	0,03	0,17	0,06	0,24		
<i>Casi cada día</i>	0,05	0,21	0,10	0,30		
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,08	0,27	0,18	0,39		
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,15	0,36	0,22	0,42		
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,69	0,46	0,43	0,50		
Descargar aplicaciones de aprendizaje de ciencia por Internet en un dispositivo electrónico						
<i>Cada día</i>	0,03	0,17	0,07	0,25		
<i>Casi cada día</i>	0,04	0,20	0,10	0,30		
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,06	0,24	0,16	0,37		
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,11	0,32	0,19	0,40		
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,75	0,43	0,48	0,50		

Nota**: En PISA 2022 se le pregunta se le preguntó por la frecuencia con la que realizan análisis de datos que había recogido.

Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

CUADRO A2

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES DE USO DE TIC EN EL CENTRO EDUCATIVO

	2015		2018		2022	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Uso del correo electrónico y procesadores de texto						
<i>Cada día</i>	0,03	0,18	0,05	0,21	0,11	0,31
<i>Casi cada día</i>	0,07	0,25	0,09	0,29	0,29	0,45
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,17	0,38	0,21	0,41	0,39	0,49
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,19	0,39	0,19	0,39	0,12	0,33
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,54	0,50	0,46	0,50	0,09	0,29
Práctica con juegos digitales educativos (matemáticas, idiomas, etc.)						
<i>Cada día</i>	0,03	0,16	0,03	0,18	0,06	0,23
<i>Casi cada día</i>	0,07	0,25	0,07	0,25	0,18	0,39
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,16	0,36	0,16	0,37	0,28	0,45
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,23	0,42	0,20	0,40	0,18	0,38
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,52	0,50	0,54	0,50	0,30	0,46
Subida de contenidos académicos a la web de la escuela**						
<i>Cada día</i>	0,02	0,15	0,04	0,19	0,05	0,23
<i>Casi cada día</i>	0,04	0,20	0,06	0,23	0,17	0,37
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,09	0,29	0,13	0,33	0,30	0,46
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,13	0,34	0,14	0,35	0,20	0,40
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,71	0,45	0,64	0,48	0,27	0,45
Navegar por Internet por actividades escolares (por ejemplo, preparar un trabajo, etc.)						
<i>Cada día</i>	0,05	0,21	0,06	0,23	0,09	0,29
<i>Casi cada día</i>	0,11	0,32	0,12	0,32	0,25	0,44
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,29	0,46	0,30	0,46	0,36	0,48
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,27	0,44	0,25	0,44	0,16	0,37
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,28	0,45	0,27	0,44	0,13	0,34
Hacer tareas escolares en un ordenador del colegio						
<i>Cada día</i>	0,03	0,16	0,03	0,18	0,05	0,21
<i>Casi cada día</i>	0,05	0,23	0,06	0,24	0,15	0,36
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,14	0,34	0,16	0,37	0,26	0,44
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,17	0,37	0,16	0,37	0,17	0,37
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,62	0,49	0,58	0,49	0,37	0,48
Utilización de los ordenadores escolares para trabajos en grupo y comunicación con compañeros/as						
<i>Cada día</i>	0,03	0,17	0,03	0,18	0,06	0,23
<i>Casi cada día</i>	0,06	0,24	0,07	0,26	0,18	0,39
<i>Una o dos veces por semana</i>	0,18	0,39	0,20	0,40	0,28	0,45
<i>Una o dos veces por mes</i>	0,27	0,45	0,23	0,42	0,18	0,38
<i>Nunca o casi nunca</i>	0,45	0,50	0,46	0,50	0,30	0,46

Nota**: En PISA 2022 se le pregunta se les preguntó por la frecuencia con la que realizan análisis de datos que había recogido.

Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

CUADRO A3

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES DE RECURSOS TIC A NIVEL DE CENTRO (PISA 2015, 2018 Y 2022)

	2015		2018		2022	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
% de alumnado repetidor	32,66	17,88	29,23	18,45	23,27	17,98
Nº de ordenadores disponibles/estudiante	0,82	0,74	0,84	0,95	1,00	0,89
% de ordenadores disponibles que están conectados a Internet	98,56	9,17	98,90	7,21	96,62	16,52
Índice de escasez de material educativo	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Índice de escasez de personal educativo	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Índice de comportamiento que dificulta el aprendizaje	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Público	0,65	0,48	0,64	0,48	0,65	0,48
Concertado	0,29	0,46	0,29	0,45	0,29	0,45
Privado	0,06	0,23	0,07	0,26	0,07	0,25
N.º total de estudiantes en 4.º de ESO	70,00	37,07	74,64	41,10	79,97	58,38
Ratio de ordenadores portátiles/estudiante con fines educativos*	29,07	36,10	36,52	38,29		
Ratio de pizarras interactivas por estudiante	0,23	0,23	0,27	0,26	0,27	0,33
Proyectores digitales disponibles en el centro educativo	24,18	15,91	27,53	17,43	27,39	18,55
Ratio de ordenadores para el profesorado/estudiante	0,70	0,56	0,70	0,71	0,78	1,02
El centro dispone de una declaración escrita sobre el uso general de dispositivos digitales en sus instalaciones					0,87	0,34
No se permite el uso de móviles en sus instalaciones					0,68	0,47
El colegio cuenta con pautas formales para el uso de dispositivos digitales para la enseñanza y el aprendizaje en materias específicas					0,82	0,39
Los profesores establecen normas sobre cuándo los estudiantes pueden usar dispositivos digitales durante las lecciones					0,97	0,16
Los docentes establecen normas en colaboración con los estudiantes sobre su uso de los recursos digitales					0,78	0,41
El colegio dispone de un programa específico para preparar a los alumnos para un comportamiento responsable en Internet					0,65	0,48
El colegio tiene una política específica sobre el uso de redes sociales en la enseñanza y el aprendizaje					0,53	0,50
El centro tiene un programa específico para promover a colaboración en el uso de dispositivos digitales entre el profesorado					0,59	0,49
La escuela tiene un horario programado para que los maestros se reúnan para compartir, evaluar o desarrollar materiales y enfoques educativos que emplean					0,35	0,48
Falta de recursos digitales (ejemplo: ordenadores, acceso a Internet, plataformas de aprendizaje escolar, etc.)					0,28	0,45
Recursos digitales inadecuados o de mala calidad (ejemplo: ordenadores, acceso a Internet, plataformas de aprendizaje escolar, etc.): Mucho/hasta cierto punto (Ref.: muy poco/nada)						
La escuela tiene una política sobre cómo utilizar dispositivos digitales en la enseñanza de matemáticas					0,40	0,49
Observaciones	813		908		774	

Nota: * En la ola PISA 2022 la correspondiente variable no está disponible.

Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de PISA (2015, 2018 y 2022).

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA TRANSFORMADORA EN LA EDUCACIÓN: APLICACIÓN, IMPACTO POTENCIAL Y POLÍTICAS

Francisco Rodríguez Fernández

Universidad de Granada y Funcas

Resumen

La inteligencia artificial (IA) está transformando la educación con aplicaciones como tutoría inteligente, aprendizaje personalizado y evaluación automatizada. Esta revisión examina el potencial y los riesgos de su adopción, incluyendo beneficios como eficiencia y personalización, y desafíos éticos como privacidad, sesgo y desigualdad. Se analizan evidencias académicas, informes internacionales y debates actuales, destacando la necesidad de supervisión docente, la solidez pedagógica y el enfoque equitativo. Se concluye que el éxito de la IA educativa depende de su integración responsable, promoviendo una alianza humano-máquina que permita construir sistemas educativos más inclusivos, eficientes e innovadores.

Palabras clave: inteligencia artificial, tecnología educativa, aprendizaje personalizado, IA generativa, equidad educativa, IA ética, política educativa.

Abstract

Artificial Intelligence (AI) is transforming education through intelligent tutoring, personalized learning, and automated assessment. This review explores both its potential and risks, highlighting benefits such as efficiency and customization, alongside ethical concerns like data privacy, bias, and inequality. Drawing from academic research, international reports, and current debates, it stresses the need for teacher oversight, pedagogical soundness, and equity. The conclusion emphasizes that AI's educational success relies on responsible integration, fostering a human-AI partnership aimed at building more inclusive, effective, and innovative education systems worldwide.

Keywords: artificial intelligence, educational technology, personalized learning, generative AI, educational equity, ethical AI, education policy.

JEL classification: I21, I28, I33.

I. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se está convirtiendo rápidamente en una fuerza transformadora de la educación en todo el mundo, con la promesa de abordar los retos persistentes e innovar las prácticas de enseñanza y aprendizaje en todos los niveles educativos. La IA en la educación (a menudo abreviada como AIEd) abarca una amplia gama de tecnologías —desde algoritmos de aprendizaje automático y sistemas de tutoría inteligente hasta robótica y procesamiento del lenguaje natural— que se aplican a entornos educativos. Organizaciones mundiales como la Unesco han destacado el potencial de la IA para ayudar a alcanzar el

Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (Educación de calidad) mejorando la enseñanza y el aprendizaje y acelerando el progreso, al tiempo que han advertido de que el rápido desarrollo de la IA conlleva riesgos que han superado los debates políticos. En esencia, la IA es muy prometedora para mejorar la calidad, la equidad y la eficiencia de la educación, pero su adopción debe gestionarse cuidadosamente para garantizar que beneficie a todos los alumnos y educadores y no profundice las brechas existentes (Pedro *et al.*, 2019; Unesco, 2021).

El interés por el papel de la IA en la educación ha aumentado en los últimos años, estimulado tanto por los avances tecnológicos como por las presiones de la pandemia COVID-19, que aceleró

la adopción del aprendizaje digital (Dhawan, 2020; OCDE, 2021). Las primeras formas de AIEd, como los sistemas de tutoría inteligente, se han estudiado durante décadas, pero a finales de la década de 2010 y principios de la de 2020 se produjo un punto de inflexión en la concienciación pública y la implementación. En particular, la llegada de la IA generativa (por ejemplo, ChatGPT de OpenAI en 2022) puso las capacidades de la IA al alcance de un amplio público, lo que llevó a educadores y responsables políticos de todo el mundo a lidiar con sus implicaciones para el currículo, la evaluación y la integridad académica. A mediados de 2023, la Unesco convocó a los ministros de educación de más de 40 países para debatir cómo responder a la IA generativa en la educación, lo que puso de manifiesto tanto el entusiasmo por el potencial de la IA como la urgente preocupación por sus riesgos. Resulta revelador que una encuesta mundial realizada por la Unesco en 2023 revelara que menos del 10 por 100 de las escuelas y universidades disponían de orientaciones o políticas formales sobre el uso de la IA, lo que subraya que los sistemas educativos apenas están empezando a formular respuestas estructuradas a estas tecnologías. Este contexto sienta las bases para un examen equilibrado de la IA en la educación: mientras que las capacidades de la tecnología avanzan rápidamente, las estrategias para aprovecharla de manera eficaz y ética en las aulas son todavía incipientes.

Esta revisión ofrece un análisis exhaustivo del papel de la IA en la educación a todos los niveles —infantil, primaria, secundaria, superior y formación profesional— a escala mundial. Comenzamos explorando las aplicaciones de la IA en la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación, la administración y la educación personalizada, señalando ejemplos del mundo real y desarrollos recientes. A continuación, analizamos las implicaciones económicas de estas aplicaciones de la IA, tanto positivas como negativas, incluidos los aumentos de eficiencia, las repercusiones en el mercado laboral, las consideraciones de costes y las cuestiones de equidad y acceso. Sintetizamos los resultados de la literatura académica reciente, los informes internacionales y los análisis políticos para presentar una visión rigurosa y actualizada. Al analizar los beneficios, también damos la misma importancia a los retos y

a las preocupaciones éticas que surgen con la IA en la educación —desde la privacidad de los datos y el sesgo algorítmico hasta el riesgo de exacerbar las desigualdades— para garantizar una perspectiva equilibrada. El objetivo es dilucidar cómo la IA está revolucionando la educación en la práctica y lo que esto significa para los alumnos, los profesores y las sociedades, proporcionando ideas que puedan guiar a los educadores, los responsables políticos y las partes interesadas en la toma de decisiones informadas sobre la integración de la IA en la educación. Al hacerlo, mantenemos un tono académico y utilizamos el estilo de citación APA para hacer referencia al conjunto emergente de pruebas y opiniones de expertos sobre este tema fundamental.

II. APLICACIONES DE LA IA EN LA EDUCACIÓN

1. La IA en la enseñanza y la instrucción en el aula

Una aplicación significativa de la IA en la educación es el apoyo a la enseñanza y la entrega de instrucción. En lugar de sustituir a los profesores, la IA se está utilizando en gran medida como una herramienta para mejorar las capacidades de los profesores y reducir su carga de trabajo (Holmes *et al.*, 2019). Por ejemplo, la IA puede automatizar varias tareas administrativas y preparatorias —como calificar tareas sencillas, tomar asistencia u organizar los materiales de clase—, liberando así a los profesores para que se centren más en la instrucción directa y el compromiso de los estudiantes (Luckin *et al.*, 2016). Según el Foro Económico Mundial, la mayor promesa de la IA en las aulas es "mejorar, más que sustituir, la enseñanza impartida por personas", encargándose de las tareas secundarias y permitiendo a los profesores dedicar más tiempo al trabajo interactivo y personalizado con los alumnos. Los primeros indicios sugieren que esto puede mejorar la eficacia y la satisfacción laboral de los profesores. En Estados Unidos, algunos distritos escolares han experimentado con asistentes de calificación de IA y descubrieron que los profesores podían ahorrar un tiempo sustancial en la calificación de tareas, que podían reinvertir en la planificación de lecciones o en tutorías individuales (Pane *et al.*, 2017; Zawacki-Richter *et al.*, 2019). También están surgiendo herramientas de

planificación de lecciones impulsadas por IA: estas herramientas pueden sugerir recursos didácticos o generar borradores de planes de lecciones alineados con los estándares curriculares, en función de un tema determinado y de las necesidades de los estudiantes. Al analizar grandes repositorios de contenido educativo, un sistema de IA podría crear rápidamente vídeos, lecturas o ejercicios para una lección, que un profesor puede refinar y personalizar (Holmes *et al.*, 2019).

En la educación superior, los instructores han aprovechado a los asistentes de enseñanza de IA en grandes cursos. Uno de los primeros ejemplos conocidos fue el de "Jill Watson", una asistente virtual de IBM Watson que se utilizó en Georgia Tech para responder a las preguntas rutinarias de los estudiantes en un foro en línea (Goel y Polepeddi, 2016). Los estudiantes interactuaron con él durante todo un semestre antes de darse cuenta de que se trataba de una IA; fue capaz de responder a las preguntas más frecuentes y liberar a los instructores humanos para abordar las consultas más complejas de los estudiantes. Desde 2020, estos chatbots de IA se han vuelto mucho más sofisticados gracias a los avances en el procesamiento del lenguaje natural. En 2022-2023, el lanzamiento de IA conversacional como GPT-3 y GPT-4 dio lugar a pilotos de tutores/asistentes de IA en las aulas; por ejemplo, algunos profesores utilizan ahora ChatGPT (con precaución) para obtener sugerencias sobre cómo explicar un concepto difícil de forma diferente, o para generar ejemplos y cuestionarios sobre la marcha. Estos asistentes de IA pueden actuar como ayudantes del profesor, proporcionando comentarios rápidos o explicaciones alternativas durante la clase. Y lo que es más importante, los educadores mantienen el control: la IA ofrece recomendaciones, pero el profesor decide qué utilizar o adaptar. Esto concuerda con una recomendación clave de los expertos de que los educadores permanezcan "en el bucle" de la instrucción impulsada por la IA para asegurarse de que concuerda con los objetivos y valores pedagógicos.

La IA también está entrando en las aulas físicas a través de robots sociales y dispositivos inteligentes que ayudan a los profesores. En la educación infantil, por ejemplo, algunos centros de preesco-

lar han experimentado con robots adaptados a los niños (como "NAO" de SoftBank o similares) que pueden hacer participar a los más pequeños en actividades de aprendizaje: cantar canciones, leer cuentos o practicar vocabulario en varios idiomas (Mubin *et al.*, 2013).

Otra forma en que la IA apoya la enseñanza es ayudando a los educadores a analizar los datos de los alumnos para informar su instrucción. Las aulas modernas y los entornos de aprendizaje en línea generan abundantes datos (puntuaciones en pruebas, índices de participación, entregas de deberes, etc.). Las plataformas de análisis basadas en IA pueden procesar estos datos para obtener información sobre los temas más difíciles de la clase, los alumnos que se están quedando rezagados o los conceptos erróneos más comunes (Ifenthaler y Yau, 2020).

Es importante señalar que, aunque la IA puede mejorar la eficiencia y aumentar la enseñanza, también introduce nuevos retos para los educadores. Los profesores deben aprender a utilizar estas herramientas con eficacia, por ejemplo, interpretando correctamente los análisis de la IA o comprobando la exactitud de los contenidos generados por la IA. El desarrollo profesional y la alfabetización de los profesores en IA se están convirtiendo en aspectos críticos.

2. La IA en el aprendizaje y la tutoría de estudiantes

Quizá la aplicación más desarrollada de la IA en la educación sea el apoyo directo al aprendizaje de los alumnos mediante la tutoría inteligente y la práctica personalizada. Los sistemas de aprendizaje basados en IA pueden actuar como tutores, entrenadores o compañeros de prácticas que complementan la enseñanza en el aula. Estos sistemas modelan una experiencia de tutoría individual: presentan el material, permiten que el alumno responda (responda a una pregunta o resuelva un problema), proporcionan retroalimentación inmediata y adaptan las tareas posteriores en función del rendimiento del alumno. Estos sistemas de tutoría inteligente (STI) existen de alguna forma desde los años setenta, pero los últimos avances los han hecho mucho más adaptables y ricos en contenido (VanLehn, 2011).

Un ejemplo destacado son los programas de tutoría matemática basados en IA. Sistemas como ASSISTments, ALEKS, Knewton o MATHia, de Carnegie Learning, utilizan algoritmos de IA para presentar problemas matemáticos adaptados al nivel actual del alumno, darle pistas cuando tiene dificultades y decidir cuándo está preparado para pasar a un tema más avanzado. Por ejemplo, un metaanálisis de intervenciones *ed-tech* realizado por Escueta *et al.* (2020) concluyó que los sistemas de tutoría personalizada mejoran sistemáticamente los resultados de aprendizaje de los estudiantes, con algunos estudios que muestran una mejora en las puntuaciones de los exámenes del orden de 0,2 a 0,4 desviaciones estándar, equivalente a varios meses de aprendizaje adicional (Escueta *et al.*, 2020; Steenbergen-Hu y Cooper, 2014).

El aprendizaje asistido por IA también está teniendo impacto en la educación infantil y especial. Para los niños pequeños (preescolar y jardín de infancia), los juegos y aplicaciones educativos basados en IA se adaptan a las respuestas del niño, manteniéndolo en una zona óptima de dificultad. Por ejemplo, una aplicación de alfabetización con IA podría introducir las letras del alfabeto en una secuencia adaptada al progreso del niño, o ajustar sobre la marcha la dificultad de un juego de narración (OECD Digital Education Outlook, 2021).

3. La IA en la valoración y la evaluación

La evaluación es otro ámbito en el que la IA está haciendo importantes avances. La evaluación tradicional —exámenes, cuestionarios, tareas— puede requerir mucho trabajo para administrarla y calificarla, y a menudo proporciona información tardía a los alumnos. La IA tiene la capacidad de automatizar y mejorar la evaluación de múltiples maneras: mediante la calificación automática de tareas objetivas y abiertas, mediante pruebas adaptativas que ajustan la dificultad de las preguntas en tiempo real, y mediante análisis que evalúan el rendimiento de los estudiantes de maneras más matizadas que la puntuación de una sola prueba.

Uno de los usos más extendidos de la IA es la calificación automatizada, sobre todo de preguntas

objetivas (tipo test, rellenar un espacio en blanco), pero cada vez más de respuestas abiertas, como las redacciones. Muchos programas de evaluación a gran escala y plataformas educativas han integrado motores de puntuación de redacciones con IA. Por ejemplo, el Educational Testing Service (ETS) tiene un sistema de IA llamado e-rater que puede puntuar redacciones en pruebas estandarizadas. Del mismo modo, en los MOOC (Massive Open Online Courses) universitarios, la IA suele calificar las preguntas de respuesta corta y las redacciones para proporcionar una respuesta inmediata dado el gran número de alumnos. La ventaja es evidente: los estudiantes reciben información en segundos o minutos en lugar de esperar días o semanas, lo que les permite aprender de los errores o revisar su trabajo rápidamente. Los estudios han demostrado que la corrección por IA puede alcanzar un nivel de coherencia comparable al de los evaluadores humanos en las tareas de escritura para las que ha sido entrenada, y también puede ser más objetiva en ciertos aspectos (no se deja influir por la escritura o las impresiones superficiales).

Sin embargo, la precisión y la parcialidad en la clasificación de las IA son objeto de debate activo. Aunque una IA puede ser coherente, también puede reflejar sistemáticamente los sesgos presentes en sus datos de entrenamiento. Un sorprendente hallazgo reciente de investigadores de ETS (2024) reveló que un popular modelo lingüístico de gran tamaño (similar a GPT-4) mostraba un sesgo racial en la calificación: penalizaba más los ensayos escritos por estudiantes asiático-americanos que los de otros estudiantes, incluso cuando la calidad del ensayo era similar (Ramineni y Williamson, 2018). Muchos expertos instan a que las calificaciones de la IA no se utilicen de forma aislada; en su lugar, un enfoque híbrido (la IA proporciona un borrador de calificación que el profesor puede revisar y ajustar) puede combinar la eficiencia con el juicio humano. Esto concuerda con el principio de mantener a un "humano en el bucle" para las decisiones de alto riesgo (Barshay, 2024).

Además de la calificación, la IA también se utiliza en la evaluación adaptativa. Las pruebas adaptativas ajustan dinámicamente la dificultad de las preguntas en función del rendimiento del

examinado, con el fin de determinar con mayor precisión el nivel de capacidad con menos preguntas (Wainer, 2000).

La IA se emplea también para garantizar la integridad académica durante las evaluaciones, sobre todo en situaciones de exámenes a distancia o en línea. Durante el cambio inducido por la pandemia a los exámenes en línea, muchas instituciones recurrieron a sistemas de supervisión a distancia basados en IA.

Desde un punto de vista más positivo, la IA está permitiendo una evaluación más formativa y una mayor retroalimentación, que son cruciales para el aprendizaje (Sands *et al.*, 2021). En la enseñanza de la escritura, por ejemplo, los estudiantes pueden utilizar herramientas controladas por IA que proporcionan comentarios sobre los borradores, como la claridad, la coherencia, la gramática e incluso la solidez de los argumentos.

4. AI en administración y gestión educativa

Las instituciones educativas también están aplicando la IA entre bastidores, en funciones administrativas y de gestión que, aunque menos visibles para los alumnos, son vitales para gestionar eficazmente los sistemas educativos. La IA en la administración puede ayudar a gestionar datos educativos a gran escala, optimizar la logística y fundamentar decisiones políticas o estratégicas. Al mejorar la eficiencia de las tareas administrativas, la IA puede mejorar indirectamente la experiencia educativa (mediante una mejor asignación de recursos, por ejemplo) y reducir potencialmente los costes.

Una de sus aplicaciones es la admisión de estudiantes y la gestión de la matriculación. Las universidades y algunos sistemas competitivos de enseñanza primaria y secundaria reciben muchas solicitudes y tienen que tomar decisiones de selección o colocación. La IA y el análisis predictivo se utilizan para mejorar este proceso.

La IA también se emplea en la elaboración de horarios, la programación y las operaciones. Elaborar el horario general de un centro educativo —conjugar profesores, alumnos, asignaturas y

aulas— es una tarea muy compleja de la que tradicionalmente se han encargado administradores experimentados o programas heurísticos.

Otro uso administrativo es en los servicios de apoyo a los estudiantes, a menudo a través de chatbots de IA. Muchas universidades e incluso algunos distritos K-12 han desplegado agentes conversacionales con IA en sus sitios web o portales de estudiantes para responder a preguntas comunes. Por ejemplo, durante la pandemia, cuando las oficinas de asistencia estaban desbordadas, los chatbots de IA ayudaron a resolver las dudas de los estudiantes sobre los procedimientos de aprendizaje a distancia. Al proporcionar respuestas instantáneas 24/7, los agentes de IA mejoran la capacidad de respuesta y liberan tiempo del personal para un asesoramiento más complejo (Page y Gehlbach, 2017).

Los análisis basados en IA se utilizan cada vez más en los centros educativos y los sistemas para orientar la toma de decisiones. A menudo se denomina análisis del aprendizaje o análisis académico cuando se centra en datos educativos. Por ejemplo, los administradores escolares pueden utilizar la IA para analizar los datos de asistencia, las calificaciones y los registros de comportamiento para identificar a los estudiantes en riesgo de abandono escolar (Bowers *et al.*, 2013).

A nivel macro, los responsables de las políticas educativas están explorando la IA para simular y evaluar opciones políticas. Por ejemplo, un departamento de educación podría utilizar modelos de IA para proyectar el impacto de la reducción del tamaño de las clases o la introducción de un nuevo plan de estudios, mediante el entrenamiento con datos históricos de varias regiones. Algunos economistas de la educación construyen simulaciones complejas (modelos basados en agentes) en las que "estudiantes" y "profesores" virtuales interactúan bajo determinadas políticas para ver los posibles resultados sobre las tasas de graduación o los resultados de los exámenes.

En el ámbito de la formación profesional y la administración de la mano de obra, la IA se utiliza para adaptar los programas de formación a las ne-

cesidades del mercado laboral. Las instituciones educativas colaboran con los departamentos de trabajo para utilizar la IA en grandes conjuntos de datos laborales, identificando la demanda de competencias laborales emergentes. Esto sirve para crear o actualizar programas de formación profesional.

En general, la IA en la administración puede no ser tan glamurosa como los robots tutores, pero tiene un impacto práctico sustancial. En todo caso, la mala calidad de los datos o los sesgos involuntarios en los algoritmos pueden dar lugar a decisiones administrativas erróneas (por ejemplo, una herramienta de admisión de IA podría infravalorar la diversidad si no se diseña cuidadosamente). De ahí que muchos responsables educativos traten las recomendaciones de la IA como una aportación entre muchas otras, combinándolas con el juicio profesional y la opinión de las partes interesadas (Perelman, 2014).

5. IA para el aprendizaje personalizado y adaptativo

Los sistemas de aprendizaje adaptativo son excelentes ejemplos de personalización impulsada por la IA. Se trata de plataformas (a menudo en línea) que adaptan continuamente el contenido, la dificultad y el ritmo de aprendizaje en función de las interacciones del alumno (Pane *et al.*, 2017). Por ejemplo, pensemos en una plataforma de aprendizaje personalizado para matemáticas de secundaria: un alumno que demuestre rápidamente su dominio de, por ejemplo, ecuaciones lineales, será acelerado hacia problemas más complejos o quizá temas de enriquecimiento, mientras que un alumno con dificultades obtendrá más práctica en conceptos básicos, quizá con diferentes enfoques de instrucción (ayudas visuales, más orientación paso a paso, etc.). El algoritmo de inteligencia artificial puede utilizar un modelo del alumno (una representación del estado de sus conocimientos) y actualizarlo con cada pregunta que responda. Cuando el alumno responde correctamente con gran confianza, el sistema actualiza la probabilidad de que domine esa habilidad concreta. Cuando se producen errores, el sistema señala los posibles conceptos erróneos y ajusta en consecuencia el material que se va a impartir. Esta fina capacidad de adaptación suele

compararse con la de un tutor experto que observa cada movimiento del alumno y responde adecuadamente, algo que los profesores desearían poder hacer con cada niño si tuvieran tiempo.

Es importante destacar que la personalización también se aplica a los estilos y preferencias de aprendizaje, aunque el concepto de "estilos de aprendizaje" fijos es objeto de debate en la investigación. En lugar de atender a un supuesto estilo (visual, auditivo, etc.), los modernos sistemas de IA podrían personalizar ofreciendo múltiples modos de aprendizaje y viendo a qué modo responde mejor el alumno (Bulger, 2016). Por ejemplo, una aplicación de lectura adaptativa podría darse cuenta de que un estudiante responde mejor al texto con audio e incorporar más apoyo de lectura en voz alta para ese estudiante, mientras que otro estudiante podría participar más con cuestionarios interactivos y obtener más de ellos (Shute y Rahimi, 2021).

En la enseñanza secundaria, la personalización es crucial, ya que las competencias de los estudiantes son muy divergentes, sobre todo tras perturbaciones como la pandemia. Una plataforma de aprendizaje con IA puede crear un plan de estudios personalizado para cada alumno. Por ejemplo, en un programa piloto de aprendizaje personalizado en un instituto, los alumnos de una clase de matemáticas pueden utilizar todos el mismo *software*, pero cada uno tiene una lista única de tareas para la semana, asignadas por la IA en función de lo que dominaron o se perdieron la semana pasada.

En la enseñanza superior, la personalización se cruza a menudo con el concepto de análisis del aprendizaje y sistemas de recomendación. Las universidades utilizan la IA para personalizar los recursos de aprendizaje de los alumnos: por ejemplo, un entorno de aprendizaje en línea puede recomendar a un estudiante lecturas o vídeos complementarios en función de las preguntas del cuestionario que haya contestado mal. En una metarevisión de la investigación sobre IA en la enseñanza superior realizada por Bond *et al.* (2024) se observa un "predominio del uso de sistemas adaptativos y personalización en la enseñanza superior" entre los estudios recientes, lo que indica que la personalización del aprendizaje es uno de los prin-

cipales objetivos de las implementaciones de IA en las universidades.

En el aprendizaje de adultos y la formación profesional, personalización significa adaptar la formación a la experiencia previa y los objetivos profesionales de una persona. La IA puede evaluar qué habilidades tiene ya un alumno adulto (quizá mediante pruebas de diagnóstico o analizando su experiencia laboral) y recomendarle un itinerario de aprendizaje que omita lo que sabe y se centre en lo que necesita.

A pesar del entusiasmo que suscita el aprendizaje personalizado, no está exento de escollos. Uno de ellos es que, si los alumnos siguen itinerarios individualizados, pueden perderse experiencias compartidas en clase u oportunidades de aprendizaje colaborativo. Los educadores deben equilibrar los itinerarios personales con el trabajo en grupo y el debate para que el aprendizaje no sea aislante. Otra preocupación es garantizar la calidad y adecuación de los contenidos personalizados. En teoría, la IA podría diseñar un itinerario demasiado estrecho o que se desviara de las normas del plan de estudios si no se limita adecuadamente.

Los resultados iniciales del aprendizaje personalizado con IA son prometedores pero desiguales. Algunas implementaciones a gran escala (como las escuelas chárter de aprendizaje personalizado en Estados Unidos) mostraron una mejora en los resultados de los exámenes y en la autonomía de los alumnos, mientras que otras solo obtuvieron beneficios marginales o tuvieron problemas con la fidelidad de la implementación (Kulik y Fletcher, 2016). Parece que la IA es un poderoso facilitador del aprendizaje personalizado, pero el éxito aún depende de factores como el apoyo de los docentes, la motivación de los estudiantes y la integración en una estrategia de enseñanza coherente (Xie *et al.*, 2019).

III. IMPLICACIONES ECONÓMICAS DE LA IA EN LA EDUCACIÓN

La infusión de la IA en la educación tiene importantes dimensiones económicas, que afectan a los costes, la productividad, la mano de obra educati-

va y la equidad en general en la sociedad. En esta sección, analizamos las implicaciones económicas de la IA en la educación, considerando tanto los impactos positivos (beneficios y eficiencias) como los negativos (costes, riesgos y consecuencias no deseadas). Este análisis abarca desde consideraciones microeconómicas (por ejemplo, la relación coste-beneficio para una escuela que adopta un sistema de IA, o el impacto en el trabajo de los profesores) hasta consideraciones macroeconómicas (por ejemplo, las implicaciones para el desarrollo de la mano de obra y la desigualdad). Es importante señalar que muchos de estos efectos económicos son aún incipientes; se han producido las primeras pruebas y debates, pero los resultados a largo plazo dependerán de cómo se extienda la adopción y de cómo respondan las políticas. No obstante, la bibliografía y los informes actuales permiten hacerse una idea de las posibles tendencias.

1. Implicaciones económicas positivas: eficiencia, ahorro de costes y crecimiento

Mejorar la eficiencia y reducir los costes es una de las ventajas económicas más citadas de la IA en la educación. Al automatizar las tareas administrativas y algunas de las docentes, la IA puede permitir a los centros educativos hacer más con los mismos o menos recursos. Por ejemplo, si un sistema de calificación de IA puede encargarse de tareas rutinarias, un profesor podría gestionar una clase ligeramente más grande sin pérdida de calidad o dedicar más tiempo a actividades de alto impacto como la tutoría individualizada de los alumnos. A escala, esto podría traducirse en menores costes laborales por estudiante o en mejores resultados de aprendizaje por el mismo coste. Un análisis de la OCDE (2021) postuló que las tecnologías inteligentes en la educación pueden contribuir a la rentabilidad de los sistemas educativos, especialmente cuando se utilizan en configuraciones híbridas de humanos e IA que aprovechan los puntos fuertes de cada uno. La idea es que la IA automatice lo que puede hacer de forma más rápida y barata (procesamiento de datos, tareas repetitivas), mientras que los humanos se centran en los aspectos complejos, creativos o empáticos de la enseñanza y la administración, con el resultado de un sistema global más eficiente.

Un área concreta de ahorro de costes es la creación y actualización de contenidos. La IA puede ayudar a generar contenidos educativos (como preguntas de práctica, vídeos tutoriales con conversión de texto a voz, etc.) mucho más rápido que los humanos. Otro importante beneficio económico potencial es hacer frente a la escasez de profesores y a los costes de formación. Muchas regiones, sobre todo en países en desarrollo o zonas rurales, se enfrentan a una grave escasez de profesores cualificados. Si resulta eficaz, la formación del profesorado impulsada por la IA podría mejorar la calidad de la enseñanza con un coste marginal relativamente bajo (Warschauer y Matuchniak, 2010).

Para los estudiantes y las familias, la IA en la educación podría reducir los gastos relacionados con la recuperación y las clases particulares. Tradicionalmente, muchos padres pagan a tutores privados o centros de aprendizaje si su hijo tiene dificultades en la escuela o si quieren mejorar su rendimiento (Bowers *et al.*, 2013).

También existe el argumento de que la IA en la educación conducirá al crecimiento económico a largo plazo al mejorar la calidad del capital humano. La educación está ampliamente reconocida como motor de la productividad y la innovación en una economía. Si la IA ayuda a personalizar y mejorar la educación para que más estudiantes alcancen niveles de cualificación más altos, la mano de obra del futuro estará más cualificada. Esto podría estimular la innovación, el espíritu empresarial y la adaptabilidad en una economía impulsada por el conocimiento. Un blog del Banco Mundial (2025) señalaba que la desigualdad en la educación es galopante y la IA, si se aprovecha adecuadamente, podría ayudar a nivelar el terreno de juego llevando el aprendizaje de calidad a las comunidades desatendidas, desbloqueando así el potencial económico (Banco Mundial, 2025).

La IA también podría estimular la innovación en el propio sector educativo, dando lugar a nuevas industrias y puestos de trabajo. El auge de la EdTech (tecnología educativa) es una historia económica: las empresas que desarrollan *software* educativo basado en IA han crecido rápidamente. Esto crea puestos de trabajo de alta tecnología y puede atraer inversiones.

En la enseñanza superior, algunos ven en la IA una forma de modificar la curva de costes de las universidades tradicionalmente caras. Si la IA puede automatizar los gastos administrativos, las universidades podrían controlar el crecimiento de las matrículas. Además, la IA podría permitir un mayor uso del aprendizaje en línea/híbrido, que puede ser más barato por estudiante una vez que la infraestructura esté instalada.

2. Consecuencias económicas negativas: desorganización laboral, desigualdad y costes

Aunque los beneficios potenciales de la IA en la educación son considerables, también existen importantes implicaciones económicas negativas y riesgos que deben reconocerse. Estos van desde las perturbaciones del mercado laboral (para educadores y personal de apoyo) hasta el peligro de exacerbar la desigualdad educativa y crear nuevos costes o ineficiencias. El impacto económico neto de la IA en la educación dependerá de cómo se gestionen estos aspectos negativos. Aquí exploramos algunas de las principales preocupaciones: los cambios en el mercado laboral de la educación y la profesión docente, los costes de implantación y las posibles ineficiencias, y la desigualdad en el acceso y los resultados.

Los cambios en el mercado laboral y el personal docente: una de las cuestiones más debatidas es si la IA desplazará o reducirá la demanda de profesores y personal educativo, lo que podría provocar la pérdida de puestos de trabajo o la desprofesionalización. Si los tutores de IA pueden encargarse de ciertas tareas de enseñanza y los sistemas de IA pueden calificar y gestionar a más alumnos por profesor, es concebible que se necesiten menos profesores para el mismo número de alumnos, o al menos el mismo número de profesores podría atender a más alumnos. Esto plantea complejas cuestiones económicas y sociales. A corto plazo, la IA no está lo suficientemente avanzada como para sustituir a los profesores al completo, y el consenso es que no debería aspirar a ello porque la pedagogía humana es vital. Sin embargo, determinadas funciones podrían verse afectadas. Los sectores de la tutoría y la preparación de exámenes podrían sufrir un declive si las alternativas de la IA

se vuelven muy eficaces y más baratas. Por ejemplo, los tutores o centros privados podrían perder clientela en favor de las aplicaciones de aprendizaje adaptativo. Del mismo modo, los ayudantes o correctores de exámenes (como los asistentes de posgrado en las universidades) podrían ver mermada la demanda de sus servicios si la corrección con IA se convierte en algo fiable; un profesor que solía contratar a dos asistentes de posgrado para corregir las redacciones podría necesitar ahora solamente a uno, y la IA se encargaría de una parte. Con el tiempo, incluso las aulas de primaria y secundaria podrían funcionar con menos profesores ayudantes si la IA asumiera tareas como el control de los ejercicios prácticos o la supervisión de las actividades rutinarias.

Para los profesores, la introducción de la IA podría cambiar el conjunto de competencias requeridas y, por tanto, el desarrollo profesional necesario (que en sí mismo es un coste). Los profesores necesitarán conocimientos básicos de datos para interpretar las ideas generadas por la IA y la capacidad de trabajar con herramientas de IA. Aquellos que no puedan adaptarse podrían tener dificultades, lo que llevaría a la necesidad de reciclaje o al riesgo de que algunos abandonen la profesión. Por otro lado, un profesor que domine el uso de la IA podría ser muy productivo y, potencialmente, podría negociar un salario más alto debido a sus capacidades mejoradas. Podríamos asistir a una estratificación: profesores que se convierten en "educadores mejorados por la IA" frente a los que no, lo que podría ampliar las diferencias salariales o de oportunidades entre los educadores.

Sin embargo, es importante señalar que, históricamente, la tecnología en la educación (desde la radio y la televisión hasta los ordenadores) no ha provocado despidos masivos de profesores, sino que ha modificado los métodos y, en ocasiones, ha aumentado la demanda de profesores cualificados. Algunos han parafraseado el dicho común: "La IA no sustituirá a los profesores, pero los profesores que utilizan la IA pueden sustituir a los que no lo hacen". Es decir, los profesores expertos en IA podrían superar a los demás (Milberg, 2024). Esta dinámica podría incentivar a los profesores a adoptar la IA, pero también crear ansiedad en el personal.

En el período de transición también puede haber ineficiencias. Al principio, es posible que los profesores con IA no sean más eficientes; de hecho, el aprendizaje y la integración de los nuevos sistemas pueden reducir temporalmente la productividad. A menudo, los profesores afirman tener que dedicar más tiempo a configurar las herramientas de IA, solucionar problemas y comprobar la precisión de los resultados de la IA (como las calificaciones). Durante esta curva de aprendizaje, es posible que el ahorro de tiempo prometido no se materialice, lo que significa que el ahorro de costes se retrasa. Algunas escuelas pueden invertir en IA y ver poco rendimiento inmediato, lo que lleva a la frustración o al abandono de las herramientas (coste hundido). Desde un punto de vista económico, existe el riesgo de asignar recursos a la IA de forma inadecuada, cuando quizá esos recursos podrían haber tenido más impacto en otros ámbitos (como la contratación de más personal o la reducción del tamaño de las clases). Es crucial que la implantación de la IA vaya acompañada de una evaluación rigurosa; de lo contrario, podríamos repetir situaciones en las que una tecnología cara acabe como "aparatos polvorientos" en los armarios de las escuelas.

Quizá el riesgo económico y social más importante es que la IA en la educación podría aumentar las disparidades entre los que tienen y los que no tienen. Si las escuelas con más recursos pueden permitirse sofisticadas herramientas de IA y conectividad, mientras que las escuelas más pobres no pueden, entonces los estudiantes en entornos más ricos se beneficiarán del aprendizaje personalizado y la tutoría, lo que podría suponer un salto adelante, mientras que los estudiantes desfavorecidos se quedarán más rezagados (Robinson *et al.*, 2015). Esta desigualdad educativa impulsada por la IA puede traducirse más tarde en desigualdad económica, ya que los estudiantes mejor formados accederán a empleos mejor remunerados. En la actualidad, la persistente brecha digital en muchas regiones dificulta la adopción a gran escala de la IA en la educación: los estudiantes que carecen de Internet o de dispositivos fiables simplemente no pueden beneficiarse de las herramientas de IA en línea (Warschauer y Matuchniak, 2010). Con el tiempo, los que utilicen la herramienta de IA podrían acelerar su aprendizaje, ampliando la brecha

de rendimiento con sus compañeros. De hecho, "la historia confirma el temor" de que la adopción efectiva de la tutoría con IA podría aumentar las diferencias de rendimiento si la adopción difiere entre los grupos de estudiantes (Taylor, 2024).

Si la IA se encarga de más tareas administrativas, las funciones del personal de las oficinas escolares podrían cambiar o reducirse. Por ejemplo, si un chatbot de IA responde a la mayoría de las preguntas rutinarias de los estudiantes (por ejemplo, "¿Cuándo abre la biblioteca?" o "¿Cómo cambio mi contraseña?"), un centro educativo podría decidir que necesita menos personal de recepción o de ayuda. Del mismo modo, los sistemas automatizados de programación o de recursos humanos pueden reducir la necesidad de algunos puestos administrativos. Aunque estos cambios pueden considerarse eficientes (un aspecto positivo), suponen un desplazamiento potencial de puestos de trabajo para esos trabajadores, lo que tiene consecuencias económicas personales y comunitarias. Por otra parte, podrían crearse nuevos puestos de trabajo (especialistas en inteligencia artificial, analistas de datos en los departamentos de educación), pero estos requieren cualificaciones diferentes, lo que plantea problemas de reciclaje y de si la mano de obra actual puede cambiar a esas funciones o si se quedará atrás.

La cuestión ética y económica aquí es si la educación pública está transfiriendo inadvertidamente datos valiosos o el control a manos privadas sin la compensación o las garantías adecuadas. Desde una perspectiva política, algunos abogan por recursos educativos de IA de código abierto o de dominio público para evitar un escenario en el que solo las escuelas ricas puedan permitirse los "mejores" productos de IA (Slade y Prinsloo, 2013).

Desde el punto de vista económico, existe el peligro de depender excesivamente de las soluciones tecnológicas. Si los responsables políticos asumen que la IA resolverá los problemas de forma barata y, por tanto, recortan la financiación en áreas tradicionales (como la contratación o la formación de profesores), podría resultar contraproducente. La educación podría verse perjudicada si la tecnología no ofrece los resultados esperados. Por ejemplo, un Gobierno podría invertir mucho en un programa nacional

de tutoría con IA y, al mismo tiempo, decidir aumentar el número de alumnos por clase suponiendo que la IA puede compensarlo; si el programa de IA no da los resultados esperados o no se utiliza correctamente, los alumnos podrían acabar peor que antes. Esta mala asignación supondría un despilfarro de fondos y perjudicaría los resultados, lo que tendría un coste económico a largo plazo en términos de erosión del capital humano. Voces prudentes (por ejemplo, Ahn, 2022; See et al., 2022) han advertido de que algunas EdTech, incluida la IA, han mostrado "efectos de reducción de diferencias" o beneficios insignificantes en determinados estudios. Así pues, apostar por una tecnología no probada podría ser económicamente peligroso. Esto subraya la necesidad de una evaluación iterativa y de no recortar los apoyos convencionales hasta que se prueben otros nuevos.

Por último, considere los costes éticos y sociales que tienen facetas económicas: si la IA en la educación erosiona la privacidad o la confianza, puede haber costes relacionados con demandas legales o pérdida de confianza pública. Por ejemplo, si se produce un incidente grave (como una violación de los datos de los estudiantes por un sistema de IA, o pruebas de discriminación algorítmica en un proceso de admisión basado en IA), una institución podría enfrentarse a demandas o a la necesidad de revisar los sistemas con un gasto significativo (O'Neil, 2016). También consideramos la cuestión general de cómo mantener un enfoque de la IA centrado en el ser humano en la educación, garantizando que estas tecnologías sirvan a los intereses de los alumnos y de la sociedad. Muchas de estas preocupaciones están interrelacionadas con puntos planteados anteriormente (como la desigualdad económica), pero aquí nos centramos en las implicaciones éticas y prácticas para las partes interesadas en la educación (Selbst y Barocas, 2018).

IV. PRIVACIDAD Y SEGURIDAD DE LOS DATOS

Los sistemas de IA en la educación a menudo se basan en la recopilación y el análisis de grandes cantidades de datos sobre los estudiantes: su información personal, su trabajo académico, sus comportamientos de aprendizaje, incluso datos biométricos (en el caso de sistemas de se-

guimiento de la atención o de reconocimiento de emociones). Esto plantea graves problemas de privacidad, ya que los estudiantes —especialmente los menores— son una población vulnerable que, generalmente, no puede dar su consentimiento informado, y los datos educativos pueden ser muy sensibles. Por ejemplo, un tutor de IA podría rastrear con qué frecuencia se distrae un estudiante o cómo responde emocionalmente a los errores; o un sistema de IA podría almacenar grabaciones de voz de un niño practicando la lectura. Si se manejan mal, estos datos podrían utilizarse de forma indebida o divulgarse inadvertidamente.

Las normativas actuales, como la FERPA en EE. UU. o el GDPR en Europa, ofrecen cierta protección, pero puede que no se anticipen totalmente a los contextos de la IA. En la Unión Europea (UE), el GDPR exige controles estrictos de los datos personales y tiene disposiciones especiales para los niños. Garantizar el cumplimiento de estas normativas cuando se utilizan herramientas de IA (a menudo creadas por terceros) es un reto para los centros escolares. Un ejemplo notable es cuando los distritos escolares adoptan una aplicación de IA: deben examinar las políticas de tratamiento de datos del proveedor. Sin embargo, en la práctica, muchas escuelas carecen de los conocimientos técnicos necesarios para evaluar rigurosamente la privacidad de los sistemas de IA y confían en las garantías del proveedor.

El riesgo de violación o filtración de datos también es primordial. Si las plataformas educativas de IA almacenan datos en la nube, podrían convertirse en objetivo de los piratas informáticos. Una filtración podría dejar al descubierto datos personales, expedientes académicos o incluso perfiles psicológicos de los estudiantes. Las consecuencias van desde la usurpación de identidad hasta, potencialmente, el daño a las oportunidades futuras de un estudiante si, por ejemplo, se filtraran datos disciplinarios o sobre problemas de aprendizaje y llegaran a conocimiento de alguien que tomara una decisión sobre ellos. Desde el punto de vista ético, no se puede esperar que los niños comprendan estos riesgos, por lo que la obligación de salvaguardar sus datos recae enteramente en los adultos y las instituciones.

Otro aspecto de la privacidad es la vigilancia y la autonomía. Algunas aplicaciones de la IA, como las herramientas de supervisión o de control de la atención, rozan la vigilancia. La vigilancia constante puede vulnerar el derecho a la intimidad de los estudiantes y crear un clima de miedo o incomodidad poco propicio para el aprendizaje. Ha habido casos de estudiantes que se han sentido violados por programas de control de inteligencia artificial que les graban en sus habitaciones durante los exámenes, o programas de seguimiento ocular que les hacen sentir como si estuvieran siempre vigilados.

Los sistemas de IA son tan justos como los datos y algoritmos que les dan forma. En la educación, el sesgo algorítmico puede tener profundas implicaciones, reforzando potencialmente las desigualdades existentes o creando nuevas formas de discriminación. Antes hemos visto cómo un algoritmo de IA penalizaba injustamente las redacciones de los estudiantes asiático-americanos. Este es un ejemplo de un problema más amplio: si los modelos de IA se entrenan a partir de datos educativos históricos, podrían captar sesgos presentes en la sociedad.

El sesgo también puede introducirse a través del contenido. Los planes de estudio o las recomendaciones de la IA pueden no representar ciertas culturas o perspectivas. Imaginemos un sistema de tutoría por IA que utilice pasajes de lectura que traten, sobre todo, de contextos occidentales: los estudiantes procedentes de entornos no occidentales podrían no relacionarlos y desinteresarse.

En la IA para la primera infancia, los problemas de sesgo pueden ser sutiles pero impactantes. Por ejemplo, una IA de reconocimiento de voz utilizada para ayudar a los niños pequeños a aprender a leer podría tener tasas de error más elevadas para los niños con determinados acentos o dialectos (un problema documentado incluso con los asistentes de voz para adultos) (D'Mello *et al.*, 2017). Si la IA no consigue entender a un niño de forma sistemática, ese niño podría ser injustamente evaluado o desanimado. Del mismo modo, las herramientas educativas basadas en la visión por ordenador podrían no reconocer igual de bien a niños de di-

ferentes tonos de piel (un problema conocido en los algoritmos de detección de rostros). El diseño inclusivo y las pruebas son necesarios para mitigar estos sesgos, pero el imperativo ético es claro: ningún niño debe ser desfavorecido por una IA debido a características inherentes como la raza, el idioma o la discapacidad.

La imparcialidad se extiende a la toma de decisiones mediante IA en la Administración, como los algoritmos de admisión o las recomendaciones de becas. Es comprensible que el público se sienta incómodo ante la idea de que algoritmos opacos tomen decisiones que alteran la vida. El escándalo del "algoritmo de los A-Levels" de 2020 en el Reino Unido es un ejemplo a tener en cuenta: debido a la cancelación de exámenes a consecuencia del COVID-19, se utilizó un algoritmo para predecir las notas de los estudiantes basándose en el historial y la clasificación escolar. El resultado se percibió como tremendamente injusto, ya que sistemáticamente se bajaba la nota a los alumnos de alto rendimiento de los colegios con peores resultados históricos, lo que afectaba de forma desproporcionada a los estudiantes desfavorecidos. El revuelo provocó el abandono del algoritmo y la vuelta a las evaluaciones de los profesores. Este incidente, aunque no es una herramienta de IA en el aula, subraya que la transparencia algorítmica y la equidad son cruciales en la educación (Ofqual, 2020). Cualquier IA que influya en los resultados de los exámenes de alto riesgo debe ser examinada minuciosamente para detectar sesgos y estar sujeta a procesos humanos de apelación o anulación. La Recomendación de la Unesco sobre la ética de la IA (2021), adoptada por muchos países, exige específicamente equidad, no discriminación y transparencia en el uso de la IA.

V. TRANSPARENCIA, RESPONSABILIDAD Y SUPERVISIÓN HUMANA

La naturaleza de caja negra de muchos sistemas de IA plantea un reto en la educación, donde la confianza y la comprensión son primordiales. Profesores, alumnos y padres necesitan saber cómo y por qué una herramienta de IA toma determinadas decisiones o recomendaciones, especialmente si afectan a los itinerarios de aprendizaje o a las

evaluaciones. La falta de transparencia puede erosionar la confianza y dificulta el diagnóstico de los problemas cuando surgen. Por ejemplo, si un tutor de IA sigue dando a un estudiante un tipo particular de problema, el estudiante y el profesor deberían conocer la razón (tal vez el estudiante no domina un concepto todavía) en lugar de adivinar. Del mismo modo, si un estudiante es marcado como "en riesgo" por un sistema de IA, el consejero debe saber qué puntos de datos condujeron a esa bandera —¿fueron las calificaciones, la asistencia, los datos de interacción?— para evaluar si el indicador tiene sentido (Ifenthaler et al., 2020).

Muchos expertos abogan por una "IA explicable" en la educación: sistemas que puedan ofrecer explicaciones legibles para el ser humano sobre sus resultados. En la práctica, esto podría significar que un sistema de calificación de IA destacara las secciones de un ensayo que considera más débiles y por qué, o que un sistema de recomendación de aprendizaje mostrara qué respuestas erróneas desencadenan una secuencia de recuperación. Se están haciendo algunos progresos en la investigación sobre IA explicable para la educación, pero aún es pronto. Hasta entonces, un enfoque pragmático consiste en aplicar la supervisión y el juicio humanos como contrapeso a la opacidad de la IA (Cios y Zapala, 2021). El informe 2023 del Departamento de Educación de EE. UU. hace hincapié en un enfoque "humano" para la IA en la enseñanza y el aprendizaje, recomendando que las decisiones de la IA estén sujetas a revisión y anulación por parte de los educadores. Por ejemplo, si una IA sugiere un itinerario personalizado para un estudiante, un profesor o asesor académico debe revisarlo, ajustarlo si es necesario y comunicárselo al estudiante de forma comprensible.

VI. CALIDAD, VALIDEZ Y ASPECTOS PEDAGÓGICOS

No todas las herramientas de IA son adecuadas desde el punto de vista pedagógico. Uno de los retos es garantizar que los métodos basados en la IA se ajusten a los principios establecidos de buena enseñanza y aprendizaje. Un riesgo es que algunos productos de IA den prioridad a las métricas de compromiso del alumno o a la realización de tareas

sobre el aprendizaje en profundidad. Por ejemplo, un tutor de IA puede guiar a un estudiante para que obtenga las respuestas correctas mediante pistas, pero el estudiante puede seguir careciendo de una verdadera comprensión conceptual; básicamente, la IA podría entrenar inadvertidamente a los estudiantes para "vencer al sistema" en lugar de aprender. Sin un diseño cuidadoso, la IA también podría promover una dependencia excesiva del andamiaje paso a paso, obstaculizando el desarrollo de habilidades independientes de resolución de problemas. Existe el deber ético de evaluar continuamente si la enseñanza mediada por IA es realmente eficaz (¿conduce a la retención a largo plazo?, ¿transferencia de conocimientos?) y de evitar usos artificiosos de la IA que puedan impresionar a corto plazo, pero aporten poco valor educativo.

Otra preocupación que ha surgido con fuerza con la IA generativa es la integridad académica y la autenticidad del trabajo de los estudiantes. Con IA como ChatGPT, capaz de generar ensayos, soluciones o incluso código, los educadores temen un aumento del plagio o las trampas facilitadas por la IA. Esto da la vuelta al guion: antes hablábamos de la ayuda de la IA para detectar las trampas; ahora la IA también puede facilitarlas. En 2023-2024, las escuelas y universidades se apresuraron a actualizar los códigos de honor y a desarrollar herramientas de detección (algunas recurrieron a la IA para detectar textos generados por ella, una especie de carrera armamentística). Sin embargo, la detección es imperfecta y plantea sus propios problemas (algunos detectores marcan falsamente el trabajo escrito por humanos, lo que provoca estrés).

También surgen consideraciones sociales y de desarrollo. Sobre todo, en la primera infancia y la enseñanza primaria, el uso intensivo de la IA o del aprendizaje basado en pantallas puede afectar al desarrollo social. Los niños pequeños aprenden habilidades sociales cruciales a través de la interacción humana —compartir, empatía, turnarse— que una IA no puede reproducir de forma auténtica. Una dependencia excesiva de los tutores de IA o de los amigos robot podría obstaculizar esas oportunidades. Un plan ético de educación debe definir unos límites claros: por ejemplo, un programa de educación infantil puede utilizar una aplicación de logopedia de

IA durante quince minutos al día, pero garantizar que el resto del día sea rico en juego e interacción humanos.

En el caso de los alumnos de más edad, está la cuestión de la autonomía y el pensamiento crítico de los estudiantes. Si los alumnos se acostumbran demasiado a que la IA les diga lo que tienen que hacer o les dé pistas, pueden convertirse en aprendices pasivos. Es esencial diseñar la IA de forma que fomente la metacognición, por ejemplo, pidiendo a los alumnos que reflexionen sobre sus errores o que elijan entre las actividades de aprendizaje en lugar de dirigirlos siempre automáticamente. El objetivo debe ser aumentar la inteligencia humana, no sustituirla ni subordinarla. Los profesores tienen un papel que desempeñar en este sentido: por ejemplo, pidiendo de vez en cuando a los alumnos que expliquen cómo les ha ayudado el tutor de la IA o que cuestionen una sugerencia de la IA (quizá la IA no siempre tenga razón). Así se crea un sano escepticismo y se comprende que la IA es una herramienta, no un oráculo infalible.

Por último, hay que tener en cuenta la falta de investigación sólida que hay detrás de muchas herramientas de IA. Algunas son desarrolladas por empresas emergentes y lanzadas al mercado con una evaluación independiente mínima. Se trata de un problema ético porque los estudiantes y los profesores se convierten en probadores beta, posiblemente a costa del tiempo de aprendizaje. Se necesitan ensayos clínicos rigurosos o estudios longitudinales para validar la eficacia de la IA, pero estos requieren tiempo y recursos. Mientras tanto, las escuelas pueden confiar en el *marketing* de los proveedores o en algunos estudios piloto. Una revisión sistemática de AIED por Zawacki-Richter *et al.* (2019) y otros señalaron que mucha literatura es entusiasta, pero no siempre metodológicamente sólida; pidieron una recopilación de evidencia más firme. Hasta que se disponga de pruebas más concluyentes, existe la obligación ética de que los educadores pongan a prueba nuevas intervenciones de la IA de manera controlada y midan los resultados, en lugar de desplegar tecnología no probada en toda la escuela y arriesgarse a obtener poco o ningún beneficio o incluso daño. Esto enlaza con el punto anterior sobre la falta de pruebas.

VII. POLÍTICA, REGULACIÓN Y NECESIDAD DE GOBERNANZA

Para abordar muchos de estos retos, existe una clara necesidad de políticas y directrices a nivel institucional, nacional e internacional. A mediados de la década de 2020, las políticas se están poniendo al día. La Unesco se ha mostrado activa en la elaboración de orientaciones, como su Consenso de Beijing de 2019 sobre la IA en la Educación y una publicación de 2021 *AI and Education: Guidance for Policy-Makers*, que establece principios para un uso equitativo y ético de la IA. Para 2023-2024, algunos países y Estados han comenzado a redactar o promulgar políticas para la IA en las escuelas (por ejemplo, exigiendo transparencia sobre el uso de la IA, ordenando protecciones de privacidad de datos específicas para datos educativos o prohibiendo ciertos usos como el reconocimiento facial en las escuelas). También se está avanzando en la creación de marcos de competencias en materia de IA para estudiantes y profesores, como señala la Unesco, con el objetivo de garantizar que todo el mundo tenga un conocimiento básico de las oportunidades y los riesgos de la IA.

A pesar de estos esfuerzos, una encuesta mundial de la Unesco (2023) puso de relieve que únicamente una de cada diez instituciones contaba con una política formal sobre IA. Este vacío político significa que las decisiones se dejan a menudo en manos de profesores o proveedores individuales, lo que dista mucho de ser ideal. Uno de los retos es que la política debe ser ágil: la tecnología evoluciona rápidamente (por ejemplo, la repentina aparición de la IA generativa). Las políticas redactadas incluso hace dos años podrían no cubrir los nuevos avances. Por ello, algunos abogan por planteamientos basados en principios (como hacer hincapié en la agencia humana, la equidad o la seguridad) que puedan adaptarse a diversos contextos, en lugar de normas demasiado específicas que pueden quedar desfasadas.

También se está estudiando la regulación: la propuesta de Ley de IA de la Unión Europea (que probablemente finalizará en torno a 2024) clasifica los sistemas de IA en función del riesgo (Comisión Europea, 2023). Una IA utilizada en educación,

especialmente para determinar el acceso (como un algoritmo de admisión), podría considerarse de alto riesgo y exigir el cumplimiento de requisitos estrictos (transparencia, supervisión humana, etc.). Si se aprueban estas normativas, los proveedores y las escuelas de esas jurisdicciones tendrán obligaciones legales sobre la forma en que despliegan la IA (por ejemplo, informar a los usuarios de que están interactuando con la IA, proporcionar vías para la intervención humana). En EE. UU., aunque todavía no hay ninguna ley federal que se refiera específicamente a la IA en la educación, hay un creciente escrutinio en torno a cuestiones como la privacidad de los datos de los estudiantes y la equidad algorítmica, y podrían surgir leyes a nivel estatal.

Los marcos éticos y los órganos de gobierno de las instituciones educativas también pueden ayudar. Algunas universidades han creado comités de ética para revisar la investigación y las aplicaciones de la IA en el campus en las que participan estudiantes. Los distritos escolares podrían convocar comités de profesores, padres, estudiantes y expertos para evaluar las herramientas de IA y crear directrices locales (por ejemplo, si se utilizan chatbots de IA, ¿cómo nos aseguramos de que sean seguros y apropiados para nuestros estudiantes?). Incluir voces diversas en estos procesos de gobernanza es clave: los estudiantes y los padres deben tener voz, no solo los administradores y los expertos en tecnología (Bryson y Theodorou, 2019).

Por último, para hacer frente a los retos es necesario crear capacidades: formar a los educadores para que comprendan las dimensiones éticas de la IA, formar a los desarrolladores de IA sobre los valores educativos y la ética, y educar a los estudiantes para que naveguen por un mundo rico en IA de forma responsable. Por ejemplo, si se enseña a los estudiantes cómo funciona la IA y sus posibles sesgos, se convertirán en usuarios más informados y podrán contribuir a utilizarla de forma ética (denunciando problemas, etc.). Los profesores necesitan apoyo sobre cómo integrar la IA respetando principios como la equidad y la privacidad; muchos programas de formación de profesores están empezando a incluir sesiones sobre ética de la tecnología educativa.

En conclusión, aunque la IA ofrece posibilidades apasionantes en la educación, conlleva una constelación de retos que debemos afrontar de frente. Estos retos no son insuperables; de hecho, la concienciación y la gestión proactiva pueden mitigar muchos riesgos. Se ha producido un rápido aumento de la concienciación: de la exuberancia inicial a una comprensión más mesurada de que la ética y la gobernanza son tan cruciales como la innovación en el ámbito de la IA en la educación. El tema general es mantener un enfoque equitativo centrado en el ser humano. Es nuestra responsabilidad colectiva —educadores, desarrolladores, responsables políticos, estudiantes— dirigir esta tecnología para el bien, garantizando que la IA en la educación respete los derechos, amplifique la buena enseñanza y sirva a todos los alumnos de forma justa.

VIII. CONCLUSIÓN

La inteligencia artificial está a punto de convertirse en parte integrante del panorama educativo mundial, transformando la forma en que enseñamos, aprendemos y gestionamos los sistemas educativos. Desde las aulas de educación infantil, donde las aplicaciones basadas en IA pueden ayudar al desarrollo del lenguaje, hasta las universidades, donde el análisis predictivo puede mejorar el éxito de los estudiantes, las aplicaciones de la IA en la educación son amplias y están en continua expansión. Esta revisión ha examinado estas aplicaciones en detalle, destacando cómo la IA puede proporcionar tutoría adaptativa, automatizar las evaluaciones, ayudar a los profesores en la instrucción y la administración, y personalizar las experiencias de aprendizaje. Los datos disponibles hasta la fecha sugieren que la IA, cuando se utiliza con criterio, puede mejorar los resultados del aprendizaje, aumentar la eficiencia y ayudar a los educadores a hacer frente a retos tan antiguos como la enseñanza diferenciada y la retroalimentación oportuna. En particular, la capacidad de la IA para analizar datos y adaptarse en tiempo real es prometedora para responder a las necesidades de alumnos diversos, lo que puede hacer que la educación sea más integradora para alumnos con ritmos, estilos y necesidades de apoyo diferentes.

Sin embargo, este potencial transformador conlleva importantes implicaciones económicas y éticas que no deben pasarse por alto. Desde el punto de vista económico, la IA en la educación ofrece la posibilidad de ahorrar costes y aumentar la productividad —por ejemplo, automatizando tareas rutinarias y permitiendo tutorías individuales a gran escala—, lo que podría liberar recursos y mejorar el acceso a la educación. También podría adaptar mejor la educación a las necesidades de la mano de obra, contribuyendo al crecimiento económico gracias a una población más cualificada. Sin embargo, estos beneficios podrían verse contrarrestados por riesgos como el desplazamiento de mano de obra (con repercusiones sobre los profesores y las funciones del personal), los elevados costes de implantación y el agravamiento de las desigualdades si el acceso a las herramientas de IA es desigual. El efecto neto sobre los mercados laborales y el gasto educativo dependerá en gran medida de las opciones políticas: si utilizamos la IA para complementar y mejorar la profesión docente o para intentar reducir costes de forma que se socave la calidad educativa.

La introducción de la IA en la educación plantea profundas cuestiones y retos éticos. Debemos asegurarnos de que el uso de la IA protege la privacidad de los estudiantes, trata a los alumnos de forma justa y sigue siendo transparente y responsable. La revisión puso de relieve casos de parcialidad (como la clasificación de la IA que penaliza a determinados grupos) y preocupaciones sobre la vigilancia, todo lo cual subraya que los valores fundamentales —equidad, inclusión, dignidad humana y seguridad— deben guiar la adopción de la IA en la educación. Para hacer frente a estos problemas será necesaria la colaboración: una sólida gobernanza de los datos, auditorías algorítmicas para detectar sesgos, directrices claras para los educadores y la participación de las partes interesadas (alumnos, padres, profesores) en las decisiones sobre el uso de la IA.

Para avanzar, es esencial adoptar un enfoque equilibrado. Los resultados y análisis aquí expuestos apoyan una visión de la IA como un poderoso aliado de educadores y alumnos, no como un sustituto de los elementos humanos que definen la educación. La

integración efectiva de la IA implicará combinar la inteligencia de las máquinas con la pedagogía humana: profesores que aprovechen los conocimientos de la IA para informar sobre la enseñanza personalizada, estudiantes que utilicen herramientas de IA para mejorar la práctica sin dejar de participar en un diálogo y una colaboración humanos enriquecedores, y administradores que utilicen el análisis de datos de la IA para informar sobre las políticas al tiempo que aplican el juicio y la compasión a las decisiones. Como señaló acertadamente el Foro Económico Mundial, "la educación 4.0 consiste en mejorar, no sustituir, la enseñanza con IA". La investigación empírica y los programas piloto realizados hasta la fecha se hacen eco de esta idea. En los casos de éxito implican que la IA trabaja en tándem con educadores cualificados, y los fracasos a menudo implican que se descuida la aportación de los profesores o que se despliega la IA sin el apoyo y el contexto adecuados.

La política y la investigación en curso desempeñarán un papel fundamental en la configuración de los resultados. Es alentador que estén surgiendo marcos internacionales (como las recomendaciones de la Unesco) y estrategias nacionales para garantizar que la IA en la educación se desarrolle y utilice de forma responsable. Estos marcos deben aplicarse y actualizarse continuamente. También hay una gran necesidad de más investigación interdisciplinar en la intersección de la IA, la educación y las ciencias sociales para construir la base de pruebas sobre qué funciona, para quién y en qué condiciones. Por ejemplo, los estudios longitudinales para seguir el impacto del aprendizaje asistido por IA en el rendimiento y la equidad de los estudiantes, o la investigación-acción con profesores para encontrar las mejores prácticas de pedagogía potenciada por IA, informarán sobre mejores estrategias de integración. Además, la inclusión de especialistas en ética y sociología en el ciclo de desarrollo de la IA educativa puede ayudar a prever y mitigar consecuencias imprevistas.

En conclusión, la creciente presencia de la IA en la educación es un arma de doble filo, con enormes beneficios potenciales, por un lado, e importantes retos por el otro. Para maximizar los primeros y minimizar los segundos, las partes interesadas deben dar prioridad a una aplicación de la IA centrada en el ser humano y equitativa. Esto significa preguntarse

siempre: ¿Sirve esta aplicación de IA a los intereses de alumnos y profesores? ¿Promueve la comprensión, la curiosidad y la equidad? —y estar dispuestos a detener o modificar los usos que no cumplan estos criterios—. La educación, en su esencia, es crecimiento humano y capacitación. La IA puede ser un catalizador de este crecimiento, abriendo nuevas vías de conocimiento y personalización que antes eran inalcanzables. Pero debe utilizarse con sabiduría y cuidado.

Si procedemos con cautela, guiados por la investigación y la ética, podemos imaginar un futuro en el que la IA ayude a todos los niños —ya sea en una aldea remota o en un centro urbano— a aprender con un apoyo personalizado, en el que los profesores tengan más tiempo y conocimientos para centrarse en lo que mejor saben hacer los humanos (orientar, inspirar, empatizar), y en el que los sistemas educativos sean más receptivos y eficaces. Alcanzar esta visión exigirá una vigilancia constante y la colaboración entre el mundo académico, la industria y la Administración. Los próximos años serán cruciales para sentar los precedentes y las normas de la IA en la educación. Esta revisión sirve de base para comprender el panorama; corresponderá a la próxima oleada de estudiosos continuar supervisando, evaluando y guiando este profundo viaje hacia un futuro educativo potenciado por la IA.

BIBLIOGRAFÍA

- Barshay, J. (2024).** New Evidence Affirms Teachers Should Go Slow Using AI to Grade Essays. *FutureEd*. <https://www.future-ed.org/new-evidence-affirms-teachers-should-go-slow-using-ai-to-grade-essays/>
- Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S. W. y Siemens, G. (2023).** *A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: a call for increased ethics, collaboration, and rigour*. University of ST Andrews.
- Bowers, A. J., Sprott, R. y Taff, S. A. (2013).** ¿Sabemos quién abandonará los estudios? Una revisión de los predictores

- de abandono de la escuela secundaria. *The High School Journal*, 96(2), 77-100.
- Bryson, J., y Theodorou, A. (2019).** Cómo la sociedad puede mantener la inteligencia artificial centrada en el ser humano. En *Digitalización y servicios centrados en el ser humano*, pp. 305-313. Springer.
- Bulger, M. (2016).** *Aprendizaje personalizado: Las conversaciones que no estamos teniendo*. Instituto de Investigación de Datos y Sociedad.
- Chong, S. W. y Siemens, G. (2024).** A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *Revista Internacional de Tecnología Educativa en la Enseñanza Superior*, 21(1), 4.
- Cios, K. J. y Zapala, G. A. (2021).** Ética de la IA en la educación: Human-in-the-loop approach. *AI & Society*, 36(1), 55-66.
- Comisión Europea. (2023).** Propuesta de Reglamento por el que se establecen normas armonizadas sobre la inteligencia artificial (AI Act). <https://eur-lex.europa.eu>.
- D'Mello, S., Dieterle, E. y Duckworth, A. (2017).** Medición avanzada, analítica y automatizada (AAA) del engagement durante el aprendizaje. *Psicólogo Educativo*, 52(2), 104-123.
- Departamento de Educación de Estados Unidos, Oficina de Tecnología Educativa. (2017).** *Reimagining the Role of Technology in Education: 2017 National Education Technology Plan Update*.
- Departamento de Educación de los Estados Unidos (USD OE), Oficina de Tecnología Educativa. (2023)** *La inteligencia artificial y el futuro de la enseñanza y el aprendizaje: Insights and Recommendations*. Washington, DC.
- Dhawan, S. (2020).** Online Learning: A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis. *Journal of Educational Technology Systems*, 49(1), 5-22. <https://doi.org/10.1177/0047239520934018>
- Escueta, M., Nickow, A. J., Oreopoulos, P. y Quan, V. (2020).** Mejorar la educación con tecnología: Insights from experimental research. *Journal of Economic Literature*, 58(4), 897-996.
- Goel, A. K. y Polepeddi, L. (2016).** *Jill Watson: Un asistente de enseñanza virtual para la educación en línea*. Instituto de Tecnología de Georgia. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16783.18082>
- Holmes, W., Bialik, M. y Fadel, C. (2019).** *Inteligencia artificial en la educación: Promesas e Implicaciones para la Enseñanza y el Aprendizaje*. Centro para el Rediseño Curricular.
- Ifenthaler, D. y Yau, J. Y. K. (2020).** Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Investigación y Desarrollo en Tecnología Educativa*, 68, 1961-1990.
- Kulik, J. A. y Fletcher, J. D. (2016).** Eficacia de los sistemas de tutoría inteligente: Una revisión meta-analítica. *Revista de Investigación Educativa*, 86(1), 42-78.
- LeMoine, J. E. (2024).** La inteligencia artificial y el campo de la primera infancia: Exploring Potential to Enhance Education, Communication and Inclusivity. *Revista Zero to Three*.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M. y Forcier, L. B. (2016).** *Intelligence Unleashed: Un argumento a favor de la IA en la educación*. Pearson Education. <https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/global/Files/about-pearson/innovation/open-ideas/Intelligence-Unleashed-v15-Web.pdf>
- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C. y Liu, Q. (2014).** Los sistemas de tutoría inteligente y los resultados del aprendizaje: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901-918.
- Milberg, T. (2024).** *El futuro del aprendizaje: Cómo la IA está revolucionando la educación 4.0*. Foro Económico Mundial.
- Morley, S. (2023).** *TVET and AI: Crafting the Future of Vocational Training. El mundo de la EFTP*.
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Mahmud, A. A. y Dong, J. J. (2013).** Una revisión de la aplicabilidad de los robots en la educación. *Tecnología para la educación y el aprendizaje*.
- O'Neil, C. (2016).** *Armas de destrucción matemática: Cómo el big data aumenta la desigualdad y amenaza la democracia*. Crown Publishing Group.
- OCDE . (2021a).** *Perspectivas de la Educación Digital de la OCDE 2021: Pushing the Frontiers with AI*. Paris: OCDE.
- OCDE. (2021b).** *El estado de la educación escolar: Un año después de la pandemia de COVID*. Paris: OCDE. <https://doi.org/10.1787/3fe4b062-en>

- OCDE. (2022). Marco de la OCDE para clasificar los sistemas de IA. *Documentos de la OCDE sobre Economía Digital*, nº 327.
- Ofqual. (2020). *Awarding GCSE, AS & A levels in summer 2020: interim report*. <https://www.gov.uk/government/publications/awarding-gcse-as-a-levels-in-summer-2020-interim-report>
- Page, L. C. y Gehlbach, H. (2017). Cómo un asistente virtual artificialmente inteligente ayuda a los estudiantes a navegar por el camino hacia la universidad. *AERA Open*, 3(4), 2332858417749220.
- Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., Hamilton, L. S. y Pane, J. D. (2017). *Informar sobre el progreso: Insights on personalized learning implementation and effects*. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR2042>
- Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A. y Valverde, P. (2019). *Inteligencia artificial en educación: Retos y oportunidades para el desarrollo sostenible*. Unesco. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>
- Perelman, L. (2014). *Cuando "el estado del arte" es contar palabras*. MIT Comparative Media Studies Research.
- Ramineni, C. y Williamson, D. M. (2018). Comprensión de las diferencias de puntuación media entre el motor de puntuación automatizado e-rater y los humanos para grupos de base demográfica en la prueba general GRE. *ETS Research Report Series*, 2018(1), 1-31. <https://doi.org/10.1002/ets2.12192>
- Robinson, L., Cotten, S. R., Ono, H., Quan-Haase, A., Mesch, G., Chen, W., Schulz, J., Hale, T. M. y Stern, M. J. (2015). Desigualdades digitales y por qué importan. *Información, Comunicación y Sociedad*, 18(5), 569-582.
- Sands, P., Waters, L. y McBride, S. (2021). Artificial intelligence in education: A critical review and implications for assessment. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 28(4), 420-438.
- Selbst, A. D. y Barocas, S. (2018). El atractivo intuitivo de las máquinas explicables. *Fordham Law Review*, 87, 1085.
- Shute, V. J. y Rahimi, S. (2021). Evaluación sigilosa y análisis del aprendizaje: Medición diagnóstica para el siglo XXI. *Computers in Human Behavior*, 120, 106715.
- Slade, S. y Prinsloo, P. (2013). Analítica del aprendizaje: Cuestiones y dilemas éticos. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1510-1529.
- Steenbergen-Hu, S. y Cooper, H. (2014). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on K-12 students' mathematical learning. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 970-987. <https://doi.org/10.1037/a0037123>
- Taylor, R. (2024). *La IA en la educación: ¿puede elevarnos o nos dividirá aún más?* Documento de debate del Centro de Políticas Progresistas.
- Unesco. (2019). *Consenso de Beijing sobre inteligencia artificial y educación*. Ediciones Unesco.
- Unesco.(2021). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. Unesco. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455>
- Unesco. (2023). *Orientaciones para la IA Generativa en la Educación y la Investigación*. Ediciones Unesco.
- Unesco. (2023). AI: La UNESCO moviliza a los ministros de Educación de todo el mundo para dar una respuesta coordinada al ChatGPT (Artículo de prensa).
- Unesco. (s.f.). *Inteligencia artificial en la Educación*. <https://www.unesco.org/en/digital-education/artificial-intelligence>.
- VanLehn, K. (2011). La eficacia relativa de la tutoría humana, los sistemas de tutoría inteligente y otros sistemas de tutoría. *Educational Psychologist*, 46(4), 197-221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>
- Wainer, H. (Ed.). (2000). *Computerized adaptive testing: A primer*. Routledge.
- Warschauer, M. y Matuchniak, T. (2010). New technology and digital worlds: Analyzing evidence of equity in access, use, and outcomes. *Review of Research in Education*, 34(1), 179-225. <https://doi.org/10.3102/0091732X09349791>
- Xie, H., Chu, H. C., Hwang, G. J. y Wang, C. C. (2019). Tendencias y desarrollo en el aprendizaje adaptativo/personalizado mejorado por la tecnología: Una revisión sistemática. *Computadoras y Educación*, 140, 103599.
- Zawacki-Richter, O., Marin, V. I., Bond, M. y Gouverneur, F. (2019). Revisión sistemática de la investigación sobre aplicaciones de inteligencia artificial en la educación superior. *Revista Internacional de Tecnología Educativa en la Educación Superior*, 16(1), 39.



COLABORACIONES III

**TECNOLOGÍA, PENSAMIENTO CRÍTICO,
Y BIENESTAR SOCIAL Y EMOCIONAL**

LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN EN ESPAÑA: PRESENTE Y FUTURO

Ildefonso Méndez

Universidad de Murcia

Resumen

El presente artículo analiza el grado de penetración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el tejido productivo español, con especial mención a las tecnologías de la inteligencia artificial (IA) por su elevado potencial de mejora de la productividad y el crecimiento económico. Asimismo, analizamos en qué medida el sistema educativo español, por comparación a los países de nuestro entorno, ha avanzado en la integración de las herramientas TIC en general, y de la IA en particular, en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los países que integren de forma exitosa estas herramientas tecnológicas en su sistema educativo dispondrán de una ventaja comparativa en términos de productividad y bienestar a largo plazo.

Palabras clave: tecnologías de la información y la comunicación, inteligencia artificial, productividad, educación.

Abstract

This paper analyzes the extent to which the information and communication technologies (ICT) have penetrated into Spanish firms, with particular emphasis on the adoption of Artificial Intelligence (AI) technologies. The latter technologies are expected to play a prominent role on productivity growth in developed economies. We also analyze whether the Spanish educational system has been successful at incorporating these technologies into the teaching-learning process. Those countries that successfully incorporate ICT and AI technologies into the education of children will have a relevant comparative advantage in terms of productivity growth and long-run welfare.

Keywords: information and communication technologies, artificial intelligence, productivity, education.

JEL classification: D24, O47.

I. INTRODUCCIÓN

La (pen)última revolución es la inteligencia artificial (IA). Un acrónimo sencillo, dos letras llamadas, al menos en teoría, a cambiar la forma en la que nos relacionamos, escribimos, hacemos los deberes y trabajamos. La singularidad de la IA respecto de otras innovaciones tecnológicas es su notable potencial transformador de la economía y la sociedad, con capacidad para integrarse en todos los sectores de actividad (Agrawal *et al.*, 2019; Brynjolfsson *et al.*, 2019), mejorando la eficiencia en los procesos productivos y, en concreto, en las tareas con un elevado componente de repetición y/o mecanización.

Aunque las tecnologías de IA se están expandiendo rápidamente, su presencia en la actividad

productiva todavía es relativamente limitada. Así, Acemoglu *et al.* (2022) estimaron que en 2018 solamente el 3 por 100 de las empresas de EE. UU. utilizaban tecnologías de IA. No obstante, ese porcentaje se incrementó hasta el 9 por 100 a finales del año 2024 (Bonney *et al.*, 2024). En la Unión Europea, la adopción de la IA por parte de las empresas de al menos diez trabajadores se incrementó desde el 7,7 por 100 en 2021 hasta el 13,5 por 100 en 2024. En este último año el porcentaje estimado para las empresas españolas de diez o más trabajadores era del 11,3 por 100.

El presente artículo analiza el grado de penetración de las tecnologías de la IA en el tejido productivo español, utilizando el contexto europeo como marco de referencia que dota de significado las estimaciones para España. Este ejercicio de carac-

terización debe, en nuestra opinión, realizarse en el contexto más amplio del grado de utilización de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las empresas españolas. Esto es así porque la utilización de tecnologías de la IA requiere de un conocimiento adecuado de tecnologías previas de la información y comunicación. Caracterizamos así el momento actual en el uso de las TIC y, en concreto, tecnología de la IA en las empresas españolas.

Asimismo, analizamos en qué medida el sistema educativo español, por comparación a los países de nuestro entorno, ha avanzado en la integración de las herramientas TIC en general, y de la IA en particular, en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Partimos, así, de la premisa de que aquellos países cuyo sistema educativo integre de forma exitosa las herramientas tecnológicas disponibles en el

proceso de enseñanza-aprendizaje dispondrán de una notable ventaja comparativa en términos de productividad y de bienestar a largo plazo.

II. LA ADOPCIÓN DE LAS TIC Y LA IA EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS

En esta sección analizamos los datos de la *Encuesta sobre el uso de las TIC y comercio electrónico*, realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE), y la *Encuesta del Banco de España sobre la Actividad Empresarial (EBAE)*, para caracterizar el grado de penetración de estas tecnologías en las empresas españolas.

El cuadro n.º 1 informa sobre el uso de ordenadores y otras tecnologías por parte de las empre-

CUADRO N.º 1

USO DE ORDENADORES Y OTRAS TECNOLOGÍAS EN EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje

	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas que disponen de ordenadores	99,6	99,5	99,5	99,7
Personal que utiliza ordenadores con fines empresariales sobre el total de personal	68,4	60,1	52,9	73,4
Empresas que utilizan alguna tipología de <i>software</i> de código abierto	86,7	85,6	87,3	86,9
Empresas que utilizan <i>software</i> de código abierto según tipología: sistemas operativos	55,5	54,1	50,4	57,5
Empresas que utilizan <i>software</i> de código abierto según tipología: navegadores de Internet	94,2	94,1	96,8	93,6
Empresas que utilizan <i>software</i> de código abierto según tipología: aplicaciones ofimáticas	73,9	72,8	75,8	73,9
Empresas que utilizan <i>software</i> de código abierto según tipología: gestores de contenido para páginas web	34,8	32,7	21,0	39,6
Empresas que utilizan <i>software</i> de código abierto según tipología: servidores de web/Internet	37,9	34,8	25,7	42,7
Empresas que utilizan <i>software</i> de código abierto según tipología: aplicaciones de procesamiento automático de información tipo ERP o CRM	30,3	31,7	19,9	32,5
Empresas que utilizan <i>software</i> de código abierto según tipología: <i>software</i> para el análisis de <i>big data</i>	11,8	8,3	5,7	15,1
Empresas que utilizan <i>software</i> de código abierto según tipología: <i>software</i> de seguridad, plataformas de aprendizaje, servidores de correo electrónico	47,4	44,6	40,0	50,7

Fuente: Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

CUADRO N.º 2

ESPECIALISTAS Y PERFILES TIC EN EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje

	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas que emplean especialistas en TIC	15,7	14,2	4,5	19,4
Empresas con especialistas TIC en ciberseguridad	6,6	5,9	1,8	8,3
Empresas con especialistas TIC en inteligencia artificial	2,2	1,3	0,2	3,1
Empresas con especialistas TIC en datos	8,4	7,1	2,8	10,5
Empresas con especialistas TIC en computación en la nube	5,0	3,4	1,4	6,7
Empresas con especialistas TIC en otras áreas	12,0	11,0	2,5	15,0
Personal especialista TIC sobre el total de personal	4,5	1,4	0,5	6,2
Personal especialista TIC en ciberseguridad	6,9	11,8	13,7	6,4
Personal especialista TIC en inteligencia artificial	2,8	3,0	2,0	2,8
Personal especialista TIC en datos	23,6	17,8	31,7	24,0
Personal especialista TIC en computación en la nube	10,0	7,4	11,0	10,2
Personal especialista TIC en otras áreas	56,7	60,0	41,6	56,5
Empresas que proporcionaron actividades formativas en TIC a sus empleados	22,3	19,7	12,4	26,2
Empresas que proporcionaron actividades formativas en TIC a su personal especialista en TIC	40,6	38,8	11,2	45,1
Empresas que proporcionaron actividades formativas en TIC a otro personal empleado de la empresa	90,4	91,8	98,0	88,9
Empresas que contrataron o intentaron contratar especialistas en TIC	13,9	11,1	6,2	17,3
Empresas que tuvieron dificultad para cubrir alguna vacante de especialista en TIC	4,3	2,7	0,7	6,0
Empresas cuya dificultad para cubrir vacante especialista TIC fue falta de solicitudes	57,1	70,1	66,7	54,3
Empresas cuya dificultad para cubrir vacante especialista TIC fue falta de cualificación educativa y/o formativa adecuada en TIC de los solicitantes	61,3	65,2	77,0	60,1
Empresas cuya dificultad para cubrir vacante especialista TIC fue falta de experiencia laboral adecuada en TIC de los solicitantes	73,2	73,5	75,8	73,1
Empresas cuya dificultad para cubrir vacante especialista TIC fue expectativas salariales de los solicitantes demasiado elevadas	70,9	70,9	62,8	71,2
Empresas en las cuales fueron los propios empleados quienes desarrollaron las funciones TIC de la empresa	35,9	33,5	23,8	40,4
Empresas en las cuales fueron proveedores externos quienes desarrollaron las funciones TIC de la empresa	74,8	79,1	70,1	74,2

Fuente: Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

sas españolas de diez o más trabajadores en función de su rama de actividad. La información, relativa al primer trimestre del año 2024, el último disponible en el momento de redactar este artículo, confirma que el ordenador es un recurso universal en las empresas españolas, independientemente de su rama de actividad. Aproximadamente un 85 por 100 de las empresas españolas utilizan algún tipo de *software* de código abierto, entre los que destacan los navegadores de Internet (94 por 100), las aplicaciones ofimáticas (74 por 100), sistemas operativos (55 por 100) y *software* de seguridad (47 por 100). Estos porcentajes se mantienen bastante estables en las diferentes ramas de actividad.

La tecnología de código abierto menos frecuentemente utilizada por las empresas españolas incluye los gestores de contenido para páginas web, los servidores de Internet y las aplicaciones de procesamiento automático de la información tipo ERP o CRM. El porcentaje de empresas que utiliza tecnologías incluidas en estas tres categorías no suele exceder de un tercio del total de empresas en cada rama de actividad y, por ende, en el conjunto nacional. La categoría de tecnología de código abierto menos frecuentemente utilizada por las empresas españolas es la relativa al *software* para el análisis de *big data*, que apenas utiliza un 12 por 100 de las empresas españolas. El porcentaje se incrementa hasta el 15 por 100 para las empresas del sector servicios, no llegando al 6 por 100 en el caso de las empresas de la construcción.

Un análisis detallado de la distribución de estos indicadores por comunidades autónomas, cuyos datos están disponibles en la web del INE, confirma la prevalencia de los rasgos destacados en el párrafo precedente en todas las comunidades. Únicamente las comunidades de Madrid y Cataluña presentan indicadores superiores a la media nacional en frecuencia de uso de gestores de contenido web, servidores de Internet, aplicaciones de procesamiento automático de la información y programas para el análisis de *big data*. En concreto, más del 16 por 100 (13 por 100) de las empresas ubicadas en la Comunidad de Madrid (Cataluña) utilizan programas para el análisis de *big data*, un porcentaje que se incrementa hasta el 20 por 100 (17 por 100) si condicionamos el análisis a empresas del sector servicios.

A continuación, el cuadro n.º 2 informa de la presencia relativa de profesionales TIC en las empresas españolas de diez o más trabajadores. Aproximadamente un 16 por 100 de las empresas españolas de diez o más trabajadores contaba entre su personal, en el primer trimestre de 2024, con al menos un especialista en TIC que, en la mayoría de los casos, estaba especializado en datos o en ciberseguridad. Este porcentaje se sitúa en aproximadamente un 20 por 100 en el caso de las empresas del sector servicios, un 14 por 100 en las empresas industriales y un 4,5 por 100 en el caso de las empresas del sector de la construcción.

Asimismo, encontramos que un 4 por 100 de las empresas españolas de diez o más trabajadores, que asciende al 6 por 100 al condicionar el análisis al sector servicios, declara haber tenido dificultad para cubrir alguna vacante de especialista TIC. La falta de experiencia profesional previa de los solicitantes y sus aspiraciones salariales, son los dos obstáculos más frecuentes para cubrir las vacantes.

El cuadro n.º 3 resume las principales características de la conexión a Internet y la existencia, o no, de página web en las empresas españolas de diez o más trabajadores. La práctica totalidad de las empresas dispone de conexión a Internet independientemente de su rama de actividad y de la comunidad autónoma en la que tiene su sede.

Esta unanimidad se pierde si hablamos de empresas que tienen su propia página web o sitio en Internet. Aproximadamente cuatro de cada cinco empresas españolas tienen su propio sitio o página web en Internet, siendo el porcentaje inferior, en torno al 70 por 100, en el caso de empresas de la construcción. La funcionalidad de la web es lo que permite discriminar entre empresas. Así, solamente un 21,5 por 100 de las empresas españolas dispone de una página web en la que sus clientes pueden realizar pedidos o reservas. Asimismo, una cuarta parte de las empresas españolas utiliza su página web para realizar ofertas de trabajo. Finalmente, las empresas que ofrecen en sus web servicios de personalización de sus productos por parte del cliente no superan el umbral del 10 por 100.

El cuadro n.º 4 analiza la utilización de servicios de acceso remoto por parte de las empresas

CUADRO N.º 3
CONEXIÓN A INTERNET Y PÁGINA WEB EN EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas que disponen de conexión a Internet	99,1	99,3	99,0	99,1
Personal que utiliza ordenadores conectados a Internet con fines empresariales sobre el total de personal	63,3	52,9	49,4	69,0
Empresas con acceso a Internet por conexión fija	96,5	97,7	94,7	96,4
Empresas con conexión fija DSL (ADSL, SDSL, ...)	35,6	35,0	28,0	37,9
Empresas con conexión fija por redes de cable y fibra óptica (FTTP)	84,1	81,5	83,5	85,4
Empresas con otras conexiones fijas (PLC, leased line, satélite, ...)	5,7	7,9	3,2	5,4
Empresas con banda ancha fija y velocidad máxima de descarga por debajo de 30 Mb/seg	3,6	5,7	4,4	2,5
Empresas con banda ancha fija y velocidad máxima de descarga mayor o igual que 30 Mb/seg. e inferior a 100 Mb/seg	11,6	12,8	14,5	10,4
Empresas con banda ancha fija y velocidad máxima de descarga mayor o igual que 100 Mb/seg. e inferior a 500 Mb/seg	25,8	27,2	29,4	24,2
Empresas con banda ancha fija y velocidad máxima de descarga mayor o igual que 500 Mb/seg. e inferior a 1 Gb/seg	32,8	32,1	32,4	33,2
Empresas con banda ancha fija y velocidad máxima de descarga de 1 Gb/seg. o superior	26,1	22,3	19,3	29,7
Empresas que consideran suficiente para sus necesidades actuales la velocidad de conexión fija a Internet de la que disponen	96,4	95,3	97,5	96,7
Empresas con acceso a Internet por banda ancha móvil 3G o superior	91,7	91,4	93,8	91,3
Personal al que se le proporciona un dispositivo portátil que permite la conexión móvil a Internet para uso empresarial	44,2	35,6	41,2	47,9
Empresas con sitio/página web	81,8	86,2	70,5	83,0
Empresas con descripción de bienes o servicios en su web	81,3	78,0	76,4	84,1
Empresas con recepción de pedidos o reservas <i>online</i> en su web	21,5	17,2	4,2	27,6
Empresas con opción de personalizar o diseñar los productos por parte de los clientes en su web	9,5	7,5	5,5	11,4
Empresas con seguimiento <i>online</i> de pedidos en su web	12,8	10,5	2,2	16,3
Empresas con personalización de la página web para usuarios habituales en su web	9,6	9,0	7,0	10,4
Empresas con servicio de chat para atención al cliente en su web	17,5	12,6	11,7	21,1
Empresas con anuncios de ofertas de trabajo o recepción de solicitudes de trabajo <i>online</i> en su web	26,7	20,1	18,9	31,6
Empresas con contenido disponible en al menos dos idiomas en su web	43,4	49,5	26,2	44,6

Fuente: Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

españolas de diez o más trabajadores. Encontramos una relación inversa entre la probabilidad de que un empleado acceda en remoto a la empresa y la funcionalidad de dicho acceso. En concreto,

mientras que cerca del 90 por 100 de las empresas disponen de servicios de acceso remoto al correo electrónico para sus empleados, el porcentaje se reduce a una horquilla que oscila entre el 70 por 100

y el 77 por 100 cuando analizamos acceso remoto a documentos o aplicaciones de la empresa.

Aunque las reuniones no presenciales son una realidad en aproximadamente un 60 por 100 de las empresas españolas, la opción del teletrabajo es una realidad en menos del 40 por 100 de las empresas españolas. Aquellas empresas que ofrecen a sus empleados la opción del teletrabajo tienen, en promedio, a una quinta parte de su plantilla trabajando en esta modalidad no

presencial. Este indicador, a diferencia de los anteriores, sí que presenta una destacada variabilidad entre comunidades autónomas, destacando nuevamente la Comunidad de Madrid y Cataluña por el hecho de que más de la mitad de sus empresas ofrecen la opción del teletrabajo a sus empleados. En el caso de la Comunidad de Madrid aproximadamente un tercio de la plantilla de las empresas que ofrecen esta opción trabajan desde su casa. Este porcentaje supera holgadamente al de Cataluña y las demás comunidades autónomas.

CUADRO N.º 4

ACCESO REMOTO, REUNIONES A TRAVÉS DE INTERNET Y TELETRABAJO EN EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje

	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas en las cuales algún empleado tiene acceso remoto al sistema de correo electrónico de la empresa	87,4	87,7	85,8	87,8
Empresas en las cuales algún empleado tiene acceso remoto a documentos de la empresa	77,0	75,2	73,9	78,7
Empresas en las cuales algún empleado tiene acceso remoto a las aplicaciones comerciales o <i>software</i> de la empresa	69,1	68,5	58,2	72,5
Empresas que llevan a cabo reuniones remotas	58,9	59,3	42,6	63,2
Empresas que permiten la realización de teletrabajo por parte de sus empleados	37,5	31,9	26,0	43,1
Empleados que teletrabajan regularmente	19,8	12,2	6,1	24,5
Número de días en término medio por semana en que los trabajadores teletrabajan	2,4	2,1	2,3	2,5

Fuente: Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

A continuación, el cuadro n.º 5 resume los medios sociales de los que disponen las empresas españolas de diez o más trabajadores. Aproximadamente dos tercios de las empresas españolas utilizan medios sociales siendo, nuevamente, inferior la frecuencia de uso en el caso de las empresas del sector de la construcción. Mientras que la práctica totalidad de las empresas españolas disponen de redes sociales, el porcentaje se reduce hasta un tercio cuando se pregunta por la utilización de blogs de empresa o de microblogs. En este indicador encontramos homogeneidad en la frecuencia de uso entre las empresas de las ramas industrial y de construcción, destacando la frecuencia de uso de blogs o microblogs entre las empresas del sector servicios. En todo caso, el

porcentaje de empresas que usan estos recursos tecnológicos no supera el 40 por 100 en el conjunto nacional. Solamente en la Comunidad de Madrid encontramos que más de la mitad de las empresas del sector servicios utiliza estos recursos tecnológicos.

El cuadro n.º 6 analiza la relación de las empresas españolas de diez o más trabajadores con los anuncios en Internet o la publicidad dirigida. Los métodos de publicidad dirigida incluyen, entre otros, las palabras clave buscadas por un usuario, la geolocalización del usuario o el rastreo de actividades pasadas o en el perfil de usuarios de Internet. La información contenida en esta *tablet* puede resumirse en tres puntos fundamentales. En primer lugar, las empre-

CUADRO N.º 5
MEDIOS SOCIALES EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje

	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas que utilizan medios sociales	64,7	63,5	48,4	69,8
Empresas que utilizan redes sociales (Facebook, LinkedIn, Tuenti, Google+, Xing, Viadeo, Yammer, ...)	92,7	91,0	91,8	93,6
Empresas que utilizan blogs de empresas o microblogs (Twitter,...)	34,0	28,3	23,4	38,3
Empresas que utilizan <i>websites</i> que comparten contenido multimedia (Youtube, Flickr, SlideShare, Instagram, Snapchat, Pinterest,...)	58,4	60,7	45,2	60,0

Fuente: Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

CUADRO N.º 6
ANUNCIOS EN INTERNET Y PUBLICIDAD DIRIGIDA EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje

	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas que pagan por anunciarse en Internet	27,1	23,3	19,7	30,9
Empresas que pagan por anunciarse en Internet usando métodos de publicidad dirigida	24,1	19,6	17,3	28,0
Empresas que pagan por anunciarse en Internet usando métodos de publicidad dirigida basada en contenido o palabras claves buscadas por los usuarios	83,7	81,6	79,5	85,1
Empresas que pagan por anunciarse en Internet usando métodos de publicidad dirigida basada en el rastreo de las actividades pasadas o en el perfil de usuarios de Internet	49,8	46,4	43,2	52,1
Empresas que pagan por anunciarse en Internet usando métodos de publicidad dirigida basada en la geolocalización de usuarios de Internet	47,3	40,1	35,2	51,7
Empresas que pagan por anunciarse en Internet usando otros métodos de publicidad dirigida	55,2	49,1	49,4	58,1

Fuente: Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

sas españolas que pagan por anunciarse en Internet representan, aproximadamente, un 27 por 100 del total de empresas. En segundo lugar, la inmensa mayoría de las empresas que pagan por anunciarse en Internet utilizan o contratan métodos de publicidad dirigida. La ordenación de ramas de actividad en relación con el uso de esta tecnología es la misma que hemos destacado en las estadísticas precedentes. De mayor a menor frecuencia de uso encontramos el sector servicios, la industria y la construcción.

Cabe, asimismo, añadir, que un análisis de la dispersión territorial de estos indicadores refuerza el resultado obtenido en indicadores anteriores sobre la excepcionalidad de la Comunidad de Madrid en el uso de tecnología en las empresas. En concreto, un 30 por 100 de las empresas de Madrid pagan por anunciarse en Internet. La relevancia del turismo explica que las Islas Baleares superen a la Comunidad de Madrid en este indicador. Hasta un tercio de las empresas de Baleares pagan por

CUADRO N.º 7

ANÁLITICA DE DATOS EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje

	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas que realizan analítica de datos por parte de sus propios empleados	31,4	31,9	18,3	34,9
Empresas que realizan analítica sobre datos de registros de transacciones	84,0	84,4	84,3	83,8
Empresas que realizan analítica sobre datos de clientes	71,0	69,0	67,0	72,5
Empresas que realizan analítica sobre datos de redes sociales	39,2	28,3	35,3	44,2
Empresas que realizan analítica en datos web	28,2	19,5	20,4	33,0
Empresas que realizan analítica sobre datos de ubicación a partir del uso de dispositivos portátiles o vehículos	26,6	20,3	34,4	28,0
Empresas que realizan analítica sobre datos de dispositivos inteligentes o sensores	17,5	23,8	14,2	15,4
Empresas que realizan analítica sobre datos abiertos de autoridades gubernamentales	19,9	14,0	29,9	20,8
Empresas que realizan analítica sobre datos de satélites	11,2	7,5	15,5	12,0
Empresas para las cuales un tercero realiza la analítica de datos	19,5	17,3	15,2	21,7

Fuente: Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

anunciarse en Internet utilizando métodos de publicidad dirigida.

El cuadro n.º 7 analiza el uso que las empresas españolas de diez o más trabajadores hacen de la analítica de datos. El término “analítica de datos” hace referencia al proceso de recopilar, examinar, interpretar y visualizar datos de la empresa y/o sus clientes para extraer conocimientos significativos que puedan mejorar la posición relativa de la empresa.

Aproximadamente la mitad de las empresas españolas de diez o más trabajadores declara realizar analítica de datos. En concreto, mientras que aproximadamente un tercio de las empresas realizan analítica de datos con sus propios empleados, una de cada cinco empresas contrata los servicios de un profesional o empresa para este servicio. Una vez más, encontramos que son las empresas del sector servicios las que más utilizan estos recursos tecnológicos. Por el contrario, las empresas de la construcción son las que menos uso hacen de estos recursos. No obstante, en el primer trimestre del año 2024 encontramos que un tercio de las

empresas españolas de construcción realizan, con sus propios empleados o contratando el servicio, analítica de datos.

El cuadro n.º 8 analiza la relación de las empresas españolas de diez o más trabajadores con los servicios de *cloud computing*, esto es, servicios que permiten acceder a recursos informáticos a través de Internet en lugar de tenerlos físicamente en un dispositivo local. La estadística del INE informa de que aproximadamente dos de cada cinco empresas españolas compran servicios de *cloud computing* entre los que destacan: correo electrónico, almacenamiento de ficheros, servidor de bases de datos de la empresa y programas de ofimática.

Entre los servicios menos contratados, pero aun así presentes en cerca de dos de cada cinco empresas que compran servicios de *cloud computing*, se encuentran las aplicaciones informáticas para gestionar información sobre clientes, las aplicaciones informáticas de planificación de recursos empresariales y las plataformas informáticas que

CUADRO N.º 8
SERVICIOS DE *cloud computing* EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas que compran servicios de <i>cloud computing</i>	37,7	33,0	28,4	42,4
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : <i>Email</i>	87,2	87,6	83,8	87,7
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : <i>Software de ofimática</i>	71,6	71,3	66,1	72,7
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : servidor (<i>hosting</i>) de bases de datos de la empresa	76,6	74,0	64,0	79,8
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : almacenamiento de ficheros	85,1	84,2	82,7	85,8
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : aplicaciones informáticas financieras o contables	54,7	50,0	50,8	57,1
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : aplicaciones informáticas para gestionar información sobre clientes	42,9	38,0	27,6	47,4
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : aplicaciones informáticas de planificación de recursos empresariales	42,4	37,8	37,2	44,9
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : plataformas informáticas que alojan entornos enfocados al desarrollo, prueba o implementación de aplicaciones	31,6	23,8	19,3	36,6
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : aplicaciones informáticas de seguridad	70,1	68,0	63,3	72,1
Empresas que compran el siguiente servicio de <i>cloud computing</i> : capacidad de computación para ejecutar el <i>software</i> propio de la empresa	40,4	33,9	31,1	44,4

Fuente: Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

CUADRO N.º 9
TECNOLOGÍAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE 10 O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas que emplean tecnologías de inteligencia artificial (IA)	12,4	10,1	4,5	15,6
Empresas con tecnología IA de análisis del lenguaje escrito	44,9	34,5	33,9	48,8
Empresas con tecnología IA que convierte el lenguaje hablado en formato legible por una máquina	32,8	23,8	27,3	35,8
Empresas con tecnología IA que genera lenguaje escrito o hablado	38,0	24,9	33,1	42,2
Empresas con tecnología IA de identificación de objetos o personas en función de imágenes o vídeos	30,3	33,8	31,5	29,2
Empresas con tecnología IA de aprendizaje automático o <i>machine learning</i> para el análisis de datos	34,8	29,8	13,3	37,9

CUADRO N.º 9 (continuación)

TECNOLOGÍAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje

	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas con tecnología IA de automatización de flujos de trabajo o ayuda en la toma de decisiones	39,0	36,7	29,5	40,4
Empresas con tecnología IA que permite el movimiento físico de máquinas a través de decisiones autónomas basadas en la observación del entorno	12,3	19,4	29,3	8,9
Empresas que emplean tecnologías de IA para <i>marketing</i> o ventas	28,9	21,0	15,5	32,2
Empresas que emplean tecnologías de IA para procesos de producción o servicios	26,9	32,5	22,2	25,6
Empresas que emplean tecnologías de IA para organización de procesos de administración o gestión empresarial	28,6	21,4	17,9	31,5
Empresas que emplean tecnologías de IA para logística	8,5	13,2	2,6	7,6
Empresas que emplean tecnologías de IA para seguridad de las TIC	23,2	26,9	11,9	23,0
Empresas que emplean tecnologías de IA para gestión contable, de control o financiera	19,2	16,9	23,0	19,5
Empresas que emplean tecnologías de IA para actividades de I+D o innovación	24,1	17,5	16,9	26,6
Empresas que adquieren <i>software</i> o sistemas de IA que son desarrollados por empleados propios	22,0	16,8	17,4	23,9
Empresas que adquieren <i>software</i> o sistemas de IA comerciales que son modificados por empleados propios	17,2	13,8	3,7	19,3
Empresas que adquieren <i>software</i> o sistemas de IA de código abierto que son modificados por empleados propios	21,7	14,3	10,9	24,7
Empresas que adquieren <i>software</i> o sistemas de IA comerciales listos para usar	45,8	45,7	26,9	47,3
Empresas que adquieren <i>software</i> o sistemas de IA mediante la contratación a proveedores externos para desarrollarlos o modificarlos	32,8	41,7	32,3	30,3
Empresas que procesan datos sobre individuos utilizando IA	5,7	3,1	10,5	6,1
Empresas que tienen alguna medida para chequear los resultados generados por las tecnologías de IA en busca de posibles sesgos hacia las personas	3,2	0,7	0,0	4,1
Empresas que alguna vez han considerado utilizar alguna de las tecnologías de IA	7,4	7,6	3,8	8,4
Empresas que no utilizan ninguna de las tecnologías de IA porque: los costes parecen demasiado altos	46,7	45,9	36,3	48,3
Empresas que no utilizan ninguna de las tecnologías de IA porque: faltan conocimientos especializados relevantes en la empresa	79,0	76,1	85,0	79,4
Empresas que no utilizan ninguna de las tecnologías de IA porque: incompatibilidad con equipos, <i>software</i> o sistemas existentes	30,8	29,0	26,4	32,1

CUADRO N.º 9 (continuación)
TECNOLOGÍAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES
 Porcentaje

	TOTAL EMPRESAS	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS
Empresas que no utilizan ninguna de las tecnologías de IA porque: dificultades con la disponibilidad o calidad de los datos necesarios	48,5	48,9	62,7	46,5
Empresas que no utilizan ninguna de las tecnologías de IA porque: preocupaciones con respecto a la violación de la protección de datos y la privacidad	43,7	38,1	41,3	46,3
Empresas que no utilizan ninguna de las tecnologías de IA porque: falta de claridad sobre las consecuencias legales	49,1	42,2	44,4	52,5
Empresas que no utilizan ninguna de las tecnologías de IA porque: consideraciones éticas	20,4	15,1	23,7	22,1
Empresas que no utilizan ninguna de las tecnologías de IA porque: las tecnologías de IA no son útiles para la empresa	9,9	11,2	9,5	9,4

Fuente: Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

alojan entornos enfocados al desarrollo, prueba o implementación de aplicaciones.

El cuadro n.º 9 informa de la relación directa de las empresas españolas de diez o más trabajadores con la IA. Un 12,4 por 100 de las empresas españolas de diez o más trabajadores declaraba emplear tecnologías de IA en el primer trimestre de 2024. Nuevamente, este porcentaje se reduce de forma monótona a medida que pasamos de empresas del sector servicios a las de industria y construcción. Condicionando el análisis a empresas del sector servicios, el más relacionado con la tecnología de la información y la comunicación, encontramos que el 16 por 100 aproximadamente de las empresas españolas de diez o más trabajadores declara emplear tecnologías de IA.

El mapa autonómico de uso de la IA se asemeja bastante al descrito previamente al analizar otras tecnologías TIC. En concreto, comunidades como la Comunidad Valenciana, el País Vasco, Cataluña y Madrid se sitúan por encima de la media nacional con porcentajes de empleo de tecnología IA que oscilan entre el 12,6 por 100 de la Comunidad Valenciana y el 17,8 por 100 de Madrid. Como cabe esperar, estos porcentajes se incrementan al condicionar el análisis al sector servicios donde osci-

lan entre el 16,1 por 100 de la Comunidad Valenciana y el 22,1 por 100 de Madrid.

En el extremo opuesto encontramos a Canarias, las dos castillas y La Rioja, comunidades en las que el porcentaje de empresas de diez o más trabajadores que declara usar tecnologías de IA no supera el 8 por 100. Otra característica de estas comunidades es que el diferencial en uso de la IA entre el conjunto de empresas de diez o más trabajadores y las que desarrollan su actividad en el sector servicios es muy reducido. Así, mientras que, en Madrid, la Comunidad Valenciana o Cataluña este diferencial se sitúa sistemáticamente por encima de los tres puntos porcentuales, en las comunidades con menor prevalencia de uso de la IA el diferencial no suele exceder de un punto porcentual.

Cabe destacar que el Banco de España incluyó en la edición del cuarto trimestre del año 2024 de la *Encuesta del Banco de España sobre la actividad empresarial (EBAE)* un módulo específico sobre uso de la IA. Fernández *et al.* (2025) analizan la información obtenida al cruzar los microdatos de la EBAE con la información de la Central de Balances Integrada (CBI) del Banco de España. Este cruce permite analizar la intensidad de uso de la IA en función de las características empresariales más

detalladas de las consideradas en las estadísticas del INE.

La encuesta del Banco de España ofrece una imagen de la frecuencia de uso de tecnologías de IA en las empresas españolas superior a la estimada por el INE. Este resultado se obtiene pese a que la encuesta del Banco de España incluye empresas de cualquier tamaño.

En concreto, un 19,9 por 100 de las empresas encuestadas por el Banco de España utilizaban, en el cuarto trimestre de 2024, algún sistema de IA. Los cálculos realizados sugieren que la discrepancia en el indicador de uso, que es del 12,4 por 100 entre empresas de 10 o más trabajadores según el INE se debe, siquiera parcialmente, al hecho de que la estadística del Banco de España tiene una sobrerrepresentación de las empresas de mayor tamaño respecto de la estadística del INE (1). Asimismo, la estimación de Eurostat para empresas españolas de diez o más trabajadores en uso de tecnologías de la IA es del 11,3 por 100 en 2024, una estimación notablemente más próxima a la del INE.

En todo caso, y más allá de la incertidumbre sobre la estimación puntual del indicador, es interesante analizar la información adicional sobre intensidad de uso que proporciona la EBAE. Según esta estadística, un 60 por 100 de las empresas usuarias de IA declaran que la utilizan de forma experimental o en fase piloto, mientras que un 34 por 100 hace un uso moderado, y solo un 6 por 100 de las empresas utiliza la IA de forma intensiva.

Fernández *et al.* (2025) realizan un ejercicio de comparación internacional utilizando datos comparables de Alemania e Italia a partir de las estadísticas calculadas a partir de datos de la EBAE. Los autores concluyen que la adopción de la IA entre las empresas españolas es superior a la estimada en las empresas italianas, aunque claramente inferior a la de las empresas alemanas. En los tres países se observa que la mayoría de los usuarios de la IA declaran estar utilizándola en fase experimental.

Aunque las estadísticas de Eurostat no informan de la intensidad de uso, sí que confirman que las empresas de diez o más trabajadores de España

hacían en 2024 un uso de tecnologías de la IA superior al de Italia (8,2 por 100), Portugal (8,6 por 100) y Francia (9,9 por 100). No obstante, la tasa de uso de tecnologías de la IA entre empresas de diez o más trabajadores de España se situaba por debajo de la estimada para la Unión Europea (13,5 por 100). Y es que en 2024 eran diez los países de la Unión Europea con tasas estimadas de uso de la IA entre empresas de diez o más trabajadores iguales o superiores al 20 por 100: Alemania, Austria, Países Bajos, Dinamarca, Eslovenia, Luxemburgo, Noruega, Suecia y Finlandia.

Según la EBAE, la tasa de adopción de la IA por sectores de ocupación es muy heterogénea, siendo particularmente elevada en las ramas de servicios a empresas, como los de información y comunicaciones, con un 31,6 por 100 y un 45,7 por 100 de empresas usuarias de IA predictiva e IA generativa, respectivamente. También son elevadas las tasas de uso en el sector de actividades profesionales, científicas y técnicas, con tasas medias estimadas superiores al 25 por 100 tanto en IA predictiva como en IA generativa. En el extremo opuesto se encuentran las actividades del sector primario, con tasa de uso inferior al 10 por 100.

Asimismo, Fernández *et al.* (2025) realizan un ejercicio de estimación econométrica para explicar En concreto, utilizan un modelo empírico en el que explican la probabilidad de que la empresa use, siquiera esporádicamente, la IA a partir de un conjunto de características de la empresa como su edad, la productividad total de los factores, la relación o ratio entre los activos intangibles y el capital social, el tamaño de la empresa medido a través del número de trabajadores y el sector de ocupación.

Las estimaciones realizadas sugieren que el tamaño de la empresa es el factor más determinante en la decisión de uso de tecnologías de la IA. Asimismo, el uso de la IA es más probable en empresas jóvenes, de mayor productividad y con un mayor peso relativo de activos intangibles en el capital de la empresa.

Volviendo al cuadro n.º 9, analizamos ahora el tipo de tecnología de IA que utilizan las empresas españolas de diez o más trabajadores. Condicionado a utilizar tecnologías de IA, son las tecnologías

de generación o análisis de lenguaje escrito o hablado y las de automatización de flujos de trabajo o ayuda en la toma de decisiones las que tienen una mayor frecuencia de uso entre las empresas españolas de diez o más trabajadores. Estos tres grupos de tecnologías tienen unos porcentajes de uso que oscilan entre cerca del 40 por 100 y el 45 por 100 de las empresas de diez o más trabajadores que usan tecnologías de la IA.

A continuación, encontramos un grupo de tecnologías con una frecuencia de uso en torno a un tercio del total de empresas de diez o más trabajadores que usan tecnologías de la IA. Se trata de tecnologías que convierten el lenguaje hablado en formato legible por una máquina, tecnologías de identificación de objetos o personas en imágenes o vídeos y tecnologías de aprendizaje automático para el análisis de datos (*machine learning*).

Hay un tipo de tecnología de la IA que tiene una frecuencia de uso reducida en el conjunto de empresas españolas de diez o más trabajadores, por debajo del 13 por 100. Se trata de las tecnologías que permiten el movimiento autónomo de máquinas a partir de decisiones autónomas basadas en la observación del entorno. No obstante, su peso relativo reducido se explica por su utilidad reducida en el sector que más empleo concentra en el conjunto del país, el sector servicios. Así, esta tecnología de la IA sí tiene una frecuencia de uso destacada, en torno a un 30 por 100, entre las empresas de diez o más trabajadores de la construcción. El porcentaje en el caso de las empresas industriales se sitúa, en el primer trimestre de 2024, en un 20 por 100.

El cuadro n.º 9 también informa del uso que se da a las tecnologías de la IA en las empresas españolas de diez o más trabajadores. La estadística agregada en este indicador esconde notables diferencias entre empresas de distintas ramas de actividad. Así, las tecnologías de IA más utilizadas entre empresas del sector servicios son las que se utilizan para *marketing* o ventas, seguidas de cerca en frecuencia de uso por las que se utilizan para organizar procesos de administración o gestión empresarial. Aproximadamente un tercio de las empresas de diez o más trabajadores del sector servicios en España utiliza estas tecnologías de IA.

Si analizamos a las empresas de diez o más trabajadores del sector de la construcción encontramos que son las tecnologías de la IA vinculadas con los procesos de producción y las relacionadas con la gestión contable, de control o financiera, las que tienen un mayor predicamento. Las empresas industriales comparten con las de construcción que la tecnología de IA más frecuentemente utilizada es la destinada a controlar o mejorar los procesos de producción. No obstante, en este caso, la segunda tecnología más utilizada es la destinada a la seguridad de las TIC.

Otra dimensión de las tecnologías de la IA de la que informa el cuadro n.º 9 es el origen de dichas tecnologías. Las opciones más frecuentes, independientemente de la rama de actividad de la empresa, son la adquisición de paquetes comerciales listos para su uso y la contratación de proveedores externos para desarrollarlos o modificarlos. Tres de cada cuatro empresas españolas de diez o más trabajadores han optado por estas opciones para acceder a tecnología de la IA.

Cabe, no obstante, destacar el protagonismo de la tecnología desarrollada íntegramente o modificada para su uso en la empresa por los propios trabajadores. Al menos una de estas dos opciones ha sido utilizada por entre un 30 por 100 y un 40 por 100 de las empresas españolas de diez o más trabajadores, dependiendo de la rama de actividad de la empresa.

Finalmente, el cuadro n.º 9 informa sobre los factores que han frenado la expansión de la IA en las empresas españolas de diez o más trabajadores. En concreto, se informa de las razones por las que algunas empresas no utilizan ninguna tecnología de la IA.

El factor más utilizado para explicar esta ausencia de uso es la falta de conocimientos especializados dentro de la empresa. Esta razón se señala en aproximadamente un 80 por 100 de las empresas españolas de diez o más trabajadores que no utilizan ninguna tecnología de la IA. A una distancia considerable en importancia relativa encontramos la "falta de claridad sobre las consecuencias legales" (49 por 100) y las dificultades con la disponibili-

dad o claridad de los datos necesarios (48 por 100). En cuarto puesto en importancia relativa aparece el coste de la tecnología de la IA. Aunque estos factores explicativos tienen una cierta variabilidad entre ramas de ocupación, esta no es reseñable.

El cuadro n.º 10 analiza la distribución del gasto en seguridad TIC y en sistema de la IA entre comunidades autónomas para las empresas de diez o más trabajadores. Para comparar las magnitudes absolutas entre los diferentes territorios, relativizamos utilizando la renta por habitante en el año 2023, obtenida de la Contabilidad Regional de España que elabora el INE.

CUADRO N.º 10

GASTO TOTAL EN SEGURIDAD TIC Y EN SISTEMAS DE IA EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE DIEZ O MÁS TRABAJADORES

Porcentaje sobre el PIB

	GASTO TOTAL EN SEGURIDAD TIC	GASTO EN SISTEMAS DE IA
Total Nacional	0,267	0,021
Andalucía	0,142	0,005
Aragón	0,097	0,008
Asturias	0,098	0,018
Baleares	0,196	0,027
Canarias	0,103	0,005
Cantabria	0,080	0,011
Castilla y León	0,096	0,007
Castilla - La Mancha	0,111	0,015
Cataluña	0,268	0,021
Comunitat Valenciana	0,122	0,006
Extremadura	0,028	0,008
Galicia	0,132	0,007
Madrid	0,692	0,059
Murcia	0,117	0,003
Navarra	0,217	0,014
País Vasco	0,208	0,007
La Rioja	0,084	0,016

Fuente: Elaboración propia a partir de la *Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas*, primer trimestre de 2024, y de la *Contabilidad Regional de España de 2023* (Instituto Nacional de Estadística).

Entre las empresas de diez o más trabajadores, el gasto total en seguridad TIC es unas 13 veces superior en el conjunto de España que el gasto en sistemas de IA. Este dato no es sorprendente habida cuenta de que la IA es una tecnología en expansión, mientras que muchos de los sistemas que se incluyen bajo el epígrafe de seguridad TIC tienen una larga tradición entre las empresas y la sociedad española.

El gasto trimestral en seguridad TIC en empresas de diez o más trabajadores en España equivale al 0,27 por 100 de la renta nacional de 2023. Podría, pues, afirmarse que, bajo el supuesto de distribución uniforme del gasto trimestral en seguridad TIC, el importe anual en este concepto de gasto por parte de las empresas de diez o más trabajadores supera ligeramente el 1 por 100 del PIB de España. Una reflexión similar situaría el importe anual en gasto en sistemas de la IA por parte de las empresas de diez o más trabajadores en torno al 0,08 por 100 del PIB.

El indicador relativo de esfuerzo en gasto en sistemas de seguridad TIC muestra una notable dispersión entre comunidades autónomas. En una posición muy destacada encontramos a la Comunidad de Madrid, donde el gasto trimestral en sistemas de seguridad TIC equivale al 0,7 por 100 del PIB de la Comunidad en 2023. La siguiente comunidad autónoma en este *ranking* de esfuerzo en gasto en sistemas de seguridad TIC es Cataluña, cuyo gasto trimestral equivale al 0,27 por 100 de la renta generada en el año precedente. En un intervalo alrededor del umbral del 0,2 por 100 de la renta autonómica del ejercicio 2023 encontramos a las comunidades forales y a las Islas Baleares. En el extremo opuesto de la distribución tenemos a Cantabria y Extremadura, comunidades en las que el gasto trimestral no supera el 0,08 por 100 de su renta.

El análisis del esfuerzo en gasto en sistema de IA de las empresas de diez o más trabajadores ofrece un resultado similar al del gasto en sistemas de seguridad TIC. Nuevamente, la Comunidad de Madrid muestra un liderazgo en solitario con un gasto trimestral que equivale al 0,06 por 100 de su renta en 2023. Islas Baleares y Cataluña le siguen a distancia con indicadores de 0,027 por 100 y 0,021 por 100, respectivamente.

CUADRO N.º 11

PRINCIPALES VARIABLES DE USO TIC EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS DE MENOS DE DIEZ TRABAJADORES

Porcentaje

	ORDENADORES	ESPECIALISTAS TIC	CONEXIÓN INTERNET	SITIO/ PÁGINA WEB	UTILIZAN MEDIOS SOCIALES	COMPRA SERVICIOS DE CLOUD COMPUTING
Total nacional	87,9	1,9	83,8	33,2	34,6	12,5
Andalucía	86,9	2,2	82,2	29,8	40,5	10,9
Aragón	89,1	2,0	83,9	33,6	32,6	8,4
Asturias	87,6	0,1	85,3	33,9	31,9	5,4
Baleares	86,7	0,7	80,3	35,9	38,7	14,3
Canarias	92,1	2,3	88,9	30,2	33,3	11,9
Cantabria	84,7	0,8	76,3	34,5	28,9	6,5
Castilla y León	84,8	1,9	79,9	28,3	30,5	9,9
Castilla - La Mancha	83,9	0,5	77,8	28,2	28,2	7,2
Cataluña	89,0	2,4	86,7	35,3	38,3	20,8
Comunitat Valenciana	90,0	1,3	87,1	36,9	37,7	14,1
Extremadura	84,6	0,2	82,3	26,6	38,7	7,3
Galicia	85,0	1,0	81,3	35,9	31,2	5,9
Madrid	89,5	2,6	83,3	35,3	28,7	11,4
Murcia	85,4	1,7	80,2	32,4	28,5	5,8
Navarra	86,1	1,0	84,6	30,7	22,7	8,8
País Vasco	89,0	1,7	86,9	30,8	31,7	10,8
La Rioja	80,2	0,6	77,0	29,5	29,1	7,7

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, primer trimestre de 2024 (Instituto Nacional de Estadística).

Finalmente, el cuadro n.º 11 informa de las principales variables de presencia de recursos tecnológicos en empresas de menos de diez trabajadores en España y en sus comunidades autónomas. La principal diferencia entre este cuadro y los analizados en mayor detalle para empresas de diez o más trabajadores, que disponen de más posibilidades de incorporación de recursos tecnológicos, se encuentra en el protagonismo de las islas, tanto las Baleares como las Canarias, en el liderazgo nacional de presencia de tecnología en empresas pequeñas. Así, al menos una de las islas destaca en indicadores como el porcentaje de empresas que emplean a especialistas TIC, disponen de sitio o página Web, emplean medios sociales o compran servicios de *cloud computing*.

Por lo demás, las comunidades de Madrid y Cataluña siguen, como en el caso de las empresas de diez o más trabajadores, liderando los indicadores de uso de tecnología por parte de las empresas.

III. EVOLUCIÓN RECIENTE

En esta sección analizamos el cambio registrado en los principales indicadores de uso de las TIC y la IA obtenidos a partir de las estadísticas elaboradas por el INE en el período 2017-2024. El año 2017 es un buen punto de comparación temporal por cuanto deja atrás las consecuencias de la intensa crisis causada por la eclosión de la burbuja inmobiliaria en 2007, habiendo transcurrido

ya tres años desde la recuperación económica iniciada en 2014.

Aunque el cuestionario utilizado por el INE ha experimentado cambios, tanto en las preguntas que se realizan como en las opciones de respuesta, encontramos una serie de ítems relevantes en los que sí se puede realizar una comparación que caracteriza el cambio realizado por las empresas españolas en el uso de la tecnología.

Los cálculos realizados ponen de manifiesto que entre 2017 y 2024 no se han producido variaciones significativas en el porcentaje de empresas de diez o más trabajadores que dispone de ordenadores o que utilizan algún tipo de *software* de código abierto. Ya en 2017 la práctica totalidad de las empresas de diez o más años disponían de al menos un ordenador. Por su parte, el porcentaje de empresas que usa algún *software* de código abierto se situaba ya en 2017 en un nivel de aproximadamente el 87 por 100, como en 2024.

Donde sí encontramos una variación relevante es en el porcentaje del personal de la empresa que utiliza los ordenadores con fines empresariales. Independientemente de la rama de actividad analizada, el porcentaje de trabajadores que utiliza el ordenador con fines empresariales se incrementa en algo más de 8 puntos porcentuales entre los primeros trimestres de 2017 y 2024.

Asimismo, encontramos evidencia de un incremento sistemático de al menos 10 puntos porcentuales en el porcentaje de empresas que utilizan *software* de código abierto en sistemas operativos, navegadores de Internet, aplicaciones ofimáticas y *software* de seguridad, plataformas de aprendizaje y servidores de correo electrónico.

Entre 2017 y 2024 se incrementa en poco más de 4 puntos porcentuales la proporción de empresas de diez o más trabajadores con conexión a Internet y página web. Especialmente destacado es el incremento de empresas de diez o más trabajadores que describe sus productos o servicios en la web. Si en el primer trimestre de 2017 apenas la mitad de las empresas españolas de diez o más trabajadores disponían de un catálogo de productos o servicios en su web, siete años más tarde dicho porcentaje se sitúa en el 81,3 por 100.

Encontramos, asimismo, evidencia de un incremento sostenido en el porcentaje de empresas que pagan por anunciarse en Internet, sobre todo las que usan publicidad dirigida basada en el rastreo de actividades anteriores de usuarios o perfiles de Internet, y las que usan publicidad dirigida basada en geolocalización de usuarios de Internet. El incremento experimentado en estos dos indicadores es de al menos 10 puntos porcentuales en los siete años que separan los primeros trimestres de 2017 y 2024.

Asimismo, el porcentaje de empresas de diez o más trabajadores que emplean tecnologías de IA se incrementa, pasando del 8,8 por 100 de 2017 al 12,4 por 100 de 2024, siendo especialmente destacado el incremento entre las empresas industriales y de servicios.

En relación con las empresas de menos de diez trabajadores, tanto en el conjunto nacional como en las autonomías, el porcentaje de pequeñas empresas que disponen de ordenador y conexión a Internet se ha incrementado de forma notable en el período analizado a un ritmo medio de 2 puntos porcentuales al año. Asimismo, encontramos una tendencia general, que no universal en todos los territorios, al incremento en el porcentaje de empresas pequeñas que disponen de página web, utilizan medios sociales y entre aquellas que compran servicios de *cloud computing*. En el conjunto nacional el incremento en estos indicadores ha sido de 3,4, 3,4 y 5,1 puntos porcentuales, respectivamente.

Finalmente, encontramos que las empresas pequeñas han reducido la presencia de especialistas TIC en su plantilla tanto a nivel nacional como en todas las comunidades autónomas. Una hipótesis plausible que explica este resultado es la progresiva complejidad de la tecnología TIC y, por tanto, el progresivo abaratamiento de la opción de contratar de forma externa estos servicios cuando son necesarios, sobre todo para empresas pequeñas.

IV. LA ADOPCIÓN DE LAS TIC Y LA IA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS ESPAÑOLES

Esta sección analiza en qué medida las nuevas tecnologías descritas en las secciones preceden-

tes están siendo utilizadas actualmente en el sistema educativo español. Cabe suponer que aquellos países que logren introducir tecnologías de la IA de forma exitosa en el proceso de enseñanza-aprendizaje tendrán una ventaja comparativa en el uso productivo, y no meramente recreativo, de estas tecnologías y, por tanto, en la productividad, el crecimiento económico y el bienestar social.

El debate sobre el papel de la tecnología en la educación no se ha iniciado con la irrupción de la IA. Más bien al contrario, esta tecnología llega en un momento de revisión del papel de la tecnología en los centros educativos. En una primera etapa los colegios de España recibieron numerosos recursos tecnológicos como pizarras digitales, ordenadores, tabletas, etc., bajo la premisa de que estos recursos eran esenciales para el aprendizaje de las generaciones nativas digitales, incluso desde las edades más tempranas. Esta hipótesis del nativo digital fue asumida por todas las consejerías de educación de España, y también fuera de nuestro país.

La evidencia científica, que suele requerir de más tiempo y acumulación de estudios hasta alcanzar la robustez de sus resultados, fue concluyente al señalar que la tecnología en el aula, y fuera de ella, en edades tempranas, tiene un efecto negativo relevante en el desarrollo del niño. De hecho, la evidencia disponible sugiere que no son los recursos en sí mismos, sean tecnológicos o manipulativos, sino su uso como herramienta pedagógica, limitado temporalmente, e incorporado en una estrategia de enseñanza más amplia, los que pueden marcar la diferencia. En concreto, es abundante la evidencia sobre el efecto perjudicial de utilizar recursos tecnológicos en los colegios con alumnos de edades tempranas. En buena medida, este efecto perjudicial para el desarrollo cognitivo y social del niño se produce vía una menor estimulación de su funcionamiento ejecutivo o habilidades de autorregulación.

La idea, en resumidas cuentas, es que estas tecnologías suelen ser de uso estrictamente individual, no contribuyen a gestionar la espera y, en general, la autorregulación, al dar la opción al niño de, por ejemplo, mover la reproducción de un vídeo a la escena que le provoca la emoción, y les ofrece unos estímulos audiovisuales que hacen que jugar

con objetos al juego de representación, que es el que tiene evidencia de mejorar su funcionamiento ejecutivo, sea poco estimulante.

Actualmente, la única evidencia clara de eficacia la tenemos para *software* concreto de entrenamiento y mejora de habilidades de lectoescritura o pensamiento lógico-formal, de uso individual con alumnos con dificultades de aprendizaje.

Así las cosas, el análisis descriptivo que realizamos a continuación sobre el uso de las tecnologías de la IA en educación no presume sentido alguno en la eficacia de estas tecnologías. El presente análisis tiene como objetivo describir el uso, por parte de profesores y alumnos, en España y en países de nuestro entorno, de las tecnologías de la IA. En modo alguno puede inferirse que un mayor grado de penetración de estas tecnologías sea, en sí mismo, algo positivo en términos de rendimiento o competencias. La respuesta a esta cuestión vendrá de análisis causales que habrán de realizarse a partir de este momento.

Para analizar la presencia y frecuencia de uso de tecnologías de la IA en educación recurrimos a la única base de datos internacional con información al respecto. Se trata de ICILS 2023, estudio realizado por la organización IEA, con muestras representativas de la población de estudiantes de grado 8, el equivalente a segundo de la ESO en España, en un total de 35 países, entre ellos España. Esta es la tercera edición del estudio ICILS, pero la primera en la que participa España.

En este capítulo utilizamos los microdatos de ICILS de los cuestionarios de país y directores para caracterizar los contenidos de los currículos de los diferentes países en materia de tecnologías de información y comunicación y las opiniones de los equipos directivos de los centros educativos al respecto. El análisis se realiza con una muestra de 20 países que incluye a los países de la Unión Europea incluidos en el estudio, así como a China y Estados Unidos, como referentes internacionales en el desarrollo de las tecnologías de la IA.

El cuadro n.º 12 resume las características básicas de los sistemas de educación primaria en relación con los programas de alfabetización en el uso de

información y ordenadores (*CIL*, por su acrónimo en inglés) y los programas de pensamiento computacional (*CT*, por sus siglas en inglés). Encontramos una notable heterogeneidad en la presencia de contenidos *CIL* y *CT* en las diferentes etapas educativas entre los países considerados. Así, por ejemplo, únicamente cinco de los 20 países analizados incorporan contenidos *CIL* como asignatura de impartición obligatoria en educación primaria. Se trata de Bélgica, República Checa, República Eslovaca, Grecia y Portugal. Por el contrario, el grupo más amplio de países es el que no considera que educación primaria sea una etapa adecuada para impartir contenidos *CIL*. En esta categoría encontramos a nueve países, entre ellos Francia e Italia.

España pertenece al conjunto de países que no considera obligatorio impartir contenidos *CIL* en primaria como una materia específica, pero sí integrarlos entre los contenidos de las materias técnicas en esta etapa. En este mismo grupo encontramos a Francia, Bélgica y China. Por su parte, Alemania y Estados Unidos eliminan el carácter obligatorio de los contenidos *CIL* en primaria, permitiendo su incorporación, de formas voluntaria, entre los contenidos de las materias técnicas. La diferencia entre estos dos países radica en que mientras que Alemania no permite la impartición de contenidos *CT* en educación primaria, Estados Unidos da la opción de que los centros educativos incorporen estos contenidos en materias técnicas.

CUADRO N.º 12

INTEGRACIÓN DE ENSEÑANZAS *CIL* EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LOS SISTEMAS EDUCATIVOS

Porcentaje

	EDUCACIÓN PRIMARIA					
	Educación <i>CIL</i> como materia independiente			Educación <i>CIL</i> integrada en otras materia		
	Sí, es obligatorio	Sí, pero es opcional	No se enseña en esta etapa	Sí, es obligatorio	Sí, pero es opcional	No se enseña en esta etapa
Austria	No	No	Sí	No	Sí	No
Bélgica	Sí	No	No	Sí	No	No
China	No	Sí	No	Sí	No	No
Rep. Checa	Sí	No	No	No	No	Sí
Dinamarca	No	No	Sí	Sí	No	No
Finlandia	No	Sí	No	Sí	No	No
Francia	No	No	Sí	Sí	No	No
Alemania	No	Sí	No	No	Sí	No
Grecia	Sí	No	No	Sí	No	No
Hungría	No	No	Sí	No	No	Sí
Italia	No	No	Sí	No	No	Sí
Noruega	No	No	Sí	Sí	No	No
Portugal	Sí	No	No	No	No	Sí
Rumanía	No	No	Sí	No	Sí	No
Rep. Eslovaca	Sí	No	No	No	No	Sí
Eslovenia	No	No	Sí	No	No	Sí
España	No	Sí	No	Sí	No	No
Suecia	No	No	Sí	Sí	No	No
Holanda	No	Sí	No	No	Sí	No
Estados Unidos	No	Sí	No	No	Sí	No

CUADRO N.º 12 (continuación)
INTEGRACIÓN DE ENSEÑANZAS CIL EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LOS SISTEMAS EDUCATIVOS
 Porcentaje

	EDUCACIÓN SECUNDARIA PRIMERA ETAPA					
	Educación CIL como materia independiente			Educación CIL integrada en otras materias		
	Sí, es obligatorio	Sí, pero es opcional	No se enseña en esta etapa	Sí, es obligatorio	Sí, pero es opcional	No se enseña en esta etapa
Austria	Sí	No	No	No	Sí	No
Bélgica	Sí	No	No	Sí	No	No
China	Sí	No	No	Sí	No	No
Rep. Checa	Sí	No	No	No	Sí	No
Dinamarca	No	No	Sí	Sí	No	No
Finlandia	No	Sí	No	Sí	No	No
Francia	No	No	Sí	Sí	No	No
Alemania	No	Sí	No	No	Sí	No
Grecia	Sí	No	No	Sí	No	No
Hungría	No	No	Sí	No	No	Sí
Italia	No	Sí	No	No	Sí	No
Noruega	No	No	Sí	Sí	No	No
Portugal	Sí	No	No	No	No	Sí
Rumanía	Sí	No	No	No	No	Sí
Rep. Eslovaca	Sí	No	No	No	No	Sí
Eslovenia	No	Sí	No	No	Sí	No
España	Sí	No	No	Sí	No	No
Suecia	No	No	Sí	Sí	No	No
Holanda	No	Sí	No	No	Sí	No
Estados Unidos	No	Sí	No	No	Sí	No

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

La situación cambia de forma notable al analizar la presencia de contenidos CIL y CT en educación secundaria inferior. En esta etapa educativa la opción más frecuente es incluir los contenidos CIL, con contenidos CT, como asignatura independiente en el currículo. Este es el caso de España, Grecia, Portugal, China y de otros cinco países analizados. La opción menos frecuente a nivel internacional en esta etapa educativa es la de considerar que no se han de impartir contenidos CIL y/o CT. Unos países disponen de materias específicas e independientes en el currículo, mientras que otros garantizan la impartición de los contenidos mediante la integración de estos en matemáticas y/o materias técnicas.

Los cuadros n.º 13, 14 y 15 resumen la dotación de infraestructuras, software y hardware en los centros de educación secundaria de los países seleccionados, respectivamente. Esta información es proporcionada por la persona responsable de tecnologías de información y comunicación en el centro educativo, que no suele coincidir con el director del centro.

Comenzando por la dotación de infraestructuras, España se sitúa en la media del conjunto de países considerados, o incluso por encima de dicho promedio en indicadores tales como el acceso de profesores y estudiantes a espacio de almacenamiento de información, existencia de una intranet

CUADRO N.º 13

INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA DISPONIBLE PARA PROFESORES Y ALUMNOS

Porcentaje

	INTERNET	WI-FI	ESPACIO DE ALMACENAMIENTO	CUENTAS DE CORREO	MENSAJERÍA INSTANTÁNEA	VÍDEO CONFERENCIA	HERRAMIENTAS DE TRABAJO COLABORATIVO
Austria	95,7	96,4	92,8	99,3	63,8	98,6	98,6
Bélgica	91,6	98,3	72,0	95,8	66,1	97,5	96,6
Rep. Checa	81,3	48,0	32,0	72,0	42,7	82,7	73,3
Alemania	88,6	22,7	44,3	78,4	40,9	81,6	94,3
Dinamarca	87,4	59,4	78,6	88,9	68,4	96,1	94,7
España	83,2	65,8	88,2	65,3	66,2	87,7	64,1
Finlandia	95,4	99,1	81,5	81,7	68,2	97,2	94,5
Francia	79,8	68,8	86,1	67,0	69,7	86,1	68,8
Grecia	86,5	82,7	58,6	94,2	63,4	91,1	93,8
Hungría	95,4	97,4	88,2	99,3	53,0	92,8	97,4
Italia	95,7	35,0	91,5	72,6	50,9	50,4	50,9
Holanda	79,3	15,2	31,0	79,3	11,7	77,8	53,1
Noruega	89,6	85,4	43,0	91,5	40,1	94,4	97,9
Portugal	80,3	59,8	40,2	50,0	30,5	68,2	63,6
Rumanía	66,7	48,3	53,1	89,6	25,7	88,2	88,9
Rep. Eslovaca	83,1	93,0	20,4	52,5	12,7	76,8	87,3
Eslovenia	100,0	95,8	100,0	83,3	34,8	95,8	95,7
Suecia	89,3	78,6	49,6	66,9	52,9	89,3	86,4
China	77,8	55,6	40,0	97,2	61,1	94,4	94,4
Estados Unidos	96,9	100,0	87,5	100,0	75,0	96,9	100,0

	INTRANET	ACCESO REMOTO	RECURSOS DIGITALES PARA DOCENCIA	SISTEMAS DE GESTIÓN DEL APRENDIZAJE
Austria	61,6	12,3	51,1	98,6
Bélgica	48,7	15,3	59,3	98,3
Rep. Checa	30,7	24,3	33,3	61,3
Alemania	27,3	13,6	33,0	31,8
Dinamarca	39,1	11,7	61,7	92,8
España	65,1	37,0	37,1	78,5
Finlandia	67,6	24,8	45,4	91,7
Francia	66,7	37,4	40,2	78,7
Grecia	32,8	20,2	39,5	92,3
Hungría	38,2	22,5	35,1	95,4
Italia	70,1	18,8	44,4	38,5
Holanda	20,7	4,1	21,4	35,9
Noruega	28,0	7,0	46,2	69,4
Portugal	22,0	6,1	32,6	79,5
Rumanía	13,9	9,8	47,6	92,4
Rep. Eslovaca	17,0	21,8	65,7	90,8
Eslovenia	50,0	12,5	30,4	50,0
Suecia	27,3	15,8	58,3	47,8
China	34,3	27,8	47,1	91,4
Estados Unidos	68,8	53,1	46,9	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

CUADRO N.º 14

PROGRAMAS INFORMÁTICOS A DISPOSICIÓN DE PROFESORES Y ALUMNOS

Porcentaje

	PROGRAMAS O APPS EN LAS QUE SE DECIDE QUÉ PREGUNTAR A LOS ALUMNOS (E.G., [QUIZLET, KAHOOT, MATHFESSOR], ETC.)	JUEGOS DE APRENDIZAJE DE USO INDIVIDUAL (E.G., [MATHLETICS])	JUEGOS DE APRENDIZAJE DE MÚLTIPLES USUARIOS (E.G., [QUEST ATLANTIS], ETC.)	PROGRAMAS DE ESCRITURA (E.G., [MICROSOFT WORD, APPLE PAGES, GOOGLE DOCS], ETC.)	PROGRAMAS PARA HACER PRESENTACIONES	PROGRAMAS DE FOTOGRAFÍA Y VÍDEO PARA HACER Y EDITAR
Austria	88,4	44,5	19,7	100,0	100,0	86,2
Bélgica	92,1	68,1	54,0	98,2	98,2	84,1
Rep. Checa	52,7	36,5	24,3	93,2	93,2	60,8
Alemania	42,0	48,9	17,6	93,2	94,3	79,5
Dinamarca	78,6	47,1	28,9	99,0	98,5	87,9
España	65,8	45,4	15,0	90,8	91,3	69,2
Finlandia	93,3	92,4	37,0	99,0	100,0	89,4
Francia	64,2	40,7	12,1	92,6	93,6	73,1
Grecia	76,8	42,3	44,4	98,1	97,9	84,0
Hungría	84,2	67,8	62,3	99,3	98,7	90,1
Italia	62,6	46,1	16,8	97,4	96,6	85,3
Holanda	40,0	21,4	12,4	97,2	97,2	72,2
Noruega	89,4	50,4	45,0	97,9	97,9	83,6
Portugal	60,8	26,6	17,8	92,2	90,6	52,3
Rumanía	62,5	52,8	23,1	93,7	93,0	52,1
Rep. Eslovaca	71,6	52,1	38,1	90,7	89,9	55,0
Eslovenia	91,7	91,7	34,8	100,0	100,0	95,8
Suecia	62,6	27,5	22,2	96,4	96,4	65,5
China	76,5	53,1	37,5	100,0	97,1	97,1
Estados Unidos	90,6	40,6	50,0	100,0	100,0	65,6

	CONCEPT MAPPING SOFTWARE	PROGRAMAS DE EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE DATOS	PROGRAMAS DE MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN	PROGRAMA DE DIBUJO Y DISEÑO	E-PORTFOLIOS	CONTENIDOS DIGITALES ASOCIADOS A LIBROS IMPRESOS
Austria	33,6	14,8	94,2	91,3	40,0	94,2
Bélgica	69,6	40,2	72,3	76,1	97,3	94,7
Rep. Checa	23,0	8,1	14,9	28,8	73,0	43,2
Alemania	24,1	5,7	78,4	62,5	6,0	55,2
Dinamarca	43,2	28,4	13,2	88,8	7,9	70,4
España	38,3	32,1	26,0	76,7	21,5	53,3
Finlandia	69,2	47,6	67,6	76,7	32,4	72,8
Francia	40,2	30,8	23,4	78,7	19,6	52,8
Grecia	65,6	18,4	28,2	80,6	28,3	80,4
Hungría	53,7	26,8	87,5	80,3	50,3	79,6
Italia	70,4	13,2	37,4	83,5	78,1	57,9
Holanda	39,3	6,3	17,9	23,4	4,1	65,5
Noruega	44,0	9,2	16,4	66,0	70,7	95,1
Portugal	10,1	2,3	16,3	77,5	1,6	59,4
Rumanía	50,0	8,4	11,8	45,1	4,2	96,5
Rep. Eslovaca	36,4	19,6	25,0	56,4	42,1	70,7
Eslovenia	56,5	34,8	31,8	87,5	13,6	78,3
Suecia	12,3	21,9	15,9	74,8	10,3	72,5
China	27,3	30,3	54,5	76,5	15,6	60,6
Estados Unidos	25,8	32,3	75,0	67,7	93,8	90,6

CUADRO N.º 14 (continuación)

PROGRAMAS INFORMÁTICOS A DISPOSICIÓN DE PROFESORES Y ALUMNOS

Porcentaje

	LIBROS DIGITALES	APPS DE REALIDAD VIRTUAL Y/O AUMENTADA	SISTEMAS DE APRENDIZAJE ADAPTATIVO	PIZARRAS DIGITALES INTERACTIVAS
Austria	93,4	26,5	19,3	60,3
Bélgica	87,7	23,4	54,1	69,6
Rep. Checa	50,7	28,4	17,8	41,1
Alemania	60,5	23,9	10,5	33,0
Dinamarca	68,0	57,1	17,0	74,3
España	35,6	14,6	9,4	49,5
Finlandia	96,2	43,1	39,6	56,7
Francia	36,1	15,7	7,5	55,6
Grecia	76,6	41,7	22,1	69,0
Hungría	65,8	21,5	25,3	47,3
Italia	59,1	24,3	19,1	39,1
Holanda	80,7	28,3	7,6	40,7
Noruega	96,5	38,8	24,8	43,3
Portugal	56,6	9,3	3,9	60,2
Rumanía	94,4	34,3	18,8	88,2
Rep. Eslovaca	70,8	35,0	26,4	49,3
Eslovenia	82,6	31,8	14,3	73,9
Suecia	85,4	20,7	16,3	74,6
China	65,6	58,8	38,2	64,7
Estados Unidos	93,8	22,6	40,6	65,6

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

CUADRO N.º 15

HARDWARE A DISPOSICIÓN DE PROFESORES Y ALUMNOS

Porcentaje

	IMPRESORA 3D	IMPRESORA	ROBOTS PROGRAMABLES	MICROCONTROLADORES PROGRAMABLES	DISPOSITIVOS DE REALIDAD VIRTUAL	SENSORES PARA EXPLOTACIÓN DE DATOS
Austria	28,3	83,5	47,1	38,1	6,5	11,6
Bélgica	46,9	61,9	76,8	67,9	18,9	41,1
Rep. Checa	9,5	46,6	24,3	16,2	8,1	10,8
Alemania	15,1	52,3	55,7	21,6	3,4	17,0
Dinamarca	65,0	44,9	85,9	42,7	21,6	46,8
España	28,4	49,5	66,7	52,8	4,7	27,1
Finlandia	52,4	93,2	63,1	77,7	12,7	50,0
Francia	27,8	38,0	72,2	54,6	7,5	27,1
Grecia	48,3	39,4	57,9	67,3	12,7	18,2
Hungría	53,0	60,3	73,0	46,3	9,3	24,7
Italia	53,4	60,3	61,7	60,5	6,1	28,9
Holanda	12,5	51,0	44,8	33,1	0,0	11,8
Noruega	13,5	22,5	44,0	69,7	2,8	5,6
Portugal	22,1	20,6	52,7	27,5	3,1	4,6
Rumanía	52,1	39,6	77,8	45,8	20,8	6,3
Rep. Eslovaca	32,1	31,9	47,9	57,9	29,5	12,2
Eslovenia	56,5	87,5	65,2	50,0	27,3	40,9
Suecia	69,8	67,1	43,9	26,3	4,4	47,5
China	34,3	42,9	85,7	73,5	41,2	44,1
Estados Unidos	71,9	90,6	65,6	75,0	40,0	34,4

CUADRO N.º 15 (continuación)

HARDWARE A DISPOSICIÓN DE PROFESORES Y ALUMNOS

Porcentaje

	TABLETS CON LÁPIZ DIGITAL	DISPOSITIVOS DE GRABACIÓN DE AUDIO	DISPOSITIVOS DE GRABACIÓN DE VÍDEO
Austria	34,1	48,2	44,6
Bélgica	32,4	52,3	55,9
Rep. Checa	17,8	23,0	27,0
Alemania	16,3	30,7	28,4
Dinamarca	32,5	53,4	55,3
España	39,0	67,5	69,2
Finlandia	17,6	79,6	78,6
Francia	39,8	68,5	73,1
Grecia	24,8	56,5	55,4
Hungría	39,1	72,8	80,8
Italia	13,0	66,1	55,7
Holanda	11,9	25,5	23,4
Noruega	8,5	31,7	31,0
Portugal	38,2	17,6	18,3
Rumanía	15,4	39,6	39,6
Rep. Eslovaca	52,9	42,9	47,1
Eslovenia	72,7	65,2	65,2
Suecia	33,8	38,1	35,0
China	29,4	50,0	54,3
Estados Unidos	19,4	53,1	59,4

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

del centro educativo o la opción de acceder en remoto a la web del centro educativo. El diferencial favorable a España respecto del conjunto de países considerados en estos indicadores de infraestructura tecnológica se sitúa entre 16 y los 25 puntos porcentuales. Similares diferenciales se estiman al comparar a España con Portugal o Italia.

La situación relativa de España se torna menos favorable cuando analizamos la dotación de *software* de los centros educativos. La dotación de *software* especializado es sistemáticamente inferior en los centros de educación secundaria de España en relación con los países de nuestro entorno. El diferencial desfavorable a España es particularmente llamativo, medido en puntos porcentuales y en relación con el promedio de países analizados, en categorías de recursos como: manuales digitales (37,2), contenidos digitales que complementan a manuales en papel (18,8), juegos de aprendizaje digitales multijugador (15,6), aplicaciones de realidad virtual o aumentada (15,4), e-portafolios (14,1).

El cuadro n.º 15 caracteriza la dotación relativa de *hardware* de los centros de educación secundaria de España. La situación en este indicador puede calificarse como más equilibrada en relación con el conjunto de países desarrollados considerados. Así, aunque España muestra un diferencial desfavorable en recursos tecnológicamente más avanzados como, por ejemplo, las impresoras 3D, dispositivos de realidad virtual o impresoras, el diferencial le es netamente favorable en otros como dispositivos digitales de grabación de audio o vídeo.

Una vez analizada la dotación de recursos, pasamos a la cuestión fundamental del papel que estos recursos tecnológicos tienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje en secundaria. Analizaremos esta cuestión utilizando las respuestas de los coordinadores TIC de los centros educativos, los profesores y los estudiantes, por cuanto sus respuestas pueden proporcionar información complementaria relevante sobre cómo la experiencia de enseñanza, y la de aprendizaje, varían cuando interactúan con la tecnología.

CUADRO N.º 16

COORDINADORES TIC MUY DE ACUERDO EN QUE EL FACTOR INDICADO LIMITA EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS TIC EN EL APRENDIZAJE

Porcentaje

	ESCASEZ DE ORDENADORES CON INTERNET	INSUFICIENTE ANCHO DE BANDA O VELOCIDAD	ESCASEZ DE ORDENADORES PARA LA DOCENCIA	ESCASEZ DE ORDENADORES CON SUFICIENTE POTENCIA	DIFICULTADES EN EL MANTENIMIENTO DE LAS TIC
Austria	2,9	15,4	6,6	12,5	7,4
Bélgica	1,8	3,6	0,0	0,9	2,7
Rep. Checa	18,3	16,9	19,7	29,6	8,5
Alemania	3,4	2,3	4,7	9,3	5,8
Dinamarca	1,5	9,7	5,8	8,3	6,3
España	14,9	28,4	21,0	16,4	27,3
Finlandia	1,0	1,0	3,1	1,0	2,1
Francia	16,7	33,6	24,1	19,4	30,8
Grecia	17,1	16,6	21,9	21,9	22,3
Hungría	4,6	3,3	7,9	6,6	9,9
Italia	5,3	8,8	7,0	7,9	8,8
Holanda	29,7	29,9	36,6	46,9	40,7
Noruega	9,4	17,3	21,6	34,8	27,3
Portugal	10,8	11,5	19,1	37,7	19,2
Rumanía	10,6	16,2	18,3	16,9	16,9
Rep. Eslovaca	2,8	11,3	5,7	16,9	19,0
Eslovenia	4,3	4,5	8,7	0,0	0,0
Suecia	8,8	29,9	16,8	21,5	14,6
China	0,0	13,3	3,4	10,0	6,9
Estados Unidos	3,3	3,3	3,3	3,4	0,0

	ESCASEZ DE SOFTWARE	ESCASEZ DE PERSONAL DE APOYO CUALIFICADO PARA EL USO DE LAS TIC	APOYO TÉCNICO AL USO DE LAS TIC INEFICIENTE	ESCASEZ DE PANTALLAS
Austria	3,7	12,6	15,7	4,4
Bélgica	0,0	0,9	0,9	0,9
Rep. Checa	23,9	16,9	17,1	14,1
Alemania	4,6	8,1	3,4	11,5
Dinamarca	3,9	15,0	7,3	4,4
España	17,4	34,4	39,0	18,5
Finlandia	2,1	3,1	3,1	1,0
Francia	23,1	36,1	40,7	21,3
Grecia	13,5	25,3	19,2	18,1
Hungría	5,3	8,6	10,6	4,0
Italia	7,0	14,9	15,9	6,1
Holanda	33,8	44,8	45,5	30,3
Noruega	23,7	19,4	14,4	24,5
Portugal	13,8	11,6	33,8	22,3
Rumanía	12,8	28,2	16,9	4,2
Rep. Eslovaca	7,7	28,2	23,2	12,0
Eslovenia	0,0	8,7	4,5	0,0
Suecia	13,3	17,6	13,2	19,6
China	3,4	6,9	6,9	6,9
Estados Unidos	3,3	0,0	3,4	3,3

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

CUADRO N.º 17

COORDINADORES TIC MUY DE ACUERDO CON LAS SIGUIENTES EXPRESIONES SOBRE LA VISIÓN GLOBAL EN EL USO DE LAS TIC EN SU CENTRO EDUCATIVO

Porcentaje

	LOS PROFESORES TIENEN UNA VISIÓN COMPARTIDA SOBRE CÓMO USAR LAS TIC EN SU DOCENCIA	LOS PROFESORES TIENEN UNA VISIÓN COMPARTIDA SOBRE CÓMO SE USAN LAS TIC EN LA DOCENCIA	LOS PROFESORES CONVERSAN SOBRE CÓMO USAR LAS TIC EN SU DOCENCIA	LOS PROFESORES TIENEN UNA VISIÓN COMPARTIDA SOBRE CÓMO USAR LAS TIC CON ALUMNOS CON NECESIDADES ESPECIALES	LOS PROFESORES TIENEN UNA VISIÓN COMPARTIDA SOBRE CÓMO USAR LAS TIC PARA FACILITAR UN APRENDIZAJE INDIVIDUALIZADO
Austria	15,4	11,0	35,6	9,6	14,0
Bélgica	11,2	9,3	26,9	15,0	8,4
Rep. Checa	37,5	34,7	29,2	20,8	15,3
Alemania	18,4	14,9	23,0	17,2	17,2
Dinamarca	11,7	9,7	27,2	13,1	14,1
España	6,2	5,7	26,3	4,1	5,2
Finlandia	16,7	13,5	19,8	34,4	17,7
Francia	2,8	3,7	27,8	2,8	2,8
Grecia	31,2	19,8	22,9	17,7	19,6
Hungría	11,9	9,3	25,8	3,3	3,3
Italia	18,6	14,3	17,0	8,0	3,6
Holanda	13,3	10,5	20,1	10,5	7,6
Noruega	16,5	12,9	18,7	13,7	9,4
Portugal	11,0	9,5	24,4	12,6	10,2
Rumanía	6,3	5,6	9,2	8,5	6,4
Rep. Eslovaca	30,1	27,3	22,9	18,8	23,8
Eslovenia	13,6	13,6	18,2	22,7	18,2
Suecia	24,6	18,1	30,4	6,6	9,5
China	28,1	22,6	20,0	16,1	16,1
Estados Unidos	6,7	6,7	6,7	6,7	13,3

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

El cuadro n.º 16 analiza las respuestas de los coordinadores TIC a la pregunta de en qué medida se ve limitado el uso de tecnologías TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje por los siguientes factores. España se sitúa por encima del promedio del conjunto de países analizados en todos los factores que se ofrecen como opción de respuesta. Así, pues, cabe concluir que el papel de las tecnologías TIC en la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje está más limitado en España que en los demás países analizados. El diferencial desfavorable a los centros españoles es particularmente destacado, situándose en torno a los 20 puntos

porcentuales, en las opciones relativas al apoyo técnico a los profesores en el uso de las tecnologías TIC. Otras categorías destacadas, por su diferencial desfavorable a los centros españoles, son las relativas a la insuficiente velocidad de Internet y a las dificultades en el mantenimiento de los equipos TIC.

A continuación, el cuadro n.º 17 analiza la cuestión fundamental de en qué medida existe, en la práctica docente diaria, una visión compartida sobre el papel de las tecnologías TIC en el proceso de enseñanza. En este caso, nuevamente, los centros de educación

CUADRO N.º 18

COORDINADORES TIC MUY DE ACUERDO CON LAS SIGUIENTES EXPRESIONES SOBRE LA CAPACITACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS PARA UN CORRECTO USO DE LAS TIC EN SU CENTRO EDUCATIVO

Porcentaje

	ESCASEZ DE CONOCIMIENTOS TIC ENTRE PROFESORES	LOS PROFESORES DISPONEN DE POCO TIEMPO PARA PREPARAR LAS CLASES	ESCASEZ DE OFERTA FORMATIVA ADECUADA PARA PROFESORES	AUSENCIA DE UNA PLATAFORMA ONLINE DE APOYO A LA ENSEÑANZA	ESCASEZ DE INCENTIVOS A LOS PROFESORES PARA INTEGRAR LAS TIC EN SU DOCENCIA
Austria	10,4	21,2	12,8	3,7	10,4
Bélgica	14,5	13,9	2,7	3,6	10,2
Rep. Checa	19,4	15,3	15,3	15,3	18,1
Alemania	21,8	23,0	20,7	35,3	34,5
Dinamarca	12,1	14,1	4,4	7,3	13,6
España	20,1	49,5	29,0	10,3	17,1
Finlandia	8,4	18,1	4,3	2,1	5,4
Francia	15,7	50,0	35,2	7,4	13,1
Grecia	27,2	47,3	25,5	18,8	32,0
Hungría	7,3	23,3	14,8	4,7	21,5
Italia	21,9	11,5	21,1	10,6	12,3
Holanda	16,6	33,1	32,4	28,3	42,8
Noruega	8,8	19,0	13,2	13,9	21,9
Portugal	17,7	20,8	20,8	20,0	13,7
Rumanía	19,7	15,5	10,6	8,5	25,4
Rep. Eslovaca	18,1	49,3	24,3	18,8	22,9
Eslovenia	4,5	9,1	4,5	4,8	4,5
Suecia	22,6	73,7	16,9	15,3	22,8
China	21,9	16,1	9,7	9,7	16,1
Estados Unidos	23,3	6,7	6,9	0,0	23,3

	ESCASEZ DE ACCESOS A RECURSOS ONLINE	ESCASEZ DE APOYO PEDAGÓGICO SOBRE EL USO DE LAS TIC	ACCESO LIMITADO A PROGRAMAS DE APOYO A LA DOCENCIA Y EL APRENDIZAJE	AUSENCIA DE VISIÓN GLOBAL DEL CENTRO SOBRE EL PAPEL DE LAS TIC EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	LAS POLÍTICAS DE USO DE TIC IMPIDE ACCEDER A RECURSOS ÚTILES PARA EL APRENDIZAJE
Austria	4,5	8,2	3,0	6,7	1,5
Bélgica	0,9	3,6	0,9	13,6	0,9
Rep. Checa	12,5	13,9	16,9	12,5	5,6
Alemania	5,7	18,4	13,8	16,3	2,3
Dinamarca	1,0	2,4	3,9	5,4	1,0
España	19,6	18,6	14,9	10,3	3,1
Finlandia	1,1	4,3	6,4	8,5	1,1
Francia	20,4	18,5	14,8	11,1	2,8
Grecia	12,6	16,7	14,0	8,6	3,2
Hungría	4,0	13,4	7,3	10,1	1,3
Italia	5,3	12,4	11,4	18,4	4,4
Holanda	6,9	29,7	17,4	15,2	2,8
Noruega	8,8	10,9	19,0	11,0	5,1
Portugal	12,0	12,8	24,2	9,6	2,4
Rumanía	4,2	12,9	6,3	15,5	4,9
Rep. Eslovaca	12,5	22,2	18,1	11,9	6,9
Eslovenia	4,5	0,0	4,5	9,5	0,0
Suecia	12,4	9,5	15,3	9,6	0,7
China	6,5	9,7	9,7	9,7	3,2
Estados Unidos	0,0	6,7	0,0	6,7	0,0

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

CUADRO N.º 19

PROFESORES QUE UTILIZAN ACTIVIDADES QUE USAN RECURSOS TIC EN AL MENOS LA MITAD DE SUS CLASES

Porcentaje

	GRABACIÓN DE AUDIO O VÍDEO	USO DE CHAT, VOZ O VÍDEO COMO RECURSO COLABORATIVO	EDICIÓN DE IMÁGENES O VÍDEO	USAR SOFTWARE DE SIMULACIÓN PARA COMPRENDER CONCEPTOS	RECOGER E INTRODUCIR MANUALMENTE DATOS	GRABACIÓN DE DATOS DE DISPOSITIVOS DIGITALES
Austria	5,8	8,7	7,2	3,6	5,5	1,6
Bélgica	2,6	2,1	5,4	2,6	6,3	1,4
Rep. Checa	1,7	1,9	3,1	2,2	3,8	1,3
Alemania	5,8	3,7	5,8	2,4	5,3	1,3
Dinamarca	5,9	5,6	6,5	4,8	7,1	2,9
España	11,0	10,0	14,5	8,6	17,4	3,7
Finlandia	1,5	0,8	1,8	0,7	1,8	0,4
Francia	7,2	4,3	1,8	4,1	5,3	1,9
Grecia	9,2	13,9	13,5	6,0	13,0	4,0
Hungría	3,5	7,5	8,7	4,9	11,7	9,9
Italia	5,2	10,5	6,5	4,4	5,7	2,5
Holanda	2,1	4,1	4,2	0,8	5,0	0,8
Noruega	5,2	5,5	5,6	1,9	5,1	1,0
Portugal	10,6	17,5	19,0	6,6	11,8	3,4
Rumanía	16,9	20,9	22,5	15,7	20,4	9,0
Rep. Eslovaca	2,6	7,0	7,2	3,0	6,4	1,5
Eslovenia	2,3	3,2	4,3	2,2	2,5	1,4
Suecia	3,8	3,2	3,6	2,7	5,6	1,0
China	7,2	7,2	8,4	4,2	11,0	4,6
Estados Unidos	9,8	8,5	14,9	10,9	15,6	5,4

	CREAR GRÁFICOS DIGITALES	USAR PROGRAMAS O APPS PARA APRENDER CONTENIDOS O HABILIDADES	CREAR O EDITAR VÍDEOS DE MÁS DE 5 MINUTOS PARA UNA MATERIA O AUDIENCIA CONCRETA	ESCRIBIR PROGRAMAS DE ORDENADOR, JUEGOS O APPS
Austria	3,3	7,6	3,5	1,9
Bélgica	1,9	5,5	1,6	1,9
Rep. Checa	1,3	7,8	1,6	2,1
Alemania	2,0	3,8	2,1	1,7
Dinamarca	5,4	8,1	3,7	2,1
España	4,9	13,0	7,7	3,7
Finlandia	0,5	7,1	0,9	0,2
Francia	1,2	3,8	1,7	3,0
Grecia	5,4	7,0	4,5	5,0
Hungría	4,1	11,4	3,6	3,0
Italia	6,2	8,5	3,6	2,0
Holanda	0,0	11,3	2,9	0,0
Noruega	2,1	8,0	3,9	2,1
Portugal	5,1	8,9	6,5	3,2
Rumanía	10,6	14,3	12,1	7,6
Rep. Eslovaca	2,0	7,9	2,4	2,5
Eslovenia	1,5	3,3	1,9	1,3
Suecia	1,8	9,7	2,2	1,5
China	5,1	9,3	5,5	5,2
Estados Unidos	6,9	23,8	7,1	5,0

CUADRO N.º 19 (continuación)

PROFESORES QUE UTILIZAN ACTIVIDADES QUE USAN RECURSOS TIC EN AL MENOS LA MITAD DE SUS CLASES

Porcentaje

	CREAR ÁRBOLES DE DECISIÓN DIGITALES PARA ILUSTRAR SISTEMAS COMPLEJOS	USAR INTERNET PARA ENCONTRAR INFORMACIÓN	CREAR O EDITAR DOCUMENTOS O PRESENTACIONES
Austria	2,0	22,3	22,6
Bélgica	1,3	20,0	13,7
Rep. Checa	0,9	17,8	12,4
Alemania	1,5	17,3	17,5
Dinamarca	1,8	36,8	43,3
España	3,2	33,3	33,2
Finlandia	0,3	23,5	14,4
Francia	1,3	11,5	9,9
Grecia	2,8	36,5	29,7
Hungría	2,3	22,9	24,6
Italia	2,0	24,3	20,3
Holanda	0,8	16,7	14,6
Noruega	1,3	36,0	35,4
Portugal	2,8	34,6	35,9
Rumanía	6,9	46,0	44,5
Rep. Eslovaca	1,3	30,3	26,5
Eslovenia	1,0	12,0	9,4
Suecia	1,2	25,1	30,4
China	3,1	22,0	18,8
Estados Unidos	4,3	37,4	39,0

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

secundaria de España se sitúan por debajo del promedio del conjunto de países analizados. Así, por ejemplo, la proporción de coordinadores TIC que se muestra muy de acuerdo con la expresión “Los profesores tienen una visión compartida sobre el uso de las tecnologías TIC en la enseñanza y aprendizaje de sus materias” en España es del 6,2 por 100, esto es, 10 puntos porcentuales por debajo del conjunto de países analizados, 12 puntos por debajo del promedio de Italia y 5 puntos por debajo del correspondiente a Portugal.

Similar situación encontramos al analizar el grado de acuerdo de los coordinadores TIC con expresiones como: “Los profesores tienen una visión general compartida sobre el uso general de las TIC como apoyo a la enseñanza y el aprendizaje”, “Los profesores saben cómo utilizar las TIC para apoyar el aprendizaje de alumnos con necesidades educativas especiales o dificultades de aprendizaje” y “Los profesores saben cómo utilizar las TIC para apoyar un aprendizaje individualizado”.

El cuadro n.º 18 indaga en los factores que limitan la utilidad de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este caso el énfasis se sitúa en los recursos humanos. La conclusión que emana de esta tabla es que entre los factores adicionales que limitan la aplicación de las TIC en la mejora del aprendizaje destacan el hecho de que los profesores no disponen de tiempo suficiente para preparar las lecciones, la insuficiente preparación de los profesores en el uso de las TIC, el no poder acceder a recursos útiles disponibles en Internet y el insuficiente apoyo pedagógico para el uso adecuado de las TIC. En concreto, la mitad de los coordinadores TIC encuestados en España están de acuerdo en que la escasez de tiempo para preparar las lecciones es un factor limitante en la aplicación efectiva de las TIC. Este porcentaje es del 26,5 por 100 en el conjunto de países analizados.

A continuación, analizamos las respuestas a dos preguntas del cuestionario de profesores particularmente relevantes para nuestro análisis.

CUADRO N.º 20

ESTUDIANTES DE ACUERDO O MUY DE ACUERDO CON LAS SIGUIENTES EXPRESIONES SOBRE LA RELACIÓN ENTRE RECURSOS TIC Y BIENESTAR

Porcentaje

	LAS TIC MEJORAN LA VIDA DE LAS PERSONAS	LAS TIC AYUDAN A ENTENDER MEJOR EL MUNDO	LAS TIC HACEN QUE LA GENTE ESTÉ MÁS SOLA	LAS TIC DESTRUYEN EMPLEOS
Austria	26,7	28,7	25,5	18,2
Bélgica	20,6	20,0	18,4	13,4
Rep. Checa	19,4	27,2	29,8	22,7
Alemania	28,2	32,4	23,8	18,7
Dinamarca	19,0	28,7	17,7	18,7
España	32,3	31,4	25,1	21,4
Finlandia	18,7	33,9	18,5	12,0
Francia	26,1	27,1	27,5	22,2
Grecia	30,2	25,6	26,1	25,1
Hungría	18,7	23,5	11,9	12,7
Italia	24,7	28,2	24,4	17,7
Holanda	16,3	16,6	17,0	9,4
Noruega	21,4	27,7	16,4	12,4
Portugal	27,5	27,8	20,5	14,3
Rumanía	39,1	31,2	23,6	26,7
Rep. Eslovaca	22,0	26,3	24,5	17,5
Eslovenia	20,9	21,4	27,8	18,7
Suecia	23,3	31,9	23,9	23,6
China	36,6	38,5	18,0	17,2
Estados Unidos	16,9	23,5	16,7	14,0

	LA GENTE DEDICA DEMASIADO TIEMPO A LAS TIC	LAS TIC CONTRIBUYEN AL BIENESTAR SOCIAL	LAS TIC GENERAN NUMEROSAS AVANCES SOCIALES	LAS TIC PUEDEN SER UN RIESGO PARA LA SALUD
Austria	54,3	23,7	25,9	37,0
Bélgica	27,1	19,8	18,1	23,8
Rep. Checa	51,1	30,9	35,4	39,5
Alemania	51,8	28,7	30,2	32,5
Dinamarca	22,8	31,9	20,6	17,3
España	42,6	29,6	33,9	34,2
Finlandia	29,2	31,0	33,5	23,9
Francia	46,2	28,7	36,8	38,2
Grecia	46,8	30,9	32,0	36,4
Hungría	40,3	24,7	26,3	32,9
Italia	38,3	30,6	27,9	29,2
Holanda	22,1	17,9	19,6	16,9
Noruega	24,3	27,6	23,1	17,0
Portugal	32,6	29,3	27,9	27,9
Rumanía	31,0	36,0	33,1	27,7
Rep. Eslovaca	42,5	28,1	26,1	31,4
Eslovenia	37,5	16,5	21,6	30,7
Suecia	36,5	35,7	36,4	35,0
China	34,8	33,2	36,3	32,8
Estados Unidos	27,1	27,3	22,5	22,9

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

CUADRO N.º 21

ESTUDIANTES DE ACUERDO O MUY DE ACUERDO CON LAS SIGUIENTES EXPRESIONES SOBRE LA RELACIÓN ENTRE RECURSOS TIC Y APRENDIZAJE

Porcentaje

	APRENDO MÁS Y MEJOR CON LAS TIC	LAS TIC HACEN MÁS DIVERTIDO EL APRENDIZAJE	ME GUSTARÍA ESTUDIAR MÁS MATERIAS RELACIONADAS CON LAS TIC	CREO QUE LAS TIC JUGARÁN UN PAPEL IMPORTANTE EN MI EMPLEO FUTURO	CONFÍO EN QUE MI EMPLEO FUTURO INCLUYA HABILIDADES DE PROGRAMACIÓN
Austria	25,6	43,4	12,8	18,4	12,9
Bélgica	16,3	27,6	7,8	10,2	7,1
Rep. Checa	29,2	46,3	15,8	16,6	10,9
Alemania	33,0	53,4	13,3	20,5	11,4
Dinamarca	24,8	23,6	8,9	10,5	5,3
España	29,0	41,3	24,6	21,6	18,0
Finlandia	17,1	30,8	11,8	12,4	7,4
Francia	25,6	37,2	20,8	19,7	13,2
Grecia	31,2	35,6	16,5	22,1	16,2
Hungría	23,1	31,0	14,8	16,2	13,8
Italia	22,8	37,6	21,6	23,1	15,3
Holanda	18,6	21,7	7,3	8,6	6,7
Noruega	25,2	28,7	12,3	13,5	9,0
Portugal	24,9	35,7	17,8	19,0	14,4
Rumanía	37,4	37,7	27,2	27,7	22,6
Rep. Eslovaca	23,3	31,2	12,5	16,0	11,4
Eslovenia	21,8	32,8	14,8	14,4	12,9
Suecia	27,2	29,1	15,5	18,5	10,6
China	17,4	29,6	11,1	16,8	11,3
Estados Unidos	19,8	20,2	11,7	13,1	10,4

	APRENDER A USAR LAS TIC ME AYUDARÁ A CONSEGUIR EL EMPLEO QUE QUIERO	ES IMPORTANTE PARA UN ESTUDIANTE APRENDER A USAR LAS TIC	APRENDER A USAR LAS TIC ME AYUDARÁ A CONSEGUIR UN EMPLEO BIEN REMUNERADO	ES IMPORTANTE PARA UN ESTUDIANTE APRENDER A PROGRAMAR	ES IMPORTANTE PARA UN ESTUDIANTE ESTAR ACTUALIZADO SOBRE EL DESARROLLO DE LAS TIC
Austria	21,1	53,0	31,7	21,3	34,6
Bélgica	10,1	34,9	16,5	14,7	25,0
Rep. Checa	20,5	47,8	31,4	22,5	35,7
Alemania	15,9	54,8	34,8	23,1	35,6
Dinamarca	11,4	30,6	21,0	14,2	24,1
España	25,2	41,2	30,0	31,0	30,0
Finlandia	12,1	33,4	19,1	14,7	25,5
Francia	20,6	33,5	18,2	25,0	28,3
Grecia	22,9	41,3	28,8	31,5	33,4
Hungría	18,5	33,6	24,0	16,5	25,6
Italia	22,0	43,8	23,5	29,1	34,2
Holanda	9,1	21,7	12,4	11,6	15,5
Noruega	14,4	33,5	22,4	15,2	25,2
Portugal	21,0	37,7	25,6	29,3	33,7
Rumanía	26,0	40,0	33,7	34,5	35,6
Rep. Eslovaca	20,2	32,8	29,2	23,2	22,7
Eslovenia	18,4	25,6	17,8	18,8	21,7
Suecia	19,0	38,8	28,7	17,2	24,1
China	20,8	23,3	22,4	18,0	28,0
Estados Unidos	15,4	24,3	19,3	13,8	19,5

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario de país de ICILS 2023 (IEA).

El cuadro n.º 19 informa de la proporción de profesores de secundaria que declara utilizar, al menos en la mitad de sus clases, actividades basadas en el uso de las TIC. Resulta interesante comprobar que, pese a las limitaciones destacadas en los análisis precedentes, los profesores de secundaria de España utilizan todas y cada una de las tecnologías TIC analizadas en mayor frecuencia que sus colegas de los demás países analizados. Si bien las diferencias son de escasa magnitud en la mayoría de los casos, destaca la mayor frecuencia de uso en España de las actividades de recopilar e introducir datos a mano, crear o editar documentos o presentaciones y usar internet para encontrar información.

Finalmente, analizamos la valoración que los estudiantes de secundaria hacen de las TIC. El cuadro n.º 20 muestra la proporción de estudiantes que se muestran muy de acuerdo con cada una de las afirmaciones relativas a las TIC que se les presentan en el cuestionario. Los estudiantes españoles muestran una percepción global de la contribución de las TIC a la sociedad ligeramente más favorable que la de los estudiantes del conjunto de países analizado. Así, aproximadamente un tercio de los estudiantes de secundaria de España están muy de acuerdo en la afirmación de que los avances en las tecnologías TIC suelen traducirse en mejoras del bienestar social. El porcentaje correspondiente al conjunto de países analizados es del 24,4 por 100.

No obstante, los estudiantes españoles también parecen ser más conscientes de los potenciales riesgos de un uso inadecuado de las TIC. Con un diferencial de aproximadamente 5 puntos porcentuales respecto al total de países considerados, están muy de acuerdo con las afirmaciones de que las personas suelen pasar demasiado tiempo utilizando estas tecnologías y que el uso de las TIC puede ser peligroso para la salud.

El cuadro n.º 21 analiza la percepción de los estudiantes sobre el papel de las TIC en su proceso de aprendizaje. Los estudiantes de secundaria españoles parecen ser más conscientes de la relevancia de las TIC para su empleabilidad futura. Al menos un 25 por 100 de los estudiantes españoles

se muestra muy de acuerdo con afirmaciones que destacan la motivación instrumental de los jóvenes por las TIC como, por ejemplo, que es importante aprender a programar y usar las TIC en el instituto, ya que eso les ayudará a tener un empleo mejor remunerado o a conseguir el empleo que les gusta más. Los porcentajes en todos los casos son superiores en España a los correspondientes tanto al conjunto de países analizados como a países como Portugal o Italia.

El cuadro n.º 21 pone de manifiesto no solamente que los estudiantes de secundaria españoles tienen una motivación instrumental superior por las TIC, sino que también encontramos indicadores de una mayor motivación intrínseca por las TIC de los estudiantes españoles. Así, los estudiantes españoles muestran un grado de acuerdo superior al de los países de nuestro entorno con afirmaciones como: “El uso de las TIC hace que el aprendizaje sea más divertido”; “Me gustaría estudiar más materias relacionadas con las TIC”; “Espero que mi empleo futuro incluya habilidades de programación” o “Espero que el uso de las TIC sea relevante en mi empleo futuro”.

Una reflexión final sobre el papel de las TIC emana del hecho de que los estudiantes españoles están más de acuerdo que los del conjunto de países considerados tanto en que las TIC hacen más divertida la clase como en que aprenden mejor cuando se usan las TIC, pero el diferencial favorable en el indicador de aprendizaje es casi la mitad del que estimamos en el indicador de disfrute de la clase. En otras palabras, y este es el quiz de la cuestión, necesitamos más investigación que permita contrastar la hipótesis de que el uso de las TIC en el aula realmente causa una mejora en el aprendizaje, las habilidades sociales, o en cualquier otra dimensión del desarrollo juvenil. Estos análisis podrán arrojar luz sobre, entre otras cuestiones, por qué, pese a tener dotaciones más favorables de recursos TIC, alumnos con mayor motivación instrumental e intrínseca por las TIC y profesores que las usan con mayor frecuencia, la competencia en el uso de las TIC en la evaluación ICILS 2023 de los alumnos españoles es sustancialmente inferior a la de Portugal.

V. CONCLUSIONES

El presente artículo analiza el grado de penetración de las tecnologías de la IA en el tejido productivo español, utilizando el contexto europeo como marco de referencia que dota de significado las estimaciones para España. Este ejercicio de caracterización debe, en nuestra opinión, realizarse en el contexto más amplio del grado de utilización de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las empresas españolas. Esto es así porque la utilización de tecnologías de la IA requiere de un conocimiento adecuado de tecnologías previas de la información y comunicación. Caracterizamos así el momento actual en el uso de TIC y, en concreto, tecnología de la IA en las empresas españolas.

Los análisis efectuados indican que las empresas españolas están realizando un uso destacado de las tecnologías de la IA, por encima del estimado para otros países europeos de nuestro entorno como Italia, Portugal o Francia. En la mayoría de los casos el uso de la IA está muy sesgado por el tamaño de la empresa e, incluso en las empresas de mayor tamaño, aún es un uso experimental o en fase de prueba. Las empresas españolas, como las de los demás países desarrollados, están explorando la vía en la que las tecnologías de la IA contribuirán a una mayor eficiencia de sus procesos productivos, comerciales o de *marketing*.

Asimismo, analizamos en qué medida el sistema educativo español, por comparación a los países de nuestro entorno, ha avanzado en la integración de las herramientas TIC en general, y de la IA en particular, en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Partimos, así, de la premisa de que aquellos países cuyo sistema educativo integre de forma exitosa las herramientas tecnológicas disponibles en el proceso de enseñanza-aprendizaje dispondrán de una notable ventaja comparativa en términos de productividad y de bienestar a largo plazo.

Los análisis realizados sugieren la presencia de notables desajustes internos que dificultan el desarrollo de la competencia tecnológica de los estudiantes españoles de educación secundaria en relación con sus compañeros de otros países de nuestro entorno. En concreto, los profesores espa-

ñoles carecen de tiempo suficiente para preparar sus lecciones e incorporar las nuevas tecnologías en ellas de forma pedagógicamente correcta. Asimismo, aunque la dotación de infraestructura y *hardware* tecnológico son mayores en los centros de secundaria españoles que en los de otros países europeos de nuestro entorno, la ausencia de aplicaciones y *software* adecuado y, sobre todo, de apoyo técnico suficiente y eficiente limitan la aplicación de las nuevas tecnologías en la docencia. Todo ello pese a que los estudiantes españoles de secundaria son más conscientes de los potenciales beneficios y riesgos de la IA que sus compañeros de otros países desarrollados, y muestran una mayor motivación instrumental e intrínseca por las tecnologías TIC y de la IA.

NOTAS

- (1) La encuesta del Banco de España fue remitida a una muestra de casi 15.000 sociedades, con un total de 6.000 encuestas válidas recibidas, lo que supone una tasa de respuesta del 39,8 por 100.

BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, D., Anderson, G. W., Beede, D. N., Buffington, C., Childress, E. E., Dinlersoz, E., Foster, L. S., Goldschlag, N., Haltiwanger, J. C., Kroff, Z., Restrepo, P. y Zolas, N. (2022). Automation and the workforce: a firm-level view from the 2019 annual business survey. *NBER Working Paper*, 30659. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w30659>
- Agrawal, A., Gans, J. S. y Goldfarb, A. (2019). Artificial Intelligence: The Ambiguous Labor Market Impact of Automating Prediction. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 31-50. <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.31>
- Bonney, K., Breaux, C., Buffington, C., Dinlersoz, E., Foster, L. S., Goldschlag, N., Haltiwanger, J. C., Kroff, Z. y Savage, K. (2024). Tracking Firm Use of AI in Real Time: A Snapshot from the Business Trends and Outlook Survey. *NBER Working Paper*, 32319. National Bureau of Economic Research. <http://doi.org/10.3386/w32319>

Brynjolfsson, E., Rock, D. y Syverson, CH. (eds.). (2019). *Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox*. En *The Economics of Artificial Intelligence* (23-60). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226613475.003.0001>

Fernández, A., Hidalgo, I. e Izquierdo, M. (2025). La adopción de la inteligencia artificial en las empresas españolas. *Boletín Económico del Banco de España*, 2025 segundo trimestre, artículo 6. <https://doi.org/10.53479/39705>

EL USO DE INTERNET EN LA INFANCIA Y ADOLESCENCIA: ¿BENEFICIOSO O PERJUDICIAL? UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE CHINA Y LOS PAÍSES OCCIDENTALES

Jing Guan

Loughborough University (Reino Unido)

Yuke Liang

Beijing Technology and Business University (China)

J.D. Tena

University of Liverpool (Reino Unido), Università degli Studi di Sassari y CRENoS (Italia)

Resumen

Este estudio examina el impacto del uso de Internet en los resultados de aprendizaje y la salud de niños y adolescentes, con un enfoque comparativo entre países occidentales y China. Mientras que Internet ofrece oportunidades para mejorar el aprendizaje mediante diversos recursos, experiencias personalizadas y colaboración global, su uso excesivo conlleva riesgos como la dependencia, la reducción de la actividad física y la exposición a contenido perjudicial. Utilizando datos de *China Education Panel Survey (CEPS)* y *China Family Panel Studies (CFPS)*, este estudio analiza cómo el uso de herramientas digitales influye en el rendimiento académico y en los resultados de salud. Nuestros resultados sugieren que un uso moderado de Internet tiene efectos positivos, mientras que el uso excesivo puede generar impactos adversos. Estos resultados están alineados con la literatura existente en países occidentales, lo que subraya la importancia de un uso equilibrado, la alfabetización digital y la seguridad en línea para maximizar los beneficios del acceso a Internet para los jóvenes estudiantes.

Palabras clave: uso de Internet, niños y adolescentes, China, países occidentales.

Abstract

This paper examines the impact of Internet use on the learning outcomes and health of children and adolescents, with a comparative focus on Western countries and China. While the Internet offers opportunities for enhanced learning through diverse resources, personalised experiences, and global collaboration, excessive use poses risks such as dependency, reduced physical activity, and exposure to harmful content. Using data from the *China Education Panel Survey (CEPS)* and the *China Family Panel Studies (CFPS)*, this study analyses how digital use influences academic performance and health outcomes. Preliminary findings suggest that moderate Internet use positively affects individual outcomes, whereas excessive use may lead to adverse effects. These results align with existing literature from Western countries, highlighting the critical role of balanced usage, digital literacy, and online safety in maximising the benefits of Internet access for young learners.

Keywords: Internet use, children and adolescents, China, Western countries.

JEL classification: I20, I30, J13, O33.

I. INTRODUCCIÓN

Internet está transformando profundamente la vida de los niños y adolescentes, influyendo tanto en sus actividades de aprendizaje como en su vida cotidiana.

Sin embargo, sigue sin resolverse la cuestión de si su uso en la infancia y adolescencia es beneficioso o perjudicial. Por un lado, Internet mejora el aprendizaje al proporcionar recursos diversos y experiencias personalizadas, permitiendo a los estudiantes avanzar a su propio ritmo. El contenido interactivo, como vídeos y simulaciones, se adapta a diferentes estilos de aprendizaje, mientras que las herramientas en línea fomentan la colaboración y el intercambio de ideas. Además, el acceso a conocimientos especializados y perspectivas globales promueve el pensamiento crítico y las habilidades para la resolución de problemas (World Health Organization, 2019; American Academy of Pediatrics, 2016).

Por otro lado, el uso excesivo de Internet puede afectar negativamente a los niños y adolescentes al fomentar la dependencia, reducir el tiempo dedicado a actividades físicas e interacciones sociales cara a cara y alterar los patrones de sueño. También pueden estar expuestos a contenido inapropiado, ciberacoso y riesgos de privacidad, además de contribuir a una menor capacidad de concentración y distracciones académicas. El uso excesivo de herramientas digitales puede incluso dificultar el desarrollo de habilidades críticas y la resolución de problemas en contextos del mundo real.

Una pregunta adicional de investigación es si el impacto de Internet en el aprendizaje y la salud mental difiere entre países occidentales y en desarrollo, debido a variaciones en el acceso, actitudes culturales, infraestructura educativa y regulaciones en línea. Este estudio examina el uso de Internet y su correlación con el aprendizaje y la salud mental en países occidentales y China, el segundo país más poblado del mundo y la segunda economía global. El análisis se basa en dos fuentes principales de datos: la *China Education Panel Survey (CEPS)*, que contiene información sobre acceso digital y resultados individuales, y la *China Family Panel Studies (CFPS)*, que

proporciona datos sobre el uso digital y sus efectos en niños y adolescentes chinos.

Los datos preliminares sugieren que el acceso digital en China ha aumentado en los últimos años y ha mejorado los resultados de aprendizaje en matemáticas, lengua china e inglés. Sin embargo, también indican que un uso moderado de Internet es beneficioso, mientras que un uso excesivo puede tener efectos perjudiciales. Estos hallazgos están en línea con la literatura sobre países occidentales, que enfatiza que para que Internet beneficie a los niños, se requiere acceso confiable, contenido educativo de calidad y un uso equilibrado. Además, garantizar la seguridad en línea y fomentar la alfabetización digital son elementos clave para apoyar el aprendizaje y el desarrollo.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera: la sección dos discute las diferencias conceptuales y normativas entre China y los países occidentales en relación con el uso de Internet. La siguiente sección revisa la literatura reciente sobre el impacto de Internet en la salud mental y el rendimiento académico. La sección cuatro presenta los datos utilizados en el estudio. La sección cinco proporciona un análisis empírico comparativo entre China y los países occidentales. Finalmente, la sección seis concluye el trabajo y sugiere líneas de investigación futura.

II. DIFERENCIAS EN LOS OBJETIVOS EDUCATIVOS Y LA GOBERNANZA DE INTERNET ENTRE CHINA Y LOS PAÍSES OCCIDENTALES

Antes de iniciar la discusión comparativa sobre el uso de Internet entre China y los países occidentales, es importante discutir el diferente contexto cultural e institucional entre ambos entornos. En el *13º Plan Quinquenal para el Desarrollo de la Educación Nacional de China*, The State Council of the People's Republic of China (2017) se propone que establecer la moralidad y formar a las personas debe ser considerado como la tarea fundamental de la educación, buscando formar constructores y sucesores del socialismo con un desarrollo integral en los aspectos moral, intelectual, físico y estético, y centrarse en mejorar

la formación moral, la responsabilidad social y la capacidad práctica de los estudiantes. En contraste, los países occidentales otorgan mayor importancia al pensamiento crítico de los estudiantes en la educación. Por ejemplo, la Every Student Succeeds Act (ESSA) de Estados Unidos menciona que se debe ir más allá de las habilidades básicas tradicionalmente enfatizadas en las escuelas, y en su lugar ayudar a todos los estudiantes a dominar el pensamiento crítico, la adaptabilidad, el trabajo en equipo, la capacidad de resolución de problemas y el espíritu de innovación.

En el proceso de implementación, la educación orientada a los exámenes ha sido siempre un problema en el sistema educativo chino y ha recibido críticas generalizadas del público (Guo *et al.*, 2019). Las críticas incluyen un énfasis excesivo en la memorización mecánica y en los exámenes, desvinculación de la vida diaria, exceso de deberes y presión por los exámenes, aprendizaje centrado en el profesor, desatención de los estudiantes con bajo rendimiento y falta de fomento de la creatividad (Dello-Iacovo, 2009).

Además, Yin *et al.* (2014) encuentran que la educación superior en China también presenta problemas como la escasa atención a la autonomía e independencia del estudiante, lo que sugiere la necesidad de replantear el modelo de enseñanza centrado en el profesor. Aunque este tipo de educación ayuda a los estudiantes a dominar conocimientos básicos y teóricos, suele restringir el desarrollo de intereses personales, la creatividad y otras habilidades individuales.

En términos de formulación de políticas, China implementa un sistema que combina el liderazgo central unificado con la gestión a nivel local. El Estado formula las políticas educativas macro y las localidades son responsables de su implementación específica, garantizando así la coherencia y continuidad de las políticas. En cambio, en Estados Unidos se propone un enfoque descentralizado, donde cada estado tiene mayor poder para formular políticas innovadoras y experimentar con distintos métodos de mejora escolar adaptados a las condiciones locales McGuinn (2019).

En el ámbito de la gobernanza juvenil en Internet, China adopta un enfoque de “protección para

el desarrollo saludable” como principio central, liderado por el Estado mediante intervenciones regulatorias que exigen explícitamente medidas técnicas de cumplimiento. Por ejemplo, el “Reglamento sobre la Protección de Menores en el Ciberespacio” establece que los proveedores de juegos en línea deben verificar la identidad real de los usuarios menores de edad a través de un sistema electrónico unificado (The State Council of the People’s Republic of China, 2023). Además, la “Notificación sobre el Fortalecimiento de la Gestión del Juego en Línea de Menores para Prevenir Eficazmente la Adicción” limita el acceso de menores a los juegos a una hora diaria, de 20:00 a 21:00 horas, únicamente los viernes, sábados, domingos y días festivos (National Press and Publication Administration, 2021).

Por el contrario, los países occidentales, aunque protegen la libertad de expresión, posicionan a sus gobiernos principalmente en un rol supervisor, delegando la responsabilidad en las familias y la sociedad. La Children’s Online Privacy Protection Act (COPPA) en Estados Unidos establece que los sitios web o servicios en línea dirigidos a niños menores de 13 años deben obtener el consentimiento verificable de los padres para recopilar información personal (Federal Trade Commission, 1998). De forma similar, el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea exige que el tratamiento de datos personales de menores de 16 años (o menos, si así lo permiten los Estados miembros, pero no por debajo de los 13 años) requiera el consentimiento de los titulares de la patria potestad (European Union, 2018).

III. LITERATURA RELACIONADA

1. El impacto de Internet en la salud mental

La literatura reciente indica un declive en el bienestar de los niños y adolescentes en países occidentales desde la Gran Recesión. Esta tendencia es evidente en naciones como el Reino Unido (Banks y Xu, 2020), Estados Unidos (Udupa, 2023) y Canadá (Garriguet, 2021). Las causas de esta disminución son complejas, y varios estudios han ofrecido ideas clave al respecto.

Blanchflower y Bryson (2024) destacaron los efectos profundos de las experiencias adversas en la infancia (ACEs, por sus siglas en inglés) en la salud mental en la edad adulta. Su investigación utilizó ocho encuestas BRFSS (2009–2023) donde los participantes recordaron los abusos sufridos en la infancia. Esto coincide con los hallazgos de Banks y Xu (2020), quienes observaron un deterioro de la salud mental en el Reino Unido.

Un estudio reciente de la OMS, dirigido por Cosma *et al.* (2023), evaluó la salud mental de los niños de 11, 13 y 15 años en 44 países. Los resultados muestran consistentemente que las niñas reportan peores resultados en todos los aspectos de la salud mental medidos, incluyendo una mayor sensación de soledad y una menor satisfacción con la vida.

El papel de los teléfonos inteligentes y las redes sociales se menciona con frecuencia como un factor contribuyente. El ciberacoso, en particular, ha sido identificado como un mecanismo que afecta negativamente la salud mental de los adolescentes. En España, Beneito y Vicente-Chirivella (2022) informaron que las prohibiciones del uso de teléfonos móviles en las escuelas redujeron el acoso escolar hasta en un 18 por 100. Además, Bohnert y Gracia (2021) mostraron que la actividad digital excesiva impacta negativamente el bienestar socioemocional de los niños en Irlanda.

En China, la mayoría de los estudios se centran en el efecto de la adicción a Internet, encontrando una asociación con una menor felicidad en la vida y un aumento en la depresión entre los adolescentes (Wang *et al.*, 2013; Pan *et al.*, 2024). Algunos estudios han explorado el acceso digital como un factor positivo para el bienestar subjetivo de los adolescentes (Guan y Tena, 2024), lo que destaca la necesidad de abordar la brecha digital en los países en desarrollo.

2. El impacto de Internet en los resultados educativos

La integración de Internet en la educación ha proporcionado a los estudiantes una herramienta poderosa para mejorar sus capacidades de aprendizaje. Al democratizar el acceso a materiales educativos, Internet permite a los estudiantes

interactuar con una amplia gama de recursos más allá de los libros de texto tradicionales (Gao y Chen, 2024). Esta accesibilidad apoya el aprendizaje autodirigido y permite experiencias educativas personalizadas (Timotheou *et al.*, 2023).

Sin embargo, el uso excesivo de Internet también plantea desafíos. El acceso inmediato a la información puede desalentar la profundización en los contenidos, lo que ocasiona una comprensión superficial de los temas (Higgins *et al.*, 2012). Estudios previos han respaldado esta idea, encontrando que el uso de Internet no tiene un impacto significativo en los resultados cognitivos de los estudiantes (Zhou y Ding, 2023).

Uno de los problemas más críticos relacionados con el uso de Internet es su potencial para fomentar la adicción, lo que puede afectar negativamente el compromiso y el rendimiento académico de los estudiantes. Investigaciones recientes han empleado modelos económicos para explorar la naturaleza adictiva de las tecnologías digitales. Por ejemplo, Allcott *et al.* (2022) desarrollaron un modelo económico de adicción digital y estimaron sus efectos mediante un experimento aleatorio. Sus hallazgos sugieren que tecnologías como las redes sociales y los teléfonos inteligentes fomentan la formación de hábitos, donde los incentivos temporales para reducir el uso ocasionan cambios duraderos en el comportamiento.

En China, la investigación sobre el uso de Internet y los resultados académicos obtiene resultados diversos. Li *et al.* (2021) encontraron un efecto positivo moderado, pero en gran medida insignificante, del uso de Internet en el aprendizaje de adolescentes rurales, basándose en datos de *China Family Panel Studies*. Subrayaron la necesidad de estrategias para mejorar sus beneficios educativos. Sun y Zhang (2024) examinaron el compromiso en línea en el aprendizaje del inglés como lengua extranjera, por sus siglas en inglés) entre estudiantes universitarios, identificando que el tiempo dedicado a tareas era un factor clave para resultados positivos.

En general, la literatura económica destaca que, si bien las tecnologías digitales ofrecen beneficios significativos, su naturaleza adictiva plantea

desafíos importantes. Abordar estos problemas requiere estrategias integrales que equilibren la maximización de los beneficios de la tecnología con la mitigación de sus efectos adversos para optimizar los resultados educativos.

3. La importancia de la metodología

Si bien no existe una evidencia clara en la literatura sobre el efecto de Internet en la salud física y mental, gran parte de esta divergencia se debe a las diferentes metodologías adoptadas en los estudios existentes. El cuadro n.º 1 resume algunas de estas metodologías y sus resultados principales.

Allcott *et al.* (2022) proporciona un magnífico ejemplo del efecto de las redes sociales sobre la salud mediante un muestreo por control aleatorio en los EE. UU. En concreto, se proponen dos tratamientos durante tres meses: 1) un bono económico por reducir el tiempo en redes; y 2) un límite estricto de pantalla. El estudio concluye que reducir el uso de redes sociales mejora el bienestar.

Una alternativa al muestreo por control aleatorio en estudios causales puede encontrarse en Beneito y Vicente-Chirivella (2022), que se enfoca en el efecto de la prohibición de teléfonos móviles en dos comunidades autónomas españolas: Galicia y Castilla-La Mancha. El enfoque metodológico consiste en comparar indicadores de rendimiento académico y acoso escolar en estas dos regiones con un grupo sintético de otras regiones, utilizando un modelo de diferencias en diferencias. Los resultados en Beneito y Vicente-Chirivella (2022) son significativos y positivos para Galicia, pero no para Castilla-La Mancha.

Guan y Tena (2024) utilizan el hecho de que la asignación de alumnos a escuelas de educación primaria en China no es decidida endógenamente por los propios estudiantes para construir una variable instrumental y estimar el impacto del acceso a Internet en las escuelas, encontrando que dicho acceso mejora el bienestar físico y mental.

Otros enfoques en la literatura consisten en realizar metaanálisis de diferentes investigaciones

CUADRO N.º 1

RESUMEN DE ESTUDIOS SELECCIONADOS SOBRE USO DE INTERNET Y RESULTADOS EN JÓVENES

REFERENCIA	PAÍS	AÑOS	METODOLOGÍA	CONCLUSIÓN PRINCIPAL
Beneito y Vicente-Chirivella (2022)	España	2012-2017	DiD, Control sintético	Prohibir teléfonos ↑ Rendimiento académico y ↓ acoso escolar
Allcott <i>et al.</i> (2022)	EE. UU.	2019-2020	Experimento de campo. Modelo estructural	Redes sociales generan adicción
Banks y Xu (2020)	Reino Unido	2020	Encuesta longitudinal	El confinamiento empeoró la salud mental de los jóvenes
Pan <i>et al.</i> (2024)	China	2021-2022	Metaanálisis	Uso de Internet relacionado con ↓ bienestar psicológico
Wang <i>et al.</i> (2013)	China	2012	Regresión logística	Adicción a Internet ⇒ peores resultado en bienestar
Zhou y Ding (2023)	China	2013-2014	Efectos fijos (panel de datos)	Internet ↓ capacidades cognitivas y ánimo.
Guan y Tena (2024)	China	2013-2015	Variables instrumentales, modelo recursivo	Acceso a Internet ↑ salud y ligera ↑ en bienestar

(Pan *et al.*, 2024) o estudios correlacionales basados en regresiones (Wang *et al.*, 2013; Zhou y Ding, 2023).

IV. DATOS

Este estudio utiliza datos de la *Encuesta del Panel de Educación de China* (CEPS, por sus siglas en inglés), realizada por el Centro Nacional de Investigación de Encuestas de la Universidad Renmin de China. La CEPS es una encuesta representativa a nivel nacional basada en escuelas que recopila aproximadamente 20.000 observaciones de estudiantes en 438 aulas de 112 escuelas secundarias en 28 condados de China continental. Proporciona información a diferentes niveles, incluyendo individual, familiar y escolar. La CEPS incluye características demográficas, resultados educativos, así como información básica sobre el hogar y la escuela. Nuestra muestra contiene estudiantes de séptimo año en el año académico 2013-2014 y observaciones posteriores de los mismos estudiantes en el año académico 2014-2015.

Utilizamos la CEPS para evaluar el impacto del acceso digital en la educación, la salud y el bienestar de los estudiantes. La educación de los estudiantes se mide en función de dos conjuntos de variables: 1) su autoevaluación, medida mediante tres variables que indican la dificultad de aprendizaje en matemáticas, lengua china e inglés. Son indicadores ordinales que asumen valores discretos de 1 a 4, donde un número mayor implica menor dificultad en el aprendizaje; 2) su clasificación académica en clase. Su clasificación en la clase varía de 1 a 5, con valores más altos que indican mejores posiciones en el *ranking* académico.

La salud autocalificada mide el estado de salud general de los estudiantes en el presente. Es un indicador ordinal con valores de 1 a 5, que corresponden a una evaluación de salud que varía desde "muy mala" hasta "muy buena". La variable de infelicidad toma valores de 1 a 5, indicando si el encuestado se ha sentido "nunca", "rara vez", "a veces", "a menudo" o "siempre infeliz" en la última semana. Un menor puntaje en esta escala corresponde a un mayor nivel de bienestar entre los estudiantes.

También utilizamos una segunda base de datos, los *Estudios del Panel Familiar de China* (CFPS), realizados por el Instituto de Encuestas de Ciencias Sociales (ISSS) de la Universidad de Pekín. La encuesta inicial se lanzó oficialmente en abril de 2010, con entrevistas de seguimiento a gran escala realizadas cada dos años, la más reciente en 2020. El CFPS es representativo de todos los miembros de las familias en hogares de 25 provincias de China continental, cubriendo el 94,5 por 100 de la población total del país. Proporciona información integral a nivel individual, familiar y comunitario. Para nuestro análisis, nos centramos en individuos de 10 a 15 años.

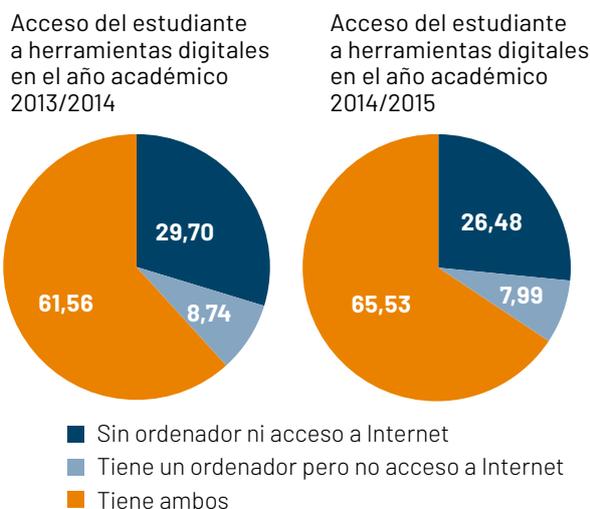
El CFPS se emplea para evaluar el impacto del uso de Internet en la educación, la salud y el bienestar de los estudiantes. En 2023, la Administración del Ciberespacio de China publicó y difundió las *Directrices para la Construcción de Modos Juveniles de Internet Móvil* (Borrador de Exposición). Estas directrices estipulan que los menores de entre 8 y 16 años deben limitar su uso de dispositivos inteligentes móviles a un máximo de una hora por día. En el contexto de una muestra que incluye estudiantes de 10 a 15 años que utilizan Internet, aquellos que dedican menos de siete horas semanales a actividades en línea se categorizan como usuarios de Internet a corto plazo. Por el contrario, los estudiantes que superan las siete horas semanales de uso de Internet se clasifican como usuarios a largo plazo.

La medición del rendimiento académico de los estudiantes incluye los siguientes dos aspectos: 1) autoevaluación del rendimiento académico. Es un indicador ordinal con valores discretos de 1 a 5, donde 1 representa "muy insatisfecho", 5 representa "muy satisfecho"; 2) las calificaciones académicas en Lengua china y Matemáticas según lo informado por sus padres. Es un índice ordinal que toma valores discretos de 1 a 4, correspondientes a calificaciones de "deficiente", "medio", "bueno", "excelente", respectivamente. La salud autocalificada refleja la evaluación subjetiva del estado de salud del individuo. Toma valores de 1 a 5, donde 1 significa "no saludable", 5 representa "excelente". La autoevaluación de la felicidad varía de 0 a 10, con valores más altos que indican mayores niveles de bienestar entre los estudiantes.

V. ANÁLISIS EMPÍRICO

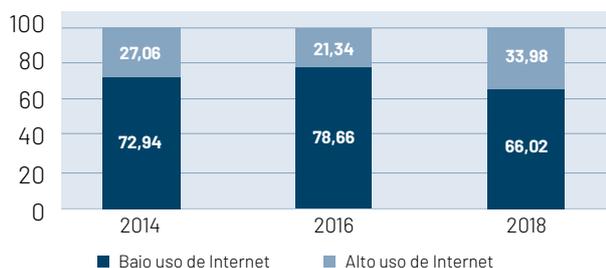
En China, durante el año académico 2013-2014, el 61,56 por 100 de los estudiantes poseían un ordenador y tenían acceso a Internet, el 8,74 por 100 poseían un ordenador, pero no tenían acceso a Internet, y el 29,70 por 100 ni poseían un ordenador ni tenían acceso a Internet. El acceso a ordenadores e Internet mejoró en el año académico 2014-2015,

GRÁFICO 1
SITUACIÓN ACTUAL DEL ACCESO DIGITAL EN CHINA
Porcentaje



Fuente: China Family Panel Studies (CFPS).

GRÁFICO 2
USO SEMANAL DE INTERNET CON EDADES COMPRENDIDAS ENTRE 10 Y 15 AÑOS
Porcentaje



Nota: Bajo uso se refiere a no superar las siete horas semanales, mientras que alto uso se refiere a más de siete horas a la semana.

Fuente: China Family Panel Studies (CFPS).

con un 65,53 por 100 de estudiantes que disponían de ambos, un 7,99 por 100 que poseían un ordenador, pero sin acceso a Internet, y un 26,48 por 100 que no tenían ninguno de los dos, como se muestra en el gráfico 1. Estas cifras siguen estando por debajo de las de EE. UU. y Europa. En particular, aproximadamente el 74,4 por 100 de todos los hogares en EE. UU. reportaron uso de Internet, con un 73,4 por 100 que disponían de una conexión de alta velocidad (U.S. Census Bureau, 2014), mientras que el 84 por 100 de los hogares en el Reino Unido tenían acceso a Internet (Office for National Statistics, 2014).

A pesar del aumento en el acceso a dispositivos digitales e Internet, el porcentaje de estudiantes que hacen un uso intensivo de Internet ha fluctuado en los últimos años. El gráfico 2 muestra que la proporción de estudiantes que utilizan Internet más de siete horas a la semana disminuyó aproximadamente del 27 por 100 en 2014 al 21 por 100 en 2016. Sin embargo, esta tendencia se invirtió, aumentando el uso intensivo de Internet al 34 por 100 en 2018.

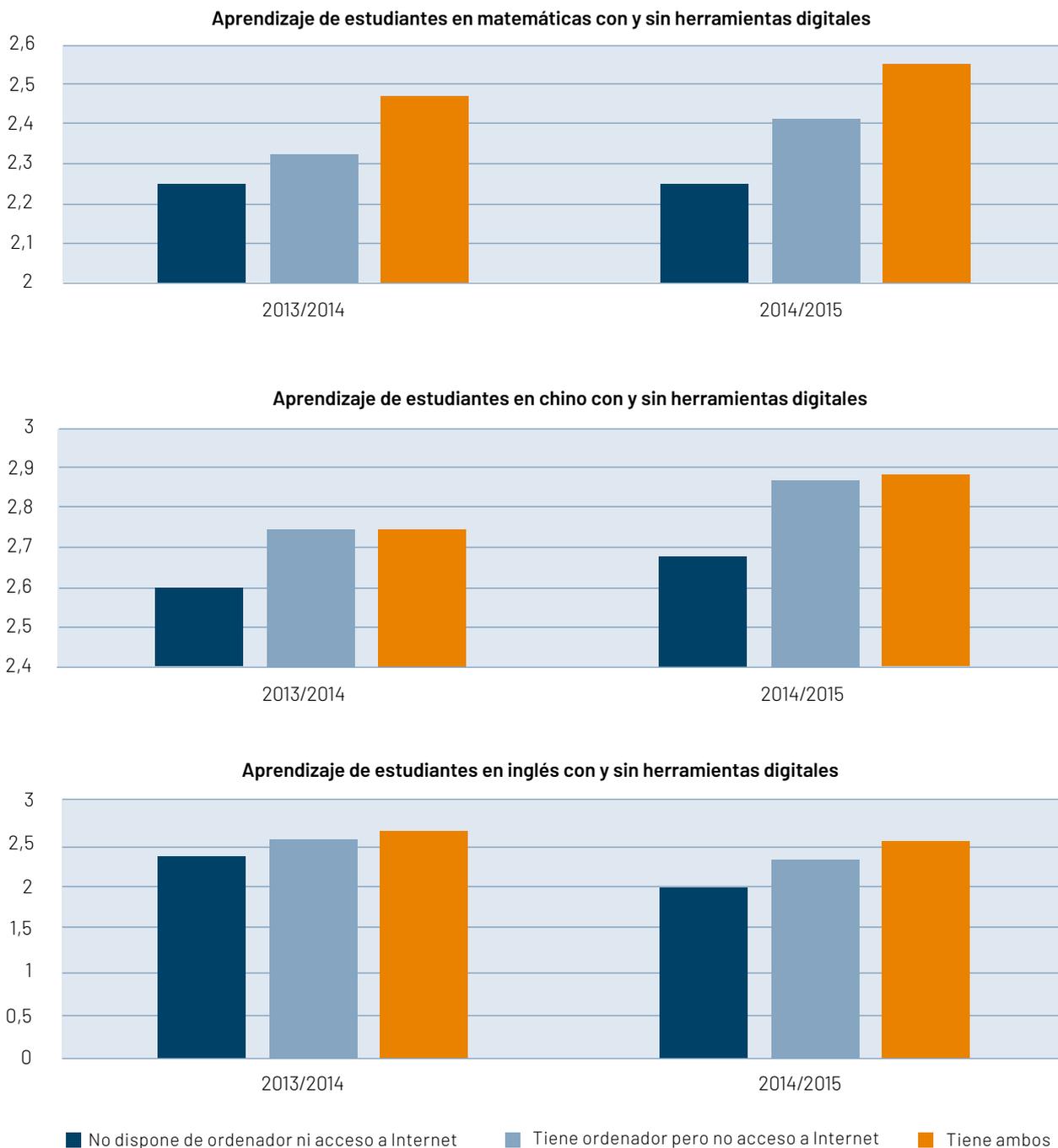
1. Educación

En 2014, los datos sobre el acceso de los estudiantes a ordenadores e Internet con fines educativos en Europa y EE. UU. son limitados, especialmente cuando se desglosan por asignaturas específicas como matemáticas, inglés y otros idiomas. Sin embargo, la información disponible ofrece algunas ideas. En Europa, la *Survey of Schools: ICT in Education* realizada entre 2011 y 2012 en 31 países europeos reveló que, en promedio, entre tres y siete estudiantes compartían un ordenador en la escuela. Esto indica que, aunque los ordenadores estaban presentes, el acceso individual era limitado (European Commission, 2012).

En EE. UU., según el Centro Nacional de Estadísticas Educativas (NCES, 2013), en 2013, el 97 por 100 de los profesores tenían uno o más ordenadores en el aula a diario, y el acceso a Internet estaba disponible en el 93 por 100 de estos ordenadores. Esto sugiere que la gran mayoría de los estudiantes tenían acceso a ordenadores e Internet durante el horario escolar.

GRÁFICO 3

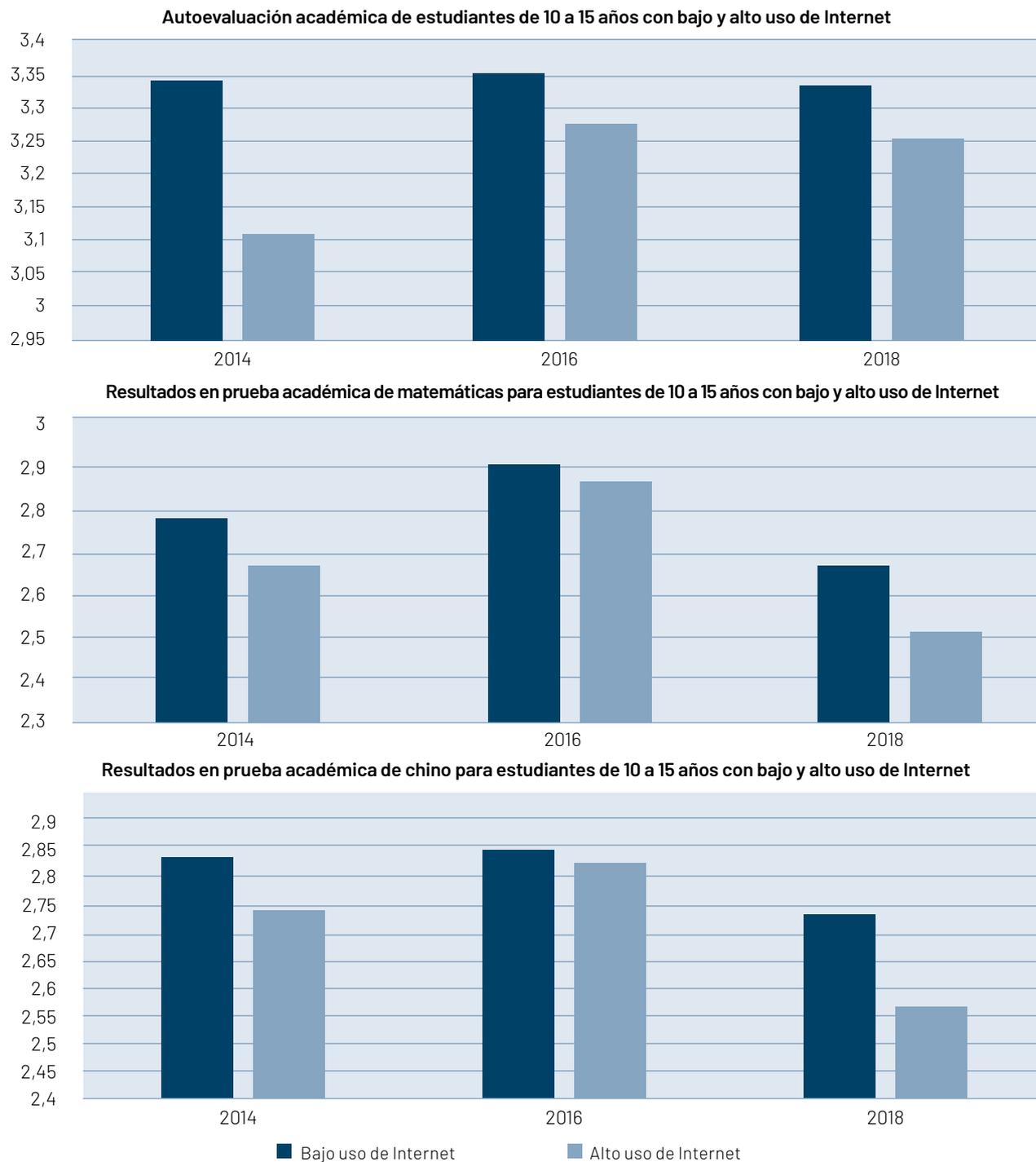
ACCESO A HERRAMIENTAS DIGITALES Y APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES CON Y SIN HERRAMIENTAS DIGITALES



Fuente: China Education Panel Survey (CEPS).

GRÁFICO 4
RESULTADOS DE ESTUDIANTES DE 10 A 15 AÑOS

Porcentaje



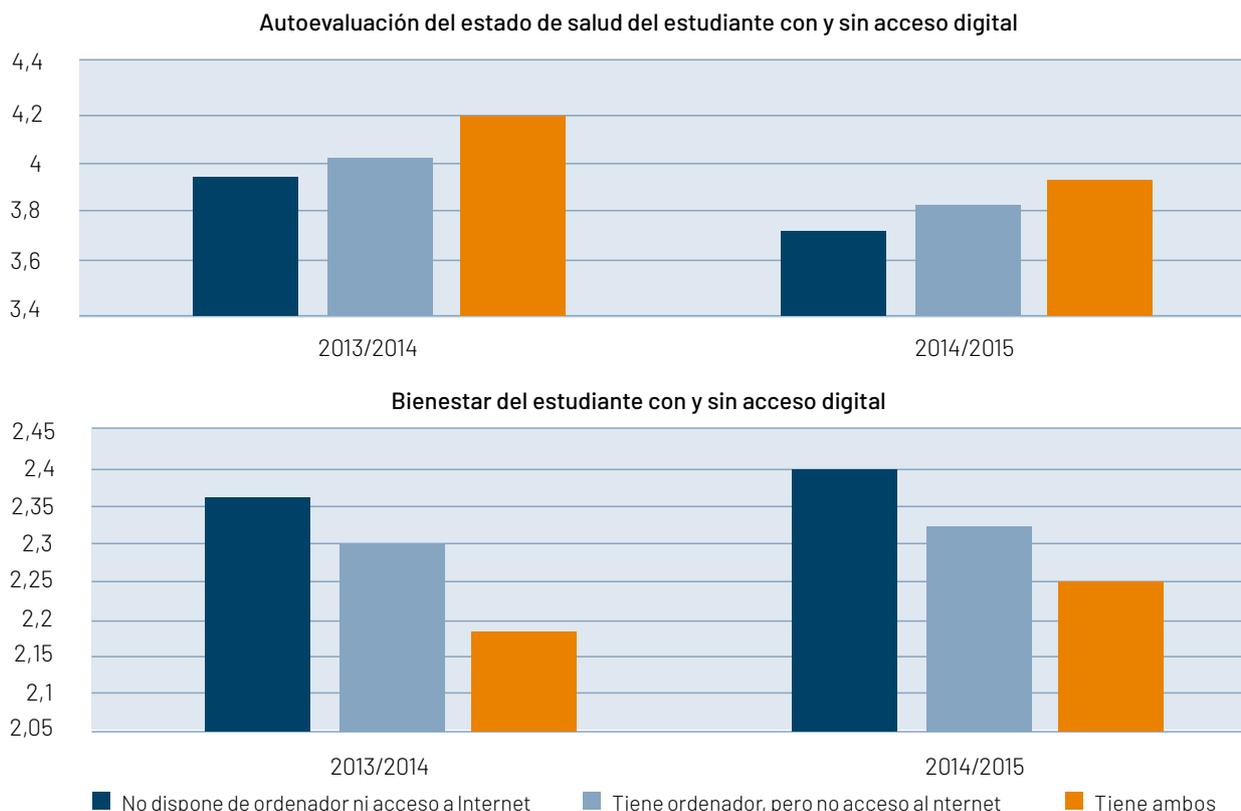
Nota: Bajo uso se refiere a no superar las siete horas semanales, mientras que alto uso se refiere a más de siete horas a la semana.

Fuente: China Family Panel Studies (CFPS)

GRÁFICO 5

ACCESO DIGITAL Y AUTOEVALUACIÓN DEL ESTADO DE SALUD Y BIENESTAR

Porcentaje



Fuente: China Education Panel Survey (CEPS).

El gráfico 3 muestra que durante los años académicos 2013-2014 y 2014-2015, los estudiantes con acceso tanto a un ordenador como a Internet obtuvieron puntuaciones más altas en matemáticas, chino e inglés.

2. Salud y bienestar

De manera similar al rendimiento académico, el gráfico 4 muestra que poseer un ordenador y tener acceso a Internet está positivamente correlacionado con la autovaloración del estado de salud y el bienestar. Sin embargo, como se indica el gráfico 5, esta correlación parece ser más fuerte en los estudiantes que usan Internet menos de siete horas a la semana. Aunque no se pueden extraer implicaciones causales, estos hallazgos sugieren

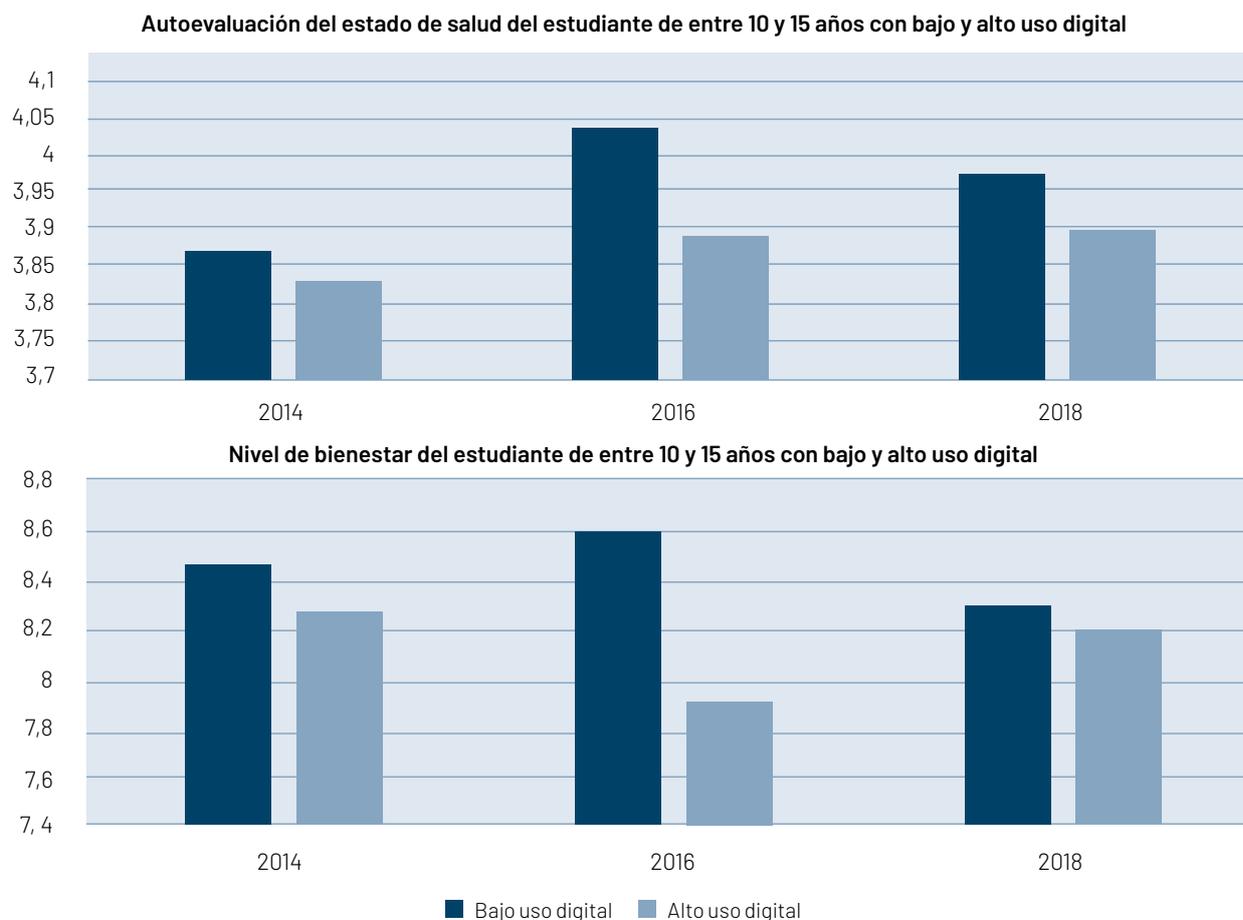
que un uso moderado de Internet puede influir positivamente en la salud de los niños en China.

Los efectos perjudiciales del uso excesivo de Internet también son visibles en los países occidentales. En particular, el proyecto *EU Kids Online* ofrece una base de datos consultable de investigaciones europeas centradas en las experiencias en línea de los niños (Livingstone *et al.*, 2020), incluyendo patrones de uso de Internet, riesgos asociados y medidas de seguridad. Este recurso, que abarca estudios de 21 países, proporciona información sobre cómo el uso de Internet se correlaciona con varios aspectos del bienestar infantil. La mayoría de los niños en 19 países europeos informaron que usaban sus teléfonos inteligentes diariamente o casi todo el tiempo (Livingstone *et al.*, 2020).

GRÁFICO 6

USO DE INTERNET Y SALUD Y BIENESTAR

Porcentaje



Nota: Bajo uso se refiere a no superar las siete horas a la semana, mientras que alto uso se refiere a más de siete horas a la semana.

Fuente: China Family Panel Studies (CFPS).

El tiempo promedio que los niños pasan en línea cada día varía entre países, oscilando entre aproximadamente dos horas por día en Suiza y tres horas y media en Noruega (Livingstone *et al.*, 2020). En muchos países, esto representa casi el doble del tiempo dedicado a Internet en comparación con 2010 (Livingstone *et al.*, 2020). A pesar del aumento en el uso de Internet, muchos niños no habían recibido consejos sobre seguridad en línea por parte de sus padres, maestros o amigos. Al enfrentarse a experiencias negativas en línea, los niños tenían más probabilidades de hablar con sus padres o amigos y rara vez recurrían a maestros o profesionales designados para ayudarlos (Livingstone *et al.*, 2020).

El porcentaje de niños que informaron sentirse molestos o afectados por algo en Internet varió entre un 7 por 100 y un 45 por 100 en distintos países, un aumento considerable en comparación con la encuesta de 2010, que reportó cifras entre un 6 por 100 y un 25 por 100 (Livingstone *et al.*, 2020).

3. Heterogeneidad de los resultados

Finalmente, hemos analizado la heterogeneidad en el uso y acceso a Internet sobre los resultados educativos y el bienestar físico y mental, diferenciando por género y nivel sociocultural. Por razones de espacio, ilustramos dicho análisis en el

Apéndice, en los gráficos A1 a A3. En general, se observa un mejor rendimiento, aunque de pequeña magnitud, en las chicas en la mayoría de las materias, especialmente en lengua (inglés y chino). Las chicas también reportan un mayor nivel de bienestar, aunque un peor estado de salud que los chicos. En cuanto al nivel sociocultural, los efectos del acceso a Internet son de mayor magnitud en los grupos urbanos, mientras que no se observan diferencias destacables por nivel económico.

VI. CONCLUSIÓN

Este artículo explora el impacto dual del uso de Internet en los resultados de aprendizaje y la salud de niños y adolescentes, centrándose en China y los países occidentales. El análisis revela que el uso moderado de Internet mejora el rendimiento académico en matemáticas, lengua china e inglés, así como los resultados de salud individuales, en línea con la literatura existente que destaca el potencial de Internet para proporcionar valiosos recursos educativos y fomentar habilidades críticas. Sin embargo, el uso excesivo socava estos beneficios, generando riesgos como la dependencia, la reducción de la actividad física y la exposición a contenido perjudicial. Estos hallazgos subrayan la importancia de un uso equilibrado de Internet, el acceso confiable y la alfabetización digital para maximizar su impacto positivo en los resultados educativos.

Las investigaciones futuras podrían examinar cómo las disparidades socioeconómicas influyen en la efectividad del uso de Internet para el aprendizaje, especialmente en regiones desatendidas donde el acceso sigue siendo limitado. Además, el papel de la supervisión y participación de los padres en la configuración del comportamiento en línea de los niños merece una exploración más profunda. Otra línea prometedora de investigación es el estudio de cómo las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y las plataformas de aprendizaje adaptativo, pueden personalizar la educación y abordar las necesidades de aprendizaje individuales. Los estudios comparativos entre países con diferentes marcos regulatorios y actitudes culturales hacia la tecnología digital podrían proporcionar información adicional sobre las implicaciones globales del uso de Internet.

BIBLIOGRAFÍA

- Allcott, H., Gentzkow, M. y Song, L. (2022). Digital addiction. *American Economic Review*, 112(7), 2424–2463. doi: 10.1257/aer.20210867
- American Academy of Pediatrics. (2016). Media use in school-aged children and adolescents. *Pediatrics*, 138(5), e20162593. <https://publications.aap.org/pediatrics/article/138/5/e20162593/60005/Media-Use-in-School-Aged-Children-and-Adolescents>. Accessed: 2024-12-09
- Banks, J. y Xu, X. (2020). The mental health effects of the first two months of lockdown during the covid-19 pandemic in the uk. *Fiscal Studies*, 41(3), 685–708. doi: 10.1111/1475-5890.12239
- Beneito, P. y Vicente-Chirivella, O. (2022). Banning mobile phones in schools: evidence from regional-level policies in Spain. *Applied Economic Analysis*, 30(90), 153–175. doi: 10.1108/AEA-05-2021-0112.
- Blanchflower, D. G. y Bryson, A. J. (2024). The consequences of abuse, neglect and cyber-bullying on the wellbeing of the young. *Working Paper*, 32119. National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w32119>
- Bohnert, M. y Gracia, P. (2021). Emerging digital generations? impacts of child digital use on mental & socioemotional well-being across two cohorts in Ireland, 2007–2018. *Child Indicators Research*, 14, 629–659. doi: 10.1007/s12187-020-09767-z
- Dello-Iacovo, B. (2009). Curriculum reform and 'quality education' in China: An overview. *International Journal of Educational Development*, 29(3), 241–249.
- European Commission. (2012). *Survey of schools: Ict in education*. Online, 2012. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/survey-schools-ict-education>
- Cosma, A., Abdrakhmanova, S., Taut, D., Schrijvers, K., Catunda, C. y Schnohr, C. A. (2022). *A focus on adolescent mental health and well-being in Europe, Central Asia & Canada. Health Behaviour in School-aged Children international report from the 2021/2022 survey*, volume 1. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, 2023.
- European Union. (2019). *General data protection regulation, 2018*. <https://gdpr-info.eu/>. Accessed: 2025-04-20.
- Federal Trade Commission. (1998). *Children's online privacy protection act, 1998*. <https://www.ftc.gov/legal-library/>

browse/rules/childrens-online-privacy-protection-rule-coppa. Accessed: 2025-04-20.

- Gao, A-Z. y Chen, W. (2024).** The association between Internet use and cognitive ability among rural left-behind children in China. *Frontiers in Public Health*, 11, 1341298.
- Garriguet, D. (2021).** *Health of youth in Canada*. Statistics Canada. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/42-28-0001/2021001/article/00001-eng.htm>.
- Guan, J. y Tena, J. D. (2024).** On the importance of Internet access for children's health and subjective well-being: the case of china. *Applied Economics*, 1-13.
- Guo, L. J., Huang, J. S. y Zhang, Y. (2019).** Education development in china: Education return, quality, and equity. *Sustainability*, 11(13).
- Higgins, S., Xiao, Z. y Katsipataki, M. (2012).** The impact of digital technology on learning: A summary for the education Endowment Foundation. *Technical report, Education Endowment Foundation*. <https://educationendowmentfoundation.org.uk/>
- Li, H., Zhang, W. y Chen, J. (2021).** The impact of Internet use on learning outcomes among adolescents in rural China: Evidence from China family panel studies. *China Agricultural Economic Review*, 13(3), 217-233.
- Livingstone, S., Haddon, L., Ólafsson, Helsper, E., Görzig, A., Kirwil, L. (2020).** *EU Kids Online 2020: Survey results from 19 countries*. London (UK): London School of Economics and Political Science (LSE). <https://eprints.lse.ac.uk/103294/>
- McGuinn, P. (2019).** Assessing state essa plans: Innovation or retreat? *Phi Delta Kappan*, 101(2), 8-13.
- National Press and Publication Administration. (2021).** *The notice on further strengthening the management of minors' online gaming to effectively prevent addiction*. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/01/content_5634661.htm. Accessed: 2025-04-20.
- NCES (2013).** *Teachers' use of educational technology in U.S. public schools: 2009*. <https://nces.ed.gov>.
- Office for National Statistics. (2014.)** *Internet access-households and individuals, great britain: 2014*. <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/householdcharacteristics/homeinternetandsocialmediausage/bulletins/Internetaccesshouseholdsandindividuals/2014-08-07>. Accessed: 19 November 2024.

- Pan, Y. Teng, Z., Gu, M., Chen, CH. y Shek, D. T. L. (2024).** Internet use and psychological well-being among children and adolescents. *Frontiers in Psychiatry*, 14:1349082. doi: 10.3389/fpsyt. 2023.1349082
- Sun, L. y Zhang, H. (2024).** *Online engagement and english as a foreign language (efl) learning outcomes among chinese university students*. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, 9(1), 45-67.
- The State Council of the People's Republic of China. (2017).** *The 13th five-year plan for national education development*. https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-01/19/content_5161341.htm. Accessed: 2025-04-20.
- The State Council of the People's Republic of China. (2023).** *The regulations on the protection of minors in cyberspace*. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202310/content_6911289.htm. Accessed: 2025-04-20.
- Timotheou, S., Miliou, O., Dimitriadis, Y., Villagr  Sobrino, S., Giannoutsou, N, Cachia, R., Mart nez Mon s, A. e Ioannou, A. (2023).** Impacts of digital technologies on education and factors influencing schools' digital capacity and transformation: A literature review. *Education and Information Technologies*, 28(5), 6695-6726.
- Udupa, S. et al. (2023).** Adolescent mental health trends in the United States. *American Journal of Psychiatry*, 180, 1-10.
- U.S. Census Bureau. (2014).** *Computer and Internet use in the United States: 2013*. <https://www.census.gov/library/publications/2014/acs/acs-28.html>. Accessed: 19 November 2024.
- Wang, L., Luo, J., Bai, Y., Kong, J., Luo, J., Gao, W. y Sun, X. (2013).** Internet addiction of adolescents in china: Prevalence, predictors, and association with well-being. *Addiction Research & Theory*, 21(1),62-69.
- World Health Organization. (2019).** Children under 5 must spend less time sitting watching screens or restrained in prams and seats, get better sleep and have more time for active play to grow up healthy. <https://www.who.int/news/item/24-04-2019-children-under-5-must-spend-less-time-sitting-watching-screens-or-2019>. Accessed: 2024-12-09.
- Yin, H. B., Lu, G. S. y Wang, W. Y. (2014).** Unmasking the teaching quality of higher education: students' course experience and approaches to learning in china. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 39(8):949-970.
- Zhou, M. y Ding, X. (2023).** Internet use, depression, and cognitive outcomes among chinese adolescents. *Journal of Community Psychology*, 51(2),768-787.

ANEXO

GRÁFICO A1
HETEROGENEIDAD DE GÉNERO DE LOS ESTUDIANTES

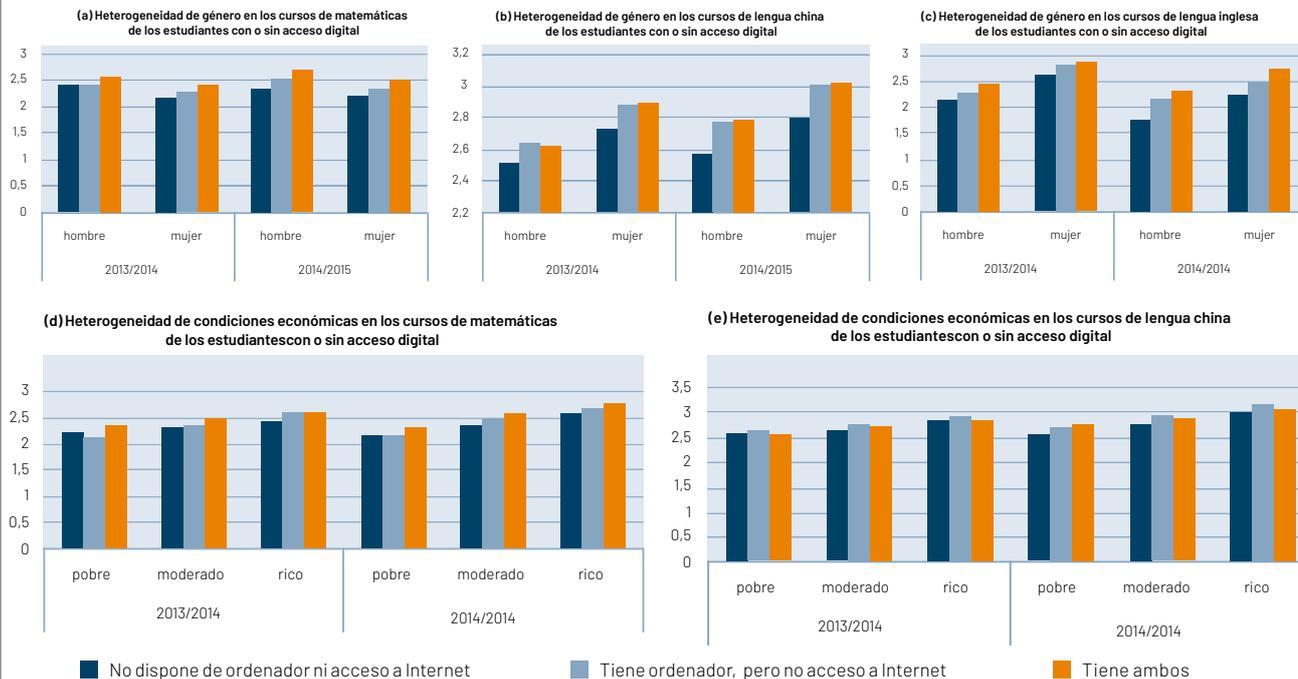


GRÁFICO A2
HETEROGENEIDAD DE LOS ESTUDIANTES POR GÉNERO

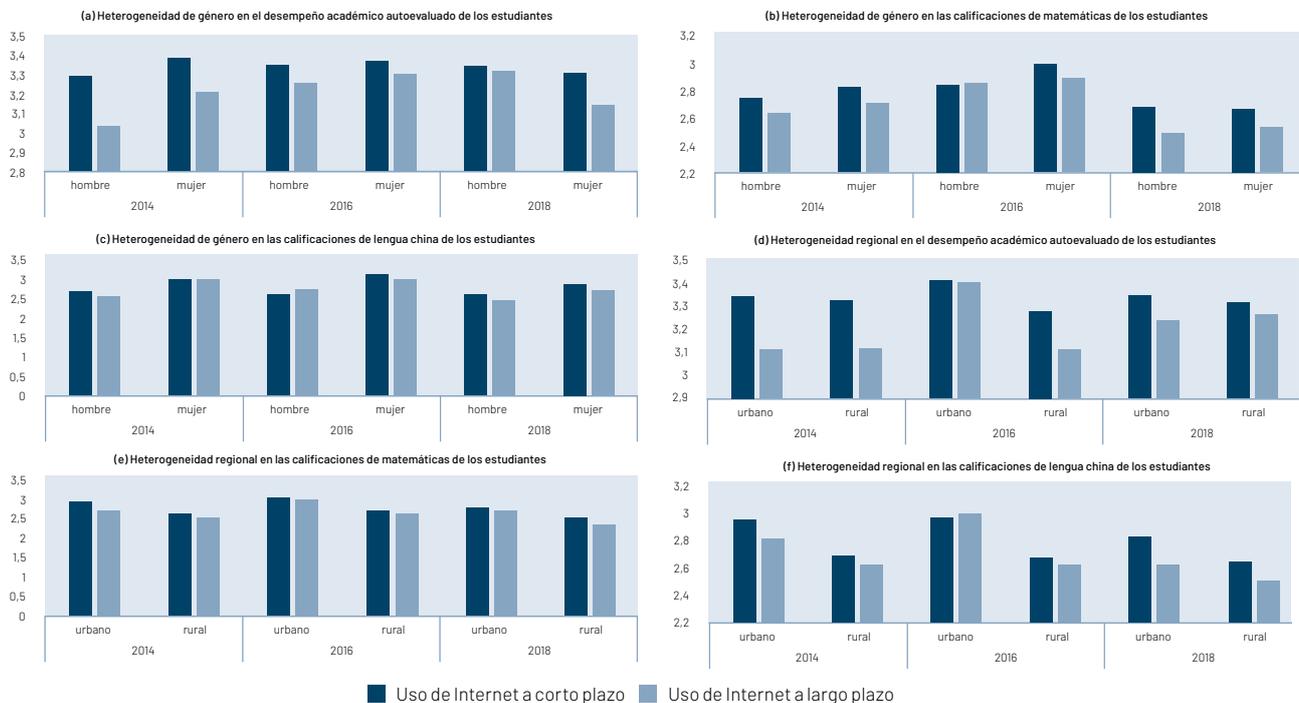
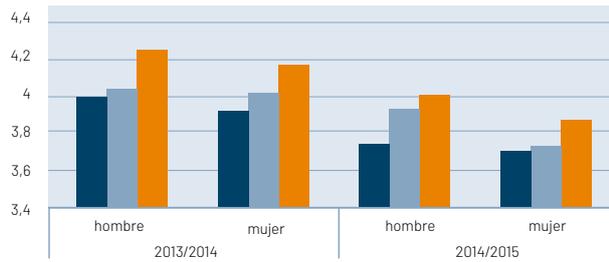


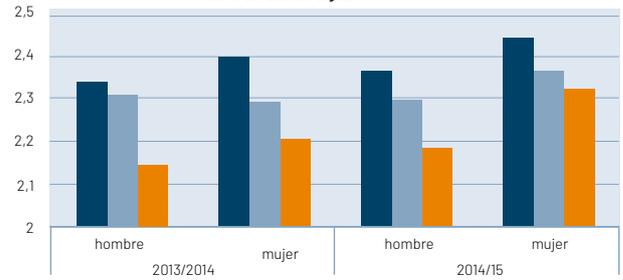
GRÁFICO A3

HETEROGENEIDAD DEL ESTADO SALUD DE LOS ESTUDIANTES

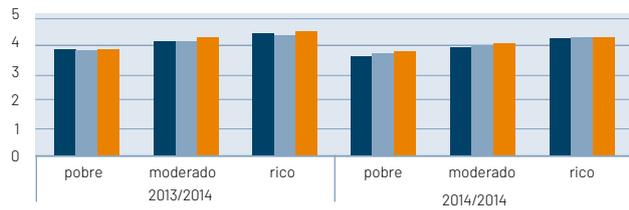
(a) Heterogeneidad de género en el estado de salud autoevaluado de los estudiantes con o sin acceso digital



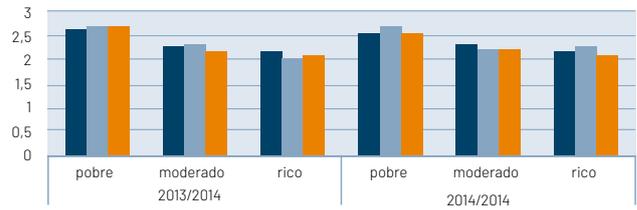
(b) Heterogeneidad de género en el bienestar de los estudiantes con o sin acceso digital



(c) Heterogeneidad de condiciones económicas en el estado de salud autoevaluado de los estudiantes con o sin acceso digital



(d) Heterogeneidad de condiciones económicas en el bienestar de los estudiantes con o sin acceso digital



■ No dispone de ordenador ni acceso a Internet ■ Tiene ordenador, pero no acceso a Internet ■ Tiene ambos

DESINFORMACIÓN ENTRE ADOLESCENTES EN ESPAÑA: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA ESCUELA Y ONLINE (*)

Daniel J. Flynn
Carlos Lastra-Anadón

IE University

Resumen

La desinformación, particularmente en forma de noticias falsas, y su proliferación a través de redes sociales, se ha consolidado como uno de los retos urgentes de las sociedades contemporáneas. Los jóvenes pueden ser especialmente vulnerables porque a menudo carecen de las habilidades y la motivación necesarias para identificar y cuestionar información de baja calidad y están muy expuestos a las redes sociales. A pesar de estos desafíos, ningún país cuenta actualmente con una estrategia y prácticas sólidas para abordar el reto de la desinformación en adolescentes que esté basado en evidencia científica de calidad. En este artículo, delineamos el tipo de intervenciones educativas que consideramos necesarias y factibles, tanto en el entorno escolar como *online*. Argumentamos la necesidad del desarrollo de intervenciones realistas y escalables dentro del sistema escolar y de su evaluación rigurosa para poder informar la práctica. Para ello, presentamos datos sobre el contexto de desinformación en este grupo y los resultados de una encuesta piloto, que destaca la relación crítica entre la formación en habilidades de alfabetización digital y la motivación del alumnado para adquirirlas.

Palabras clave: desinformación, *fake news*, educación de adolescentes, educación *online*, motivación.

Abstract

Disinformation, particularly in the form of fake news, and its proliferation through social networks, has established itself as one of the urgent challenges facing contemporary societies. Young people can be especially vulnerable because they often lack the skills and motivation to identify and question low-quality information and are highly exposed to social networks. Despite these challenges, no country currently has a sound strategy and practice to address the challenge of adolescent misinformation that is based on high-quality scientific evidence. In this article, we outline the type of educational interventions that we consider necessary and feasible, both in the school and online environments. We argue the need for the development of realistic and scalable interventions within the school system and their rigorous evaluation in order to inform practice. To this end, we present data on the context of misinformation in this group and the results of a pilot survey, which highlights the critical relationship between digital literacy skills training and student motivation to acquire them.

Keywords: misinformation, fake news, teenage education, online education, motivation.

JEL classification: A21, D72, L82.

I. INTRODUCCIÓN

La proliferación de noticias falsas y otras formas de desinformación representa uno de los desafíos más reconocidos a los que se enfrenta la sociedad actual (European Commission, 2018; European Commission, 2022). El fenómeno

de la desinformación está tan generalizado que durante el período de la pandemia del COVID-19, la Organización Mundial de la Salud acuñó el término “infodemia” (WHO, 2020). En el panorama informativo actual, una parte significativa de las noticias falsas se difunde a través de plataformas de redes sociales como Instagram, Twitter, WhatsApp y

YouTube (Lazer et al., 2018). En este contexto, los jóvenes corren un riesgo especial. Pasan mucho tiempo en redes sociales y pueden carecer de las habilidades o de la motivación para analizar información de baja calidad (Breakstone et al., 2021).

Cuando se les pregunta a los ciudadanos por la importancia de las noticias falsas entre los adolescentes, más de un 74 por 100 de los participantes en una encuesta representativa de la población de Estados Unidos dicen que están de acuerdo o muy de acuerdo con que es un problema.

La desinformación constituye un aspecto central de los desafíos de la alfabetización digital, que actualmente no cuenta con un profesorado especializado ni un currículo completo aplicado regularmente en ninguno de los sistemas educativos que serían responsables de su implementación (Vincent-Lancrin, 2019).

En este artículo, trazamos el contorno del tipo de intervenciones que consideramos necesarias, centrándonos en lo que es factible hacer trabajando

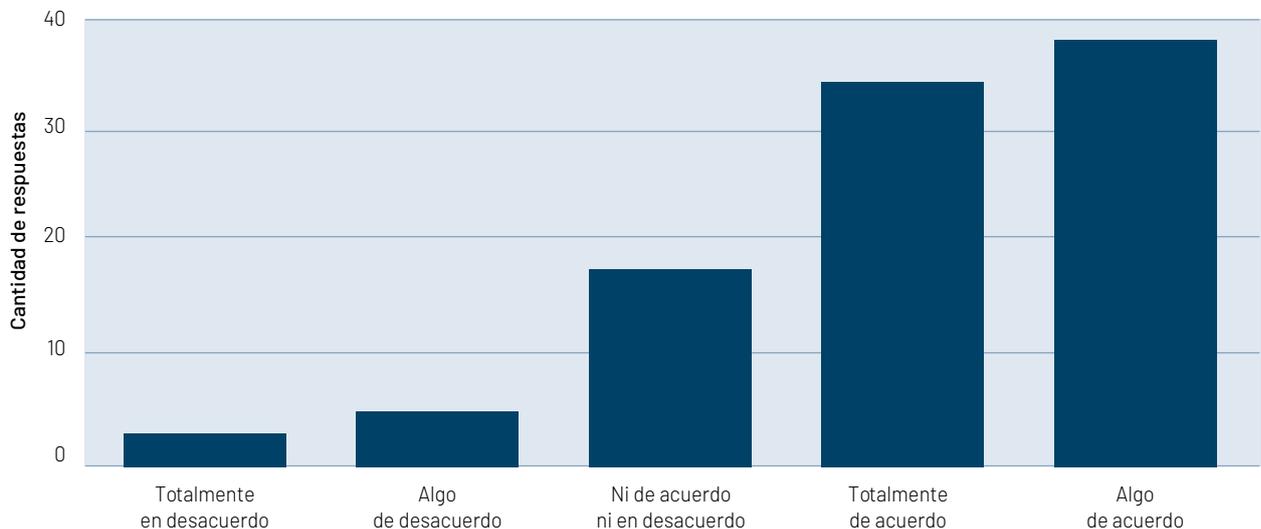
con el alumnado, desde el ámbito escolar u *online*. Lo motivamos por una necesidad imperiosa: no tenemos una evaluación sistemática de la eficacia de los materiales curriculares disponibles. Una parte importante de cómo concebimos el hacer frente a este reto es a través de la creación de una evidencia rigurosa sobre su efectividad. Sí sabemos, por ejemplo, que la adopción de las herramientas existentes suele ser baja y desconectada de la vida habitual del alumnado. Esto deja a educadores y responsables políticos cuestionándose cómo fomentar el interés entre estas poblaciones vulnerables. En este artículo presentamos evidencia sobre las circunstancias de la desinformación entre adolescentes, con especial atención a lo que sabemos en España. Presentamos también resultados relevantes de dos encuestas piloto que apoyan la importancia de la conexión entre formación en habilidades y la motivación para adquirirlas.

II. CONTEXTO

En este artículo usaremos la palabra desinformación como información que resulta ser falsa

GRÁFICO1

LA CIUDADANÍA ESTÁ PREOCUPADA POR LA DESINFORMACIÓN ENTRE ADOLESCENTES



Pregunta: ¿Hasta qué punto estás de acuerdo o en desacuerdo con la siguiente afirmación?: "La difusión de noticias falsas es un gran problema entre los adolescentes, que en general no tienen las herramientas para manejarlas".

Nota: (n = 1.000).

Fuente: VeraSight.

(Ecker *et al.*, 2022). En ocasiones, será también la forma corta de la acción de propagar este tipo de desinformación, además de este tipo de información en sí misma.

Tres aspectos sobre la relación con la información de los adolescentes sobresalen, algunos específicos del contexto español.

El primero es el hecho del gran volumen de información a la que los adolescentes se ven expuestos dadas las costumbres en redes sociales. El 85 por 100 de los adolescentes españoles usan habitualmente Internet desde antes de los 12 años y solamente un 0,6 por 100 no tienen acceso a Internet. El 67 por 100 de los adolescentes mayores de 14 años se conectan varias veces al día y un 21 por 100 dicen estar conectados “permanentemente”. Una proporción similar dice estar conectado más de cuatro horas al día (un 17 por 100). Las chicas tienen una mayor conexión permanente (24 por 100 frente a un 19 por 100) y, en mayor proporción, están conectadas más de cuatro horas al día (18 por 100 frente al 14 por 100) (Save the Children España, 2024). Aunque un 50 por 100 dicen consensuar normas para su uso con sus padres, un tercio admite también saltárselas (suponemos que, en parte, por la imposibilidad en la práctica de un control efectivo de los dispositivos personales). Cabe señalar que, en buena medida, reciben esta información, no necesariamente porque estén buscando información, sino como un “encuentro accidental”, mientras están en redes sociales por otros motivos (Selnes, 2024).

El segundo es que desde el punto de vista de la personalidad, los adolescentes se encuentran en unos “años impresionables” (Campbell *et al.*, 1960; Sears y Valentino, 1997). Esta teoría estipula que la etapa de la preadolescencia y los sucesos ocurridos en ella pueden tener consecuencias profundas en las actitudes futuras, por ejemplo hacia instituciones y democracia. Están, para empezar, adquiriendo sus conocimientos: sabemos que solamente el 51 por 100 de los jóvenes europeos dicen saber mucho o bastante sobre el Gobierno en su zona, frente a únicamente un 47 por 100 en España. En países como Irlanda llega a ser el 69 por 100 (Starostin, 2025). Esto hace, por un lado, que

la exposición a contenido dañino puede tener una importancia mayor en ese momento y, al mismo tiempo, tener consecuencias más duraderas.

El tercero es que el 70 por 100 de los adolescentes dice obtener su información de las redes sociales en Estados Unidos (en lugar de canales tradicionales como periódicos, radio o televisión) (Dautrich, 2018). Las fuentes de redes sociales son particularmente vulnerables a la manipulación, al no tener una estructura jerárquica que revise el contenido editorial sistemáticamente. En Europa, el *Eurobarómetro de la Juventud* (Starostin, 2025) encuentra que cuando se trata de información sobre temas políticos y sociales, el porcentaje de los que obtienen la información de redes sociales se trata del 42 por 100, y el 49 por 100 en España. Las mujeres jóvenes son más propensas que los hombres jóvenes a obtener información sobre cuestiones políticas y sociales de las plataformas de medios sociales (por ejemplo, Instagram, TikTok, etc., con un 46 por 100 frente al 38 por 100), la televisión (41 por 100 frente al 38 por 100) y amigos, familiares y colegas (29 por 100 frente al 22 por 100). Por el contrario, los hombres jóvenes son más propensos a hacerlo desde plataformas de vídeo (por ejemplo, YouTube, etc.) (28 por 100 frente al 18 por 100). El grupo más joven de encuestados (16-18 años) es más propenso que sus homólogos de más edad a obtener información sobre cuestiones políticas y sociales a través de las redes sociales (45 por 100 frente al 39 por 100 de los encuestados de 25-30 años), amigos, familiares o colegas (29 por 100 frente al 23 por 100) y profesores de escuela o universidad (18 por 100 frente al 8 por 100). Los encuestados de 25 a 30 años, a su vez, son más propensos a obtener información de la prensa en línea y/o plataformas de noticias (30 por 100 frente al 21 por 100 de los de 16 a 18 años), radio (19 por 100 frente al 13 por 100), periódicos y revistas impresos (13 por 100 frente a 10 por 100) y pódcast (12 por 100 frente al 9 por 100). Los encuestados que completaron estudios postsecundarios o superiores son más propensos que los que completaron estudios secundarios o inferiores a obtener la mayor parte de su información sobre cuestiones políticas y sociales de plataformas de medios sociales (43 por 100 frente al 38 por 100), prensa en línea y/o plataformas de noticias (34 por 100 frente a 26 por 100) y

periódicos o revistas impresos (13 por 100 frente al 8 por 100). Los encuestados que viven en una gran ciudad o en una ciudad pequeña o mediana son más propensos a utilizar plataformas de redes sociales (por ejemplo, Instagram, TikTok, etc.) para obtener información sobre cuestiones políticas y sociales (42 por 100-44 por 100) en comparación con los que viven en una zona rural (39 por 100). Los encuestados que viven en una ciudad grande también son más propensos a utilizar plataformas de prensa y/o noticias en línea (29 por 100 frente al 23 por 100) y plataformas de vídeo (25 por 100 frente a 21 por 100). De entre las redes sociales que utilizan los adolescentes para informarse de cuestiones sociales y políticas, Instagram aparece como la más utilizada (47 por 100), seguida de TikTok (39 por 100) y YouTube (37 por 100).

Un porcentaje menor obtiene información de Facebook (27 por 100) y X (Twitter) (21 por 100). El 16 por 100 de los encuestados utiliza WhatsApp para informarse sobre cuestiones políticas y sociales.

III. CONSECUENCIAS DE LA EXTENSIÓN DE LA DESINFORMACIÓN ENTRE ADOLESCENTES

Un impacto inmediato de la exposición acrítica a la desinformación es la creencia en noticias falsas. Ecker *et al.* (2022) encuentran tres tipos de causas cognitivas de la formación de creencias falsas como resultado de la exposición a esa desinformación, y tres de tipo socioafectivo. Empezando por las causas cognitivas, en general tenemos un sesgo de aceptación. Estamos inclinados a creernos lo que se nos comunica, no a escrutarlo sistemáticamente. Después de todo, no es posible, por motivos de inversión cognitiva excesiva o en cuanto a la falta de medios para evaluarlos. Adicionalmente, la creencia en la desinformación depende también de las consideraciones de forma sobre cómo se muestra la información, por ejemplo, de manera aparentemente familiar, con fluidez o coherencia. En cuanto a las causas socioafectivas, la primera es una sobrerrepresentación de las emociones en la evaluación de la información encontrada, es decir, el uso de las emociones sobre su contenido como forma de evaluar su veracidad: si nos hacen sentir bien, estaremos inclinados a

crearlos. Los mensajes con mayor contenido, por ejemplo, por generar miedo, tienen más éxito en generar cambios en actitudes. Por el contrario, mensajes procedentes de “expertos” o élites suelen ser más creídos. Particularmente importante para el trabajo con adolescentes son los mensajes procedentes de grupos de amigos o conocidos, soliendo tener una mayor consecuencia.

A su vez, la difusión y creencia en la desinformación puede socavar la confianza en las instituciones democráticas y contribuir a la polarización social (Reglitz, 2022). También, puede poner en peligro la comprensión pública de la ciencia (Lewandowsky y Van Der Linden, 2021), como se observó durante la pandemia de COVID-19 de 2020 y, en caso de información relacionadas con la salud, tener consecuencias negativas para la propia salud como el retraso de diagnósticos (Au *et al.*, 2021). En el caso específico de los jóvenes, algunas investigaciones ponen la desinformación como un motivo principal del escepticismo hacia la información que reciben (únicamente un 25 por 100 confía en los medios tradicionales) (Robb, 2017) y la falta de confianza en sus propias capacidades (National Literacy Trust, 2018).

En el caso de los adolescentes, el discernimiento de la desinformación forma parte de un conjunto de competencias de alfabetización digital. Los jóvenes son especialmente vulnerables a las noticias falsas. Pasan mucho tiempo en las redes sociales y pueden carecer de la motivación o la capacidad para analizar la información de baja calidad que encuentran. Por ejemplo, un estudio reciente revela que hasta el 96 por 100 de los adolescentes no cuestionan la fuente de la información que reciben (Breakstone *et al.*, 2021). Solamente un 18 por 100 de los jóvenes europeos se muestra muy confiado en poder discernir desinformación, y un 15 por 100 de los españoles (Starostin, 2025). Esto puede tener implicaciones especialmente graves. Por ejemplo, Stoneman y May (2022) utilizaron los ejemplos de noticias falsas de creencias conspirativas en torno a la autenticidad de los ataques terroristas en el Reino Unido, como los atentados del 7/7 y del Manchester Arena. De entre todos los participantes, los niveles más altos de incredulidad de que estos ataques tuvieran lugar se observaron

en el rango de edad de los adultos jóvenes (18-34 años). Cabe esperar que los adolescentes más jóvenes, que no se incluyeron en la muestra, hubiesen tenido valores todavía más extremos.

IV. ESTRATEGIAS PARA MITIGAR EL EFECTO DE LA DESINFORMACIÓN

La cantidad de desinformación disponible en los medios a los que acceden (su “oferta”) es un componente clave de la cantidad de desinformación que los adolescentes procesan y de que terminen creyendo una parte significativa. Hoy en día, una gran cantidad de las supuestas noticias que se encuentra la gente podrían calificarse como desinformación. Por ejemplo, dos tercios de los adultos estadounidenses afirman haberse encontrado con noticias falsas en las redes sociales (Orbanek, 2021). Estos resultados indican que una gran parte de la gente ve regularmente desinformación en línea. Un estudio encontró que hasta un 29 por 100 de las noticias en redes sociales alrededor del COVID-19 podían clasificarse como desinformación (Gabarron et al., 2021). En cuanto a los adolescentes, un estudio realizado en Noruega en 2024 reveló que aproximadamente el 66 por 100 de los adolescentes (entre 15 y 19 años) afirmaban haberse encontrado con noticias que sospechaban que eran falsas en las redes sociales (Selnes, 2024). Del mismo modo, el *Eurobarómetro de la Juventud 2024* de la Unión Europea (entre 16 y 30 años) reveló que el 76 por 100 de los jóvenes habían estado expuestos muy a menudo, a menudo, o algunas veces a noticias falsas o desinformación en la última semana (Starostin, 2025). La cifra es del 88 por 100 en España, una de las mayores de Europa (una versión optimista podría especular con que los jóvenes españoles pueden ser más conscientes de su exposición a la desinformación). Una causa de esto es que las noticias falsas tienen diez veces más probabilidad de ser compartidas (Vosoughi et al., 2018). Como se ha teorizado, hay incentivos económicos fuertes para extenderlos y para que lleguen a individuos a lo largo de todo el espectro social (ideológico, educativo, o de edad [Allcott y Gentzkow, 2017]).

En cuanto al tipo de intervenciones que pueden ser efectivas para mitigar la desinformación, te-

nemos dos lugares naturales en los que se pueden producir (1).

El primero son las propias redes sociales, que lo pueden hacer, para empezar, a través de acciones contextuales como la indicación de publicaciones con alto riesgo de ser desinformativos. También lo pueden hacer con programas de información pública que enfatizan los riesgos de desinformación, con los que algunas redes han experimentado. Los esfuerzos de regulación y autorregulación son necesarios, aunque la fórmula que combine un cierto grado de consenso en términos ideológicos con la preservación de intereses de las redes de mantener altos niveles de tráfico y realizar este esfuerzo de una manera eficiente. Es interesante que la iniciativa en este sentido de revisión del contenido publicado por entidades independientes de Meta fue abandonada en enero de 2025 (BBC News, 2025). El confiar la solución a estas iniciativas privadas supone, en cualquier caso, crear una dependencia en las políticas de estas empresas que, como se ha podido ver con los cambios de política de Meta, puede no ser viable a largo plazo.

Alternativamente, las redes sociales pueden, en vez de intervenir contextualmente, tratar de proporcionar una formación mínima a sus usuarios, y, llegado el caso, pueden incluso requerir una mínima formación, como las instituciones financieras están obligadas a realizar con sus clientes. En una intervención experimental a gran escala en India y Estados Unidos (Guess et al., 2020), los investigadores estudiaron los efectos de proporcionar una página de “consejos para identificar noticias falsas”, de fácil aplicación práctica y centrados en los aspectos formales de una noticia, por ejemplo en sí las imágenes tienen apariencia de haber sido manipuladas o si la URL de la noticia es simplemente una alteración de una URL conocida. Esta intervención genera efectos de tamaño significativo (de unos 0,2 puntos sobre una escala de 4) de reducción de confianza en información falsa. Además, tiene efectos perdurables durante varias semanas. Es importante que, aunque estos efectos no son de un gran tamaño, son consecuencia de una intervención muy sencilla: mostrar a los participantes una pantalla con estrategias de identificación de noticias falsas. Esto sugiere que intervenciones con todavía mayor inversión de tiempo por parte de los estudiantes pueden tener efectos grandes (2).

Este tipo de acciones pueden realizarse desde las redes, pero también potencialmente desde entidades externas como campañas gubernamentales o de organizaciones sin ánimo de lucro.

El segundo ámbito de intervención es el escolar. Los adolescentes están en una situación singular, con respecto a la población en general, en el sentido de que reciben diariamente instrucción en muchos temas en sus colegios e institutos. Esta instrucción tiene componentes cognitivos (matemáticas, historia) y también contenidos de habilidades (trabajo en equipo, por ejemplo) y contenidos prácticos de formación integral (educación para la ciudadanía, educación en salud). En este sentido, parece evidente la idoneidad del ámbito escolar en la preparación de alumnos en el procesado de información *online*, quizá como componente de un programa más amplio de “alfabetización digital.” Los responsables políticos reconocen cada vez más la alfabetización digital como una de las competencias más importantes para los ciudadanos del siglo XXI. De hecho, la “alfabetización informativa y digital” es el primer componente incluido en el Marco de Competencias Digitales de la Comisión Europea, que “proporciona la descripción detallada de todas las habilidades necesarias para ser competente en entornos digitales y las describe en términos de conocimientos, habilidades y actitudes y aporta los niveles dentro de cada competencia” (EU Commission, 2018). De igual forma, la OECD (2024) señala que las competencias digitales son esenciales para promover el bienestar socioemocional de los jóvenes y reducir las desigualdades.

En nuestra forma de entender este reto, abordamos este desafío mediante la realización de encuestas nacionales a jóvenes en tres países europeos, el desarrollo de currículos de alfabetización digital adaptados a su edad y la evaluación de su eficacia mediante ensayos aleatorios en línea y en centros educativos. Muchos países están trabajando ya en este sentido. España tiene un Plan Nacional de Competencias Digitales (Gobierno de España, 2020) con aproximadamente una página de texto sobre las estrategias en el sector educativo, centrada en la formación de profesores. A su vez, las comunidades autónomas tienen sus propios planes.

A pesar de un elaborado marco teórico sobre la formación en competencias digitales, es difícil

acreditar un esfuerzo comparable en la práctica de escuelas e institutos. Lejos de ser un componente integral, quizá dentro de una asignatura dedicada, la alfabetización digital es un componente transversal de la educación. La formación de profesores es habitualmente voluntaria y el uso de esa formación en el aula voluntariosa, es decir, dependiente de las decisiones de los profesores en el ejercicio de su libertad para el diseño de cursos, siempre con muchas presiones diferentes. No hay un currículo centrado en las competencias digitales ni un profesorado disciplinar específico (a pesar de la formación que puedan haber experimentado). Acompañado por el contexto cambiante y la presión de oferta que hemos discutido, es difícil observar evidencia de una clara mejora sobre las competencias digitales en adolescentes y, como hemos visto, la mayoría de la investigación existente identifica retos de considerable magnitud. Quizá, contribuyendo a este progreso limitado, la evidencia empírica que apoye cualquier acción es relativamente escasa. La realidad, en suma, es que únicamente alrededor del 60 por 100 de los adolescentes europeos dicen que la escuela les ha ayudado con competencias digitales, y los estudiantes españoles están algo por debajo de la media (Fraillon, 2023).

V. UN POSIBLE CAMINO HACIA ADELANTE

En este contexto, sería oportuno centrarse en proyectos que puedan combinar intervenciones escalables, con una inversión limitada en profesores, objetivos muy concretos y una evaluación de resultados rigurosa, idealmente basándose en la asignación aleatoria (*randomized controlled trial o RCT*), con la evaluación de diferentes comportamientos. No conocemos ningún esfuerzo de investigación importante para estudiar el discernimiento de la desinformación entre esta población adolescente especialmente vulnerable. Estos proyectos de investigación constituirían la base de intervenciones a mayor escala que aprovecharan lo aprendido en los proyectos de investigación y los materiales didácticos generados que pudiesen eventualmente conllevar intervenciones dirigidas a ellos. ¿Cuáles deberían ser las bases de tal esfuerzo de investigación y práctica?

Los estudios existentes en educación y economía políticas sugieren que los estudiantes no tienen los conocimientos y habilidades que necesitan, por tanto, la formación en conocimientos y habilidades aplicadas debería ser parte de cualquier intervención. Una intervención sobre las habilidades tomaría a día de hoy una combinación de tres estrategias (Kozyreva et al., 2024): la inculcación, que expone a los alumnos en el entorno controlado de aula al uso de estrategias típicas en la desinformación, como el uso de falsos expertos (Lewandowsky y Van Der Linden, 2021). El uso de consejos simples o listas que los alumnos pueden seguir, al estilo de (Guess et al., 2020). Y, por último, el aprendizaje de técnicas de verificación y de lectura lateral, que enseñan a los alumnos cómo estos pueden ser más críticos con las fuentes que consumen (Wineburg et al., 2022). Una parte importante de cualquier esfuerzo escalable será entender cómo proporcionar esta formación a escala, dadas las limitaciones en tiempo, personal y recursos a las que se enfrentan los sistemas educativos.

Además de conocimientos y habilidades, es conocida la dificultad de motivar a los adolescentes para aprender cualquier asignatura en un contexto académico. Es de esperar que la desinformación en redes no sea diferente. Por ejemplo, los psicólogos destacan el papel de la motivación y de los objetivos para el procesamiento individual de la información (Lupia, 2016). Se centran en dos tipos de objetivos que compiten entre sí: los objetivos de precisión y los objetivos direccionales (Flynn et al., 2017). Los objetivos de precisión llevan a las personas a dedicar esfuerzo cognitivo para alcanzar la conclusión objetivamente correcta o más adecuada. Se ha demostrado que ciertos mensajes fomentan este tipo de objetivos, como los que apelan al deber cívico o que destacan las consecuencias personales del procesamiento de información o su ausencia. En el contexto de las noticias falsas entre adolescentes, podríamos esperar que mensajes que resalten las implicaciones sociales o personales de estar desinformado. Este tipo de apelaciones podrían aumentar los objetivos de precisión y, a su vez, motivar a los estudiantes a buscar recursos de alfabetización digital o a invertir más atención y esfuerzo en aprender estas habilidades cuando se presenten en el entorno escolar.

Evaluamos dos de estos mensajes en los estudios piloto que se presentan a continuación.

VI. DOS ESTUDIOS PILOTO DE INTERVENCIÓN QUE COMBINAN HABILIDADES Y MOTIVACIÓN

En este sentido, nuestro equipo pilotó una posible estrategia con la idea de proporcionar una "prueba de concepto". Dadas las dificultades de acceder a la población de adolescentes directamente, el primer estudio piloto se centró en una encuesta experimental con adultos españoles (n=2,943) y experimentó con la relación entre la motivación y la demanda de formación, es decir, sobre la idea de que si la población piensa en los riesgos de la desinformación y lo tiene presente a la hora de acudir a recursos formativos esta puede resultar efectiva. En dos grupos experimentales diferentes (con un grupo de control adicional), presentamos a los participantes en la encuesta con dos tipos de motivación, con contenidos diferentes, uno basado en los efectos negativos sobre la sociedad (lo "público") de la desinformación y uno basado sobre los efectos negativos para ellos mismos (lo "privado") de la desinformación:

Texto motivacional I: "motivos públicos"

"Últimamente, se debate mucho sobre la desinformación o *fake news*. Los expertos afirman que la desinformación puede ser muy peligrosa para la democracia y la sociedad españolas. Por ejemplo, las investigaciones académicas indican que la desinformación puede utilizarse para reducir la confianza en la democracia y en la prensa libre, y para alimentar conflictos entre comunidades étnicas y religiosas. Por estas razones, los expertos afirman que el gobierno debe tomar medidas para proteger al país de los peligros de la desinformación y las *fake news*."

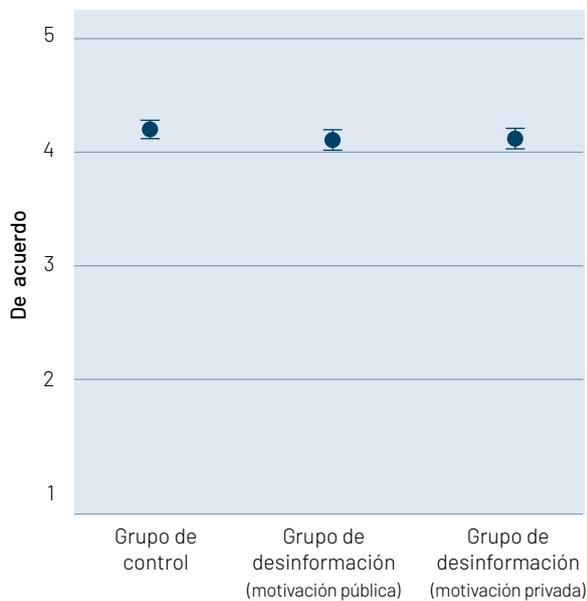
Texto motivacional II: "motivos privados"

"Últimamente, se debate mucho sobre la desinformación o *fake news*. Los expertos dicen que la desinformación puede ser muy peligrosa para personas como usted en España. Por ejemplo, las investigaciones académicas indican que la

GRÁFICO 2
ALTOS NIVELES GENERALIZADOS DE PREOCUPACIÓN
POR LAS CONSECUENCIAS DE LA DESINFORMACIÓN

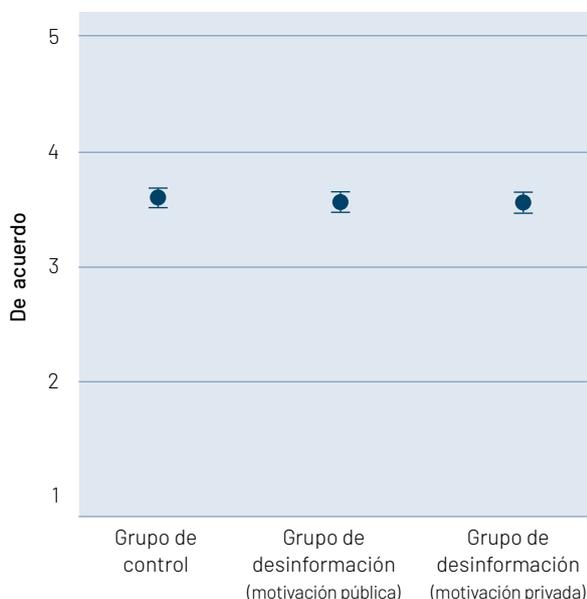
(a) Amenaza para la democracia en España

Estoy de acuerdo en que la desinformación es una amenaza para la democracia en España



(b) Amenaza para mí

Estoy de acuerdo en que la desinformación es una amenaza para mí personalmente



desinformación puede utilizarse para engañar a la gente y hacerla creer en teorías conspirativas sobre diversos temas, invertir en estafas financieras y comprar productos que no han sido probados científicamente. Por estas razones, los expertos afirman que los residentes en España deben tomar medidas para protegerse de los peligros de la desinformación y las *fake news*."

En primer lugar, vemos en el gráfico 2 que los niveles de preocupación por la desinformación son altos en todos los grupos experimentales. En una escala de preocupación de 1-5, los niveles de preocupación con respecto a la amenaza a la democracia (a) y amenaza personal (b) son similares, independientemente del tratamiento: mayores que 4 y mayores que 3,5, respectivamente.

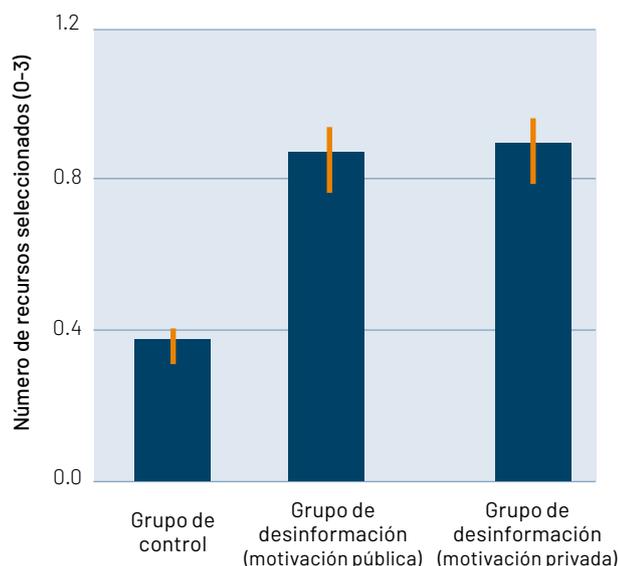
Estos resultados solamente refuerzan nuestra impresión original de que los estudiantes, al menos cuando se les pregunta explícitamente, si no en su día a día, están preocupados por las consecuencias de la desinformación. Relacionándolo ahora con la demanda de formación, ofrecemos a los participantes en la propia encuesta tres tipos de recursos para identificar las *fake news*:

- Consejos para identificar noticias falsas (tomados de la experiencia de Facebook).
- Una lista de sitios web no partidistas de validación de información (*fact-checking*).
- Un curso de alfabetización digital gratuito.

Podemos identificar el número de estos recursos que los participantes solicitan, dependiendo de si están en el grupo de control o los de tratamiento. Como podemos ver en el gráfico 3, la demanda es aproximadamente de un recurso extra en toda la muestra, pero los que reciben los tratamientos de motivación suelen demandar mayor número de recursos, y la diferencia es estadísticamente significativa, los resultados para los que reciben la motivación pública y privada parecen ser similares.

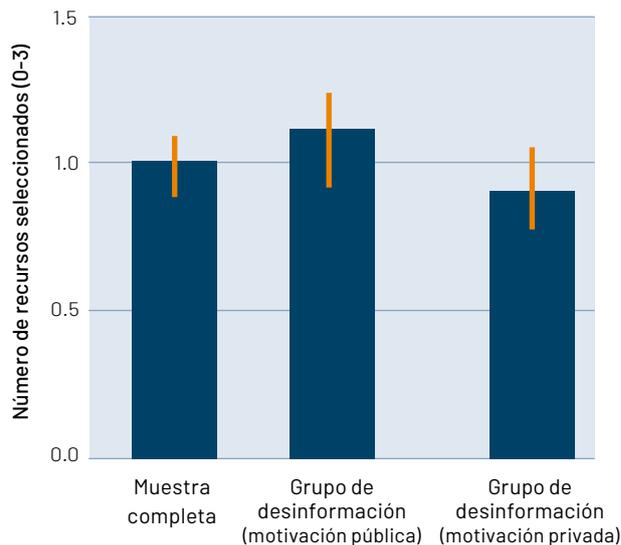
En un segundo estudio piloto *online* pudimos acceder específicamente a un grupo pequeño de

GRÁFICO 3
LA MOTIVACIÓN AUMENTA SIGNIFICATIVAMENTE LA DEMANDA DE RECURSOS CONTRA LA DESINFORMACIÓN



Piloto 1: población adulta española. Texto de la pregunta: "Con esto concluye esta parte de la encuesta. Al final de la encuesta, ¿te gustaría recibir más información sobre alguno de los siguientes temas? (Haz clic en tantas como desees)".

GRÁFICO 4
ENTRE JÓVENES, LA MOTIVACIÓN PÚBLICA PARECE AUMENTAR LA DEMANDA DE RECURSOS CONTRA LA DESINFORMACIÓN



Piloto 3: población joven (18-24 años) española. Texto de la pregunta: "Con esto concluye esta parte de la encuesta. Al final de la encuesta, ¿te gustaría recibir más información sobre alguno de los siguientes temas? (Haz clic en tantas como desees)".

jóvenes (n=181), aunque únicamente entre 18 y 24 años (y, por tanto, usualmente no en colegios ni institutos). En ellos observamos un comportamiento similar, como vemos en el gráfico 4. Sin embargo, las diferencias entre grupos no son significativas y no observamos que la motivación privada tenga un efecto grande. Esto justifica el uso de motivaciones en estos grupos, pero también de la experimentación con otras motivaciones alternativas con mayor efecto en este grupo de edad. En el caso de adolescentes, podría tener sentido el uso de una motivación social, basada en cómo afecta la desinformación a amigos y familiares.

En estos estudios piloto presentamos evidencia sugestiva en muestras pequeñas y no representativas de la población de adolescentes. Sin embargo, enfatizamos la necesidad de realizar futuros estudios experimentales para evaluar estas y otras posibles intervenciones que puedan aumentar la demanda de recursos de alfabetización digital en contextos reales.

VII. CONCLUSIÓN Y PRÓXIMOS PASOS

Los jóvenes son especialmente vulnerables a los peligros de la desinformación. Pasan mucho tiempo en las redes sociales, donde se difunden muchas noticias falsas (Lazer *et al.*, 2018). Una gran mayoría de ellos se ven expuestos regularmente a las noticias falsas. Sin embargo, como hemos visto, tienen unas habilidades limitadas y quizá poca motivación para poder afrontar este problema. Por ejemplo, raramente investigan la fuente de la información a la que se exponen. Hoy en día, las soluciones ofrecidas en entornos escolares son muy limitadas, como los propios alumnos indican. Esto tiene implicaciones muy negativas para las sociedades en las que vivimos y también para los propios adolescentes.

La buena noticia es que este grupo de edad y el entorno escolar parecen un ambiente ideal en el que trabajar sobre estas habilidades. Dado que no es de esperar un cambio radical en la forma de instrucción, con nuevas asignaturas y categorías

de profesores dedicados a trabajar sobre la desinformación, es importante poder encontrar formas eficientes de mejorar sustancialmente las competencias digitales del alumnado, y en particular sus habilidades para discernir esta información. Este esfuerzo deberá aprovechar el entorno escolar existente y apoyarse en los actuales docentes, experimentados en habilidades transferibles a este ámbito como el uso de textos y, desde luego, en el trabajo con adolescentes. Desafortunadamente, no sabemos en realidad qué forma tendría exactamente una intervención efectiva que sea escalable y sirva para mitigar el problema de la desinformación entre adolescentes. Por ello, creemos que es necesaria más investigación, centrada en el entorno informativo de España, de alta calidad, sobre el tipo de intervenciones que serían más efectivas. Con nuestro estudio piloto hemos empezado a demostrar la necesidad de este tipo de intervenciones y la demanda por parte del alumnado. Un estudio sistemático, idealmente de carácter aleatorio, que varía atributos de la formación, como su modalidad (presencial u *online*) y la forma de motivación de los alumnos. Deberá además permitir explorar las interacciones entre características del alumnado y de los docentes y su efectividad. Un esfuerzo de este tipo será necesario para poder informar con evidencia las decisiones sobre cómo afrontar este reto del sistema educativo.

NOTAS

(*) Los autores agradecen la financiación de la Fundación La Caixa dentro del proyecto Schooling against Fake News, bajo el código LCF/PR/SR24/57010024.

(1) Para una revisión completa del tipo de intervenciones que se han utilizado en la literatura científica para afrontar el problema de la desinformación, no enfocada en adolescentes ni en acciones en entornos escolares (Kozyreva *et al.*, 2024).

(2) La intervención se realizó exclusivamente en adultos y los investigadores no reportaron diferencias en efectividad de sus tratamientos por grupos de edad.

BIBLIOGRAFÍA

- Allcott, H. y Gentzkow, M. (2017). Social media and fake news in the 2016 election. *Journal of Economic Perspectives*, 31(2), 211-236.
- Au, C. H., Ho, K. K. y Chiu, D. K. (2021). Stopping healthcare misinformation: The effect of financial incentives and legislation. *Health Policy*, 125(5), 627-633.
- BBC News (2025). Facebook and instagram get rid of fact checkers. Accessed: 2025-05-08.
- Breakstone, J., Smith, M., Wineburg, S., Rapaport, A., Carle, J., Garland, M. y Saavedra, A. A. (2021). Students' civic online reasoning: A national portrait. *Educational Researcher*, 50(8), 505-515.
- Campbell, A., Converse, P. E., Miller, W. E. y Stokes, D. E. (1960). *The American Voter*. John Wiley y Sons, New York.
- Dautrich, K. (2018). *The future of the first amendment: 2018 survey of high school students and teachers*.
- Ecker, U. K., Lewandowsky, S., Cook, J., Schmid, P., Fazio, L. K., Brashier, N., Kendeou, P., Vraga, E. K. y Amazeen, M. A. (2022). The psychological drivers of misinformation belief and its resistance to correction. *Nature Reviews Psychology*, 1(1), 13-29.
- European Commission (2018). *Digital competence framework for citizens*. Technical report, Joint Research Centre.
- European Commission (2022). *Strengthened code of practice on disinformation*. Technical report, European Commission.
- Flynn, D., Nyhan, B. y Reifler, J. (2017). The nature and origins of misperceptions: Understanding false and unsupported beliefs about politics. *Political Psychology*, 38(S1), 127-150.
- Frailon, J. (2023). *An International Perspective on Digital Literacy: Results from ICILS 2023*. IEA.
- Gabarron, E., Oyeyemi, S. O. y Wynn, R. (2021). Covid-19-related misinformation on social media: a systematic review. *Bulletin of the World Health Organization*, 99(6), 455.
- Gobierno de España (2020). *Plan nacional de competencias digitales*. https://portal.mineco.gob.es/recursosarticulo/mineco/ministerio/ficheros/210127_plan_nacional_de_competencias_digitales.pdf. Accessed: 2025-05-02

- Guess, A. M., Lerner, M., Lyons, B., Montgomery, J. M., Nyhan, B., Reifler, J. y Sircar, N. (2020).** A digital media literacy intervention increases discernment between mainstream and false news in the united states and india. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(27), 15536-15545.
- Kozyreva, A., Lorenz-Spreen, P., Herzog, S. M., Ecker, U. K., Lewandowsky, S., Hertwig, R., Ali, A., Bak-Coleman, J., Barzilai, S. y Basol, M., et al. (2024).** Toolbox of individual-level interventions against online misinformation. *Nature Human Behaviour*, 8(6), 1044-1052.
- Lazer, D. et al. (2018).** The science of fake news: Addressing fake news requires a multidis- ciplinary effort. *Science*, 359(6380), 1094.
- Lewandowsky, S. y Van Der Linden, S. (2021).** Countering misinformation and fake news through inoculation and prebunking. *European Review of Social Psychology*, 32(2), 348-384.
- Lupia, A. (2016).** *Uninformed: Why people know so little about politics and what we can do about it.* Oxford University Press.
- National Literacy Trust. (2018).** NewsWise. https://nlt.cdn.ngo/media/documents/NewsWise_pilot_2018_report_final_short.pdf. Accessed: 2025-05-02.
- OECD (2024).** *Fostering digital literacy and well-being.* Technical report, Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Orbanek, S. (2021).** *Study shows verified users are among biggest culprits when it comes to sharing fake news.* Technical report, Temple University.
- Reglitz, M. (2022).** Fake news and democracy. *Journal of Ethics and Social Philosophy*, 22, 162.
- Robb, M. B. (2017).** *News and America's Kids: How Young People Perceive and Are Impacted by the News.* <https://www.commonensemedia.org/research/news-and-americas-kids-how-young-people-perceive-and-are-impacted-by-the-news>. Accessed: 2025-05-02
- Save the Children España. (2024).** *Derechos #sinconexion: Un análisis sobre derechos de la infancia y la adolescencia y su protección en el entorno digital.* Technical report. Save the Children España.
- Sears, D. O. y Valentino, N. A. (1997).** Politics matters: Political events as catalysts for preadult socialization. *American Political Science Review*, 91(1), 45-65.
- Selnes, F. N. (2024).** Adolescents' experiences , (re) action towards fake news on social media: perspectives from norway. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-11.
- Starostin, M. (2025).** *Eurobarometer YOUTH SURVEY 2024.* Technical report, European Parliament. Accessed: 2025-05-05
- Stoneman, P., y May, G. (2022).** *Truth under attack? belief in terrorism conspiracy theories among the uk public.* Technical report, King's College London, Policy Institute.
- Vincent-Lancrin, S. (2019).** *Fostering students' creativity and critical thinking: What it means in school.* <https://doi.org/10.1787/62212c37-en>
- Vosoughi, S., Roy, D. y Aral, S. (2018).** The spread of true and false news online. *Science*, 359(6380), 1146-1151
- WHO (2020).** *Call for action: Managing the infodemic.* World Health Organization.
- Wineburg, S., Breakstone, J., McGrew, S., Smith, M. D. y Ortega, T. (2022).** Lateral reading on the open internet: A district-wide field study in high school government classes. *Journal of Educational Psychology*, 114(5), 893.

DESIGUALDADES DE BIENESTAR EN EUROPA EN FUNCIÓN DEL NIVEL EDUCATIVO: UN ANÁLISIS TRANSNACIONAL Y MULTIDIMENSIONAL CON MACHINE LEARNING

Alejandra Ramos

Universidad Rey Juan Carlos

María Teresa Ballestar

Universidad Rey Juan Carlos y Lappeenranta-Lahti University of Technology (LUT University), Finlandia

Kathrin Komp-Leukkunen

Lappeenranta-Lahti University of Technology (LUT University), Finlandia

Jorge Sainz

Universidad Rey Juan Carlos y Lappeenranta-Lahti University of Technology (LUT University), Finlandia

Resumen

Esta investigación analiza cómo el nivel educativo influye en múltiples dimensiones del bienestar individual en Europa, utilizando la Ronda 11 (2023/2024) de la *Encuesta social europea* para España, Finlandia y Grecia. Mediante una Red Bayesiana Ingenua Aumentada de Árbol (TAN), se modelizan las relaciones entre la educación y variables como ingresos, salud, empleo, comportamiento digital, felicidad y la interacción social. El modelo alcanza una precisión robusta del 71,09 por 100 y revela que la educación superior se asocia con mejores resultados económicos, mayor bienestar subjetivo, mejor salud y mayor compromiso digital. También contribuye a reducir diferencias de género en el empleo y mitigar efectos del envejecimiento y deterioro de la salud, favoreciendo la actividad laboral y conexión digital en edades avanzadas. Sin embargo, la relación con la interacción social depende del contexto. Los hallazgos destacan el papel de la educación como motor de inclusión y resiliencia en múltiples ámbitos de la vida.

Palabras clave: educación, bienestar, *Encuesta social europea*, redes bayesianas, *machine learning*.

Abstract

This study examines how educational attainment influences multiple dimensions of individual wellbeing across Europe, using data from Round 11 (2023/2024) of the *European Social Survey* for Spain, Finland, and Greece. An Augmented tree-Augmented naive Bayesian network (TAN) is applied to model the relationships between education and variables such as income, health, employment, digital engagement, happiness, and social interaction. The model achieves a robust classification accuracy of 71.09% and shows that higher education is systematically associated with better economic outcomes, improved health, greater digital engagement, and higher subjective wellbeing. It also contributes to reducing gender disparities in paid employment and mitigating the effects of ageing and health deterioration, supporting continued participation in the labour market and digital connectivity at older ages. However, the relationship between education and social interaction appears to be context-dependent. These findings underscore the multidimensional role of education as a driver of inclusion and resilience across life domains.

Keywords: education, wellbeing, *European Social Survey*, Bayesian networks, machine learning.

JEL classification: I20, I24, I31.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el estudio de la felicidad y el bienestar ha cobrado un gran impulso dentro de las ciencias sociales, reflejando un cambio más amplio hacia un desarrollo centrado en el ser humano (OCDE, 2024). Dentro de este panorama en evolución, la educación destaca como un derecho fundamental, catalizador del crecimiento económico y un factor crítico en la configuración del bienestar individual y colectivo (Seligman *et al.*, 2009). Sin embargo, la relación entre educación y felicidad sigue siendo controvertida, debido principalmente a las distintas definiciones y enfoques metodológicos de los especialistas (Bailey, 2009; Harmon *et al.*, 2003; Michalos, 2008). Esta investigación aborda este debate analizando, empíricamente, el papel polifacético de la educación y su influencia en la felicidad, la satisfacción vital y el bienestar en tres países europeos, aprovechando la capacidad de las redes bayesianas para gestionar interacciones complejas.

La prevalencia de visiones reduccionistas en las que la educación solamente se relaciona con los logros académicos formales y la felicidad con estados afectivos a corto plazo, se ha demostrado insuficiente, y exige un marco analítico más exhaustivo (Brown y Shay, 2021; Marquez y Main, 2021). Esta investigación postula que la educación ejerce efectos tanto directos como indirectos sobre el bienestar al mejorar las capacidades cognitivas, fomentar la autonomía y promover el compromiso cívico y social (Sen, 1999). Esta perspectiva más amplia está respaldada por investigaciones empíricas que vinculan los logros educativos y el aprendizaje permanente con la mejora de la salud, la estabilidad económica y el bienestar subjetivo (Kristoffersen, 2018; Marquez y Main, 2021; Michalos, 2008). En consecuencia, comprender la interacción entre la educación y el bienestar no solo reviste interés académico, sino que también es esencial para fundamentar políticas públicas.

Este análisis está relacionado con la literatura que examina la relación polifacética entre el nivel educativo y el bienestar subjetivo, basada en los marcos conceptuales que vinculan un mayor nivel educativo con una mayor satisfacción vital a través

de mecanismos directos e indirectos. La literatura destaca que la educación contribuye a unos mayores ingresos y mejores perspectivas de empleo y da forma a las expectativas individuales y a las comparaciones sociales, impactando en el bienestar subjetivo de formas complejas (Borgonovi y Pokropek, 2025; Coenen *et al.*, 2021; Powdthavee *et al.*, 2015). Este enfoque teórico se ajusta a nuestro modelo analítico al integrar múltiples dimensiones, como la situación económica, la interacción social y la salud percibida, proporcionando así una comprensión matizada de cómo los resultados educativos influyen en el bienestar general en diferentes contextos europeos.

Nuestro análisis se basa en un rico conjunto de datos generados por la *Encuesta social europea (ESS, por sus siglas en inglés)*, ronda 11 (2023/24), centrado en una submuestra correspondiente a España, Finlandia y Grecia. Esta muestra permite analizar las relaciones entre educación y bienestar subjetivo gracias a su estrategia de recopilación de datos (Schuck y Steiber, 2018). En total se recopilieron datos de más de 6.000 encuestados en estos tres países, seleccionados para representar a la población de 15 años o más a nivel nacional. Esta muestra contiene variables clave a nivel individual, como el nivel educativo y la satisfacción con la vida, así como una amplia gama de áreas complementarias, como la sociodemográfica, los ingresos familiares, el estado de salud, los comportamientos digitales (por ejemplo, el uso diario de Internet), la confianza social y la frecuencia de las interacciones sociales. Esta cobertura multidimensional permite explorar tanto las asociaciones directas como las complejas interacciones entre educación y bienestar en diversos contextos europeos. Su diseño mejora su potencial analítico, al tener en cuenta las diferencias culturales, institucionales y socioeconómicas entre países, lo que facilita la comprensión más allá de las interpretaciones a nivel nacional (Buttler, 2022; Schuck y Steiber, 2018).

Nuestra investigación amplía el análisis económico tradicional mediante la incorporación de metodologías avanzadas de aprendizaje automático, específicamente a través de una Red Bayesiana ingenua aumentada de árbol (TAN, por sus siglas en

inglés). Las redes bayesianas, ofrecen capacidad predictiva y de representación de las relaciones condicionadas entre múltiples variables (Ballestar *et al.*, 2022; Bielza y Larrañaga, 2014; Marcot y Penman, 2019). Este enfoque nos permite cuantificar los impactos directos del logro educativo en el bienestar y explorar interdependencias complejas entre diversas dimensiones socioeconómicas y psicológicas. Mediante el uso de modelos TAN, nuestro análisis captura información relevante que contribuye a avances en la literatura, haciendo hincapié en la precisión, interpretabilidad y fiabilidad predictiva de las técnicas de aprendizaje automático.

El resto del artículo se organiza como sigue. La sección segunda presenta el marco teórico que sustenta la relación entre el nivel educativo y el bienestar subjetivo, basándose en la economía, la psicología y la sociología para esbozar los principales mecanismos que vinculan estas dimensiones. La tercera sección describe los datos y la muestra, detallando el diseño de la ESS, la construcción de las variables clave y la justificación de la selección de los tres países: España, Finlandia y Grecia. La sección cuarta explica el enfoque metodológico, utilizando TAN, incluyendo sus ventajas para la modelización probabilística y el análisis multidimensional. La quinta sección presenta los resultados empíricos, centrándose en las relaciones previstas entre educación y satisfacción vital y destacando las variaciones entre grupos demográficos y contextos nacionales. Por último, la sección sexta resume las conclusiones y analiza las implicaciones de los resultados para la política de investigación, mientras que la sección séptima propone posibles líneas de investigación futuras.

II. MARCO TEÓRICO

La educación mejora el bienestar individual, pero la relación es compleja y está mediada por múltiples factores (Vanderweele, 2017). La teoría clásica del capital humano (Becker, 1964) ofrece una perspectiva fundacional: la educación genera habilidades y conocimientos que mejoran las perspectivas de empleo y los ingresos, lo que debería elevar la calidad de vida a través de una mayor

seguridad económica y acceso a la salud. En línea con esto, muchos economistas y educadores han favorecido la inversión pública en educación bajo la premisa de que mejora la calidad de vida en general. Al mismo tiempo, la investigación ha revelado que la relación entre educación y bienestar subjetivo no es directa (Agasisti *et al.*, 2021; Coenen *et al.*, 2021).

Trabajos recientes subrayan que, al evaluar el impacto de la educación, debemos distinguir entre derivas horizontales, es decir, diferencias transversales en el bienestar en un momento dado, como abordaremos en esta investigación, y las trayectorias verticales, que hacen referencia a los cambios en el bienestar a lo largo de la vida (Araki, 2022; Borgonovi y Pokropek, 2025; Powdthavee *et al.*, 2015). Por ejemplo, utilizando datos de panel australianos, Powdthavee *et al.* (2015) descubrieron que la asociación directa entre los años de educación y la satisfacción vital actual era ligeramente negativa. Sin embargo, los beneficios indirectos de la educación a lo largo de la vida son sustanciales. Mediante el empleo de ecuaciones estructurales evidencian que la educación mejora el bienestar a través de trayectorias vitales verticales, mayores ingresos, mejor empleo, formación familiar y salud, incluso cuando el efecto horizontal inmediato neto de esos factores era negativo. En otras palabras, la trayectoria vertical del bienestar de un individuo con estudios tiende a aumentar con el tiempo a través de las ventajas acumuladas, a pesar de las modestas o incluso adversas instantáneas horizontales cuando nos centramos únicamente en el presente y mantenemos constantes los resultados.

Para comprender cómo influye la educación en el bienestar es preciso desentrañar sus efectos directos e indirectos. La educación influye en numerosos resultados de los adultos que conforman el bienestar subjetivo (Borgonovi y Pokropek, 2025). Powdthavee *et al.* (2015) identificaron cinco ámbitos clave a través de los cuales la educación puede afectar a la satisfacción vital: i) los ingresos, un mayor nivel educativo suele aumentar los ingresos y la estabilidad económica; ii) empleo, la educación mejora las perspectivas laborales y las condiciones de trabajo (por ejemplo, menor desempleo, trabajo más satisfactorio); iii) vida familiar, la educación

suele afectar al momento y la estabilidad del matrimonio y a la capacidad de mantener a los hijos; iv) salud, los individuos más educados tienden a tener mejor salud y comportamientos saludables; y v) la *calidad de vida* en general, que es, implícitamente, el agregado de estos factores.

Al modelizar estas vías conjuntamente, demostraron que el efecto indirecto total de la educación en la satisfacción vital a través de la mejora de los ingresos, el empleo, los resultados familiares y la salud es positivo y relevante. Esta conclusión implica que fijarse en una simple correlación entre educación y felicidad, puede ser engañoso. El aparente efecto nulo o negativo de la educación en algunos estudios transversales podría reflejar que la educación también aumenta las aspiraciones o el estrés (deprimiendo la satisfacción actual). Al mismo tiempo, sus beneficios se materializan en mejoras vitales posteriores.

Una explicación del ambiguo efecto directo de la educación reside en cómo la educación modifica las expectativas y las comparaciones sociales de las personas. La teoría de las discrepancias múltiples propuesta por (Michalos, 2005) proporciona una importante lente psicológica. Esta teoría señala que las discrepancias determinan el bienestar que los individuos perciben entre sus condiciones actuales y diversos puntos de referencia, incluidas sus circunstancias pasadas, sus aspiraciones o resultados ideales, los resultados de otras personas de su entorno y lo que creen merecer (Araki, 2022). La educación puede influir en estos puntos de referencia de formas complejas. Por un lado, la obtención de una educación superior puede aumentar las propias aspiraciones (ingresos, estatus, etc.) y cambiar el grupo de comparación por otros más favorecidos, lo que puede ampliar la brecha entre la vida actual y los niveles deseados o comparativos (Borgonovi y Pokropek, 2025). Si un egresado universitario espera un trabajo de prestigio y un salario alto, pero se queda subempleado, la decepción puede reducir la satisfacción vital en relación con las expectativas. Esto concuerda con la idea de que las personas con mayor nivel educativo pueden ser menos felices si sus aspiraciones superan a la realidad, un fenómeno observado en algunas encuestas (Araki, 2022; Tan et al., 2020).

La educación también puede reducir las diferencias respecto a los puntos de referencia abriendo oportunidades que acerquen la realidad a los propios objetivos. En contextos en los que la educación superior conduce a un trabajo aspiracional, puede reducir la discrepancia entre “lo que quiero” y “lo que tengo”, aumentando así la satisfacción. La idea de Michalos (2005) es que el efecto de la educación en el bienestar dependerá de si aumenta las expectativas o ayuda a cumplirlas. El efecto neto puede ser positivo en sociedades o situaciones en las que la ampliación de la educación crea muchas oportunidades nuevas. Sin embargo, las expectativas no cumplidas pueden generar frustración cuando la educación prolifera sin oportunidades acordes (por ejemplo, muchos universitarios que persiguen pocos puestos de trabajo). Esta perspectiva ayuda a explicar por qué el vínculo educación-felicidad parece a veces débil o negativo: el efecto de punto de referencia psicológico puede contrarrestar las ganancias materiales (Borgonovi y Pokropek, 2025).

En la base de estos debates está la propia definición de “bienestar”. El bienestar es un concepto multidimensional que abarca aspectos hedónicos y eudaimónicos. El bienestar hedónico se refiere a la experiencia de placer y sentimientos positivos, a menudo medidos como felicidad o satisfacción vital. En cambio, el bienestar eudaimónico se refiere al significado, la autorrealización y el funcionamiento óptimo en la vida. Ryan y Deci (2001) los distinguen: el enfoque hedónico “se centra en la felicidad y define el bienestar en términos de consecución del placer y evitación del dolor”, mientras que el enfoque eudaimónico “se centra en el significado y la autorrealización y define el bienestar en términos del grado en que una persona funciona plenamente”. La educación puede contribuir a ambas formas, pero quizá de maneras diferentes. Por ejemplo, los beneficios económicos y sanitarios de la educación contribuyen a la comodidad y la seguridad, apoyando el bienestar hedónico (mayor satisfacción vital, menos estrés). Al mismo tiempo, la educación puede enriquecer el bienestar eudaimónico al fomentar el crecimiento personal, el conocimiento, la autonomía y un sentido de propósito en la vida. Ryan y Deci (2001) sostienen que la satisfacción de las necesidades

psicológicas básicas (competencia, autonomía y relación) es clave para la felicidad eudaimónica; la educación, cuando da independencia, puede ayudar a satisfacer estas necesidades aumentando las habilidades personales (competencia), fomentando el pensamiento independiente (autonomía) y proporcionando redes sociales (relación).

Los estudios empíricos sugieren que la educación está más estrechamente relacionada con la dimensión cognitiva y evaluativa del bienestar (sentido de la vida, consecución de objetivos) que con el afecto positivo cotidiano (Araki, 2022; Frey y Stutzer, 2002; Marquez y Main, 2021) En términos políticos, esto significa que, incluso si el aumento del nivel educativo no siempre produce grandes saltos en la felicidad autodeclarada, aún puede mejorar sustancialmente el sentido de propósito, la pertenencia social y el crecimiento personal de las personas, resultados alineados con el bienestar eudaimónico (Borgonovi y Pál, 2016). Una persona con estudios puede manifestar una satisfacción vital moderada (hedónica), una gran realización personal y una contribución a la sociedad (eudaimónica). Un marco integral para la educación y el bienestar debe tener en cuenta tanto los resultados hedónicos (es decir, las puntuaciones de satisfacción con la vida) como los resultados eudaimónicos (por ejemplo, las medidas de florecimiento psicológico), ya que ambos están relacionados, pero son distintos.

La influencia de la educación en el bienestar también opera a través del desarrollo de los recursos psicológicos individuales (Araki, 2022). La escolarización formal y la experiencia educativa pueden moldear rasgos no cognitivos como la resiliencia, la capacidad de hacer frente a los retos, y la autocompasión, la tendencia a ser amable con uno mismo ante los fracasos. Estos recursos personales tienen importantes implicaciones para la salud mental y la felicidad (Michalos, 2008). Un estudiante que se enfrenta a dificultades académicas, pero aprende a perseverar y adaptarse (alta resiliencia) probablemente manejará las adversidades de la vida con mayor eficacia y mantendrá un mayor bienestar que otro que no haya desarrollado esas habilidades. Del mismo modo, un entorno educativo que promueva el aprendizaje a partir de

los errores puede fomentar la autocompasión. Las investigaciones indican que la autocompasión está estrechamente relacionada con la salud mental positiva y el bienestar subjetivo (Marquez y Main, 2021). Los individuos con mayor autocompasión tienden a experimentar menos ansiedad y depresión y una mayor satisfacción vital, en parte porque evitan la trampa de la autocrítica y el perfeccionismo irreal (Neff, 2003)

Las administraciones educativas reconocen cada vez más el valor de los programas de aprendizaje socioemocional que enseñan habilidades de afrontamiento, regulación emocional y autoempatía junto con el contenido académico (Marquez y Main, 2021). La educación puede crear resiliencia a través de relaciones de tutoría, retroalimentación constructiva y oportunidades para superar desafíos, que amortiguan el estrés y contribuyen a un sentido de competencia y optimismo. Borgonovi y Pál (2016), en el contexto del bienestar de los estudiantes, señalan que el bienestar psicológico es uno de los dominios más relevantes del bienestar en los entornos educativos. Al fortalecer los recursos internos como la valentía, el optimismo y la compasión hacia uno mismo, la educación afecta a los logros de los estudiantes y a cómo se sienten sobre sí mismos y sus vidas. Estas vías psicológicas suelen ser menos visibles que los beneficios económicos, pero son un vínculo clave entre la educación y la salud emocional a largo plazo.

Más allá de los rasgos y las experiencias individuales, el contexto más amplio en el que se produce la educación, es decir, el contexto cultural, económico y político, determina de manera decisiva la relación entre educación y bienestar. Borgonovi y Pál (2021) destacan que el beneficio marginal de la educación adicional para el bienestar de un individuo tiende a disminuir en las sociedades con un nivel educativo superior generalizado. Cuando un título universitario se convierte en algo común, su valor relativo en el mercado laboral puede caer (un fenómeno de inflación de credenciales), y la competencia por puestos de trabajo puede intensificarse (Akerlof y Kranton, 2002). Esto podría explicar en parte por qué las correlaciones entre educación y felicidad pueden ser más débiles en los países muy desarrollados.

La educación también tiene beneficios colectivos a nivel social. Borgonovi y Pál observan que la difusión general de competencias en una sociedad, es decir, tener una población más educada en general, se asocia positivamente con la satisfacción vital de la población. Un mayor nivel de educación general puede fomentar el capital social, el compromiso cívico y una mejor gobernanza, que mejoran la calidad de vida de todos (Ballestar *et al.*, 2022). Esta perspectiva sistémica sugiere que el valor de la educación para el bienestar debe considerarse en términos individuales y en términos de externalidades y efectos a nivel comunitario (por ejemplo, menor delincuencia, más innovación y productividad, voto informado), contribuyendo a las condiciones que hacen que la vida sea satisfactoria.

La cultura y la gestión escolar también desempeñan un papel. Brown y Shay (2021) critican la reciente tendencia educativa que hace hincapié en la resiliencia individual como clave del bienestar de los alumnos. Sostienen que un enfoque estrecho en “enseñar resiliencia” o habilidades de carácter enmarca el bienestar como un rasgo individual, descuidando los aspectos relacionales y basados en la identidad en los que influyen las escuelas. Brown y Shay proponen un marco de construcción de la identidad para el bienestar de los estudiantes, haciendo hincapié en la superación de la adversidad y el desarrollo de un sentido seguro y positivo de sí mismo dentro de una comunidad de apoyo. Su investigación cualitativa con jóvenes de Inglaterra y estudiantes indígenas de Australia revela que los adolescentes definen su bienestar en términos de pertenencia social, afirmación cultural y sensación de ser escuchados, no solamente de calma emocional o valor personal. Desde este punto de vista, la educación es un vehículo para la formación de la identidad y la integración social. Una escuela que crea un entorno de inclusión, respeto por las diversas identidades y voz de los alumnos puede mejorar el bienestar al satisfacer las profundas necesidades de los jóvenes de relación y autenticidad (elementos eudaimónicos clave).

El contexto importa: el mismo plan de estudios puede conducir a resultados de bienestar muy diferentes dependiendo de si el clima escolar es competitivo o afectuoso, y de si las narrativas sociales

más amplias (es decir, el éxito y el fracaso) inducen a la presión o están orientadas al crecimiento. El trabajo de Brown y Shay nos recuerda que los factores sistémicos —como las prioridades de la política educativa, las normas culturales en la escolarización y los valores de la comunidad— determinan fundamentalmente la forma en que la educación se traduce en bienestar para los alumnos.

Estas reflexiones revelan cómo la educación y el bienestar están interrelacionados. La educación afecta al bienestar a través de múltiples vías, a veces contrapuestas: mejorando las condiciones económicas y la seguridad material, configurando el desarrollo psicológico (competencias, resiliencia, autoconcepto), proporcionando un significado cultural y basado en la identidad, y alterando el contexto sistémico en el que viven los individuos. Las aspiraciones o el estrés que compensan las ganancias hedónicas de la educación, como la satisfacción vital derivada de un buen trabajo y unos ingresos, mientras que las ganancias eudaimónicas (crecimiento personal, autonomía e identidad social) pueden ser sustanciales (Akerlof y Kranton, 2002; Marquez y Main, 2021). Los factores contextuales —desde los antecedentes familiares hasta los niveles nacionales de educación— moderan estos efectos, garantizando que el impacto de la educación en el bienestar varíe según los distintos entornos y poblaciones.

La presencia de efectos positivos indirectos y potenciales efectos adversos directos significa que los investigadores deben adoptar modelos globales para evaluar la influencia de la educación. Al reconocer los beneficios del capital humano, la dinámica de las expectativas, los recursos psicológicos y el contexto social, comprendemos por qué la educación se asocia generalmente a una mejor calidad de vida, aunque el vínculo bivariado con la “felicidad” resulte a veces desconcertante. Este marco global prepara el terreno para el análisis empírico: justifica el examen de si la educación y el bienestar están conectados y cómo y a través de qué canales se desarrolla esta conexión. Este enfoque es esencial para interpretar las conclusiones sobre el papel de la educación en el bienestar y para orientar las políticas que maximizan el rendimiento de las inversiones en educación en términos de bienestar.

Partiendo de la base teórica anterior, nuestro estudio explora cómo el nivel educativo determina los resultados individuales en múltiples dimensiones de la vida, basándose en ocho hipótesis interrelacionadas. La educación funciona como facilitadora del progreso material, a través de la mejora de los ingresos, la salud y la capacidad de adaptación al mercado laboral (Becker, 1964; Harmon *et al.*, 2003), y como catalizador psicológico que transforma las expectativas, los comportamientos y las percepciones de uno mismo (Michalos, 2005; Ryan y Deci, 2001). Estas funciones duales motivan la formulación de las siguientes hipótesis. La Hipótesis 1 postula que una Red TAN puede modelar eficazmente las relaciones condicionales y multidimensionales entre el nivel educativo y los resultados en bienestar, salud y comportamiento. La hipótesis 2 se centra en el bienestar económico y sugiere que las personas con un mayor nivel educativo tienen más probabilidades de declarar unos ingresos familiares más elevados y una valoración subjetiva más positiva de su situación económica. La hipótesis 3 vincula la educación con la salud autopercibida, proponiendo que los individuos con mayor nivel educativo declaran tener mejor salud y menos limitaciones funcionales, lo que refleja el papel protector de la educación frente al deterioro de la salud.

Las hipótesis 4 a 6 amplían este marco examinando el empleo, el compromiso digital y la igualdad de género. La hipótesis 4 afirma que el nivel educativo se asocia con la participación continuada en el empleo, especialmente relevante en poblaciones de edad avanzada en las que la educación puede amortiguar la salida del mercado laboral debido al deterioro de la salud. La Hipótesis 5 propone que las personas con un mayor nivel educativo hacen un uso más frecuente, variado e intencionado de Internet, adaptando su comportamiento digital a las necesidades personales y profesionales, lo que refleja cómo la educación fomenta la inclusión digital. La hipótesis 6 aborda la dimensión de género: sugiere que la educación superior reduce las disparidades de género en el empleo, facilitando un mayor acceso de las mujeres al trabajo remunerado y promoviendo una distribución más equitativa entre las categorías profesionales.

La hipótesis 7 introduce un resultado evaluativo más directo al afirmar que el nivel educativo se

asocia positivamente con la felicidad autodeclarada. Los individuos con estudios superiores tienen más probabilidades de declarar niveles más altos de felicidad, lo que refleja el papel de la educación como factor que contribuye al bienestar subjetivo. La hipótesis 8 hace hincapié en la dimensión social, proponiendo que la educación superior se asocia positivamente con la frecuencia de las interacciones sociales. Las personas con estudios mantienen contactos más regulares con amigos, familiares o compañeros, lo que refleja el papel de la educación en el fomento de la participación social como componente clave del bienestar individual.

En conjunto, estas ocho hipótesis operacionalizan una comprensión multidimensional y sensible al contexto del nexo entre educación y bienestar. Permiten una exploración basada en datos, utilizando TAN, de cómo la educación influye en la satisfacción vital y los dominios asociados, económico, social, psicológico y digital, a través de diversos grupos de población y contextos nacionales en Europa.

III. RECOGIDA DE DATOS Y DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES EN EL MÉTODO MACHINE LEARNING

Utilizamos datos de la Ronda 11 (2023/2024) de la *Encuesta social europea ESS* para explorar empíricamente cómo el nivel educativo puede influir en el bienestar y la calidad de vida de los individuos. La ESS es una encuesta transnacional de carácter académico que se lleva a cabo en toda Europa desde su creación en 2001. Cada dos años se realizan entrevistas cara a cara con muestras transversales recién seleccionadas. Su rigurosa metodología y su larga dedicación a la excelencia garantizan la solidez y comparabilidad de los datos recogidos.

Como señala el profesor Rory Fitzgerald, director del ESS ERIC, “la ESS ya se ha consolidado como un pilar fundamental del Espacio Europeo de Investigación. Además, sus métodos y su programa de investigación metodológica garantizan que la infraestructura siga siendo ‘puntera’ y contribuye a situar a Europa como líder mundial en términos de ciencias sociales comparadas” (ESS ERIC, 2025).

Esta encuesta incluye ítems relacionados, entre otros, con la confianza social y en los medios de comunicación, la salud y la desigualdad, la satisfacción con la vida, la felicidad y el bienestar subjetivo, la percepción de equidad e inclusividad del sistema educativo, y la confianza ciudadana tanto en la educación como en la inteligencia Artificial (IA). De este amplio abanico de indicadores, y siguiendo la literatura mencionada, seleccionamos once variables que recogen información sociodemográfica, sobre el uso de los medios de comunicación y el bienestar subjetivo, en función de su potencial para explicar cómo influye el nivel educativo en diferentes dimensiones de la vida de los ciudadanos.

Para tener en cuenta la diversidad cultural en toda Europa, centramos nuestro análisis en tres países con características culturales muy diversos: España, Finlandia y Grecia. Según el *Informe sobre la Felicidad en el Mundo 2025* (Helliwell et al., 2025), Finlandia ocupa el primer lugar en el índice de evaluación de la vida (media de tres años) con una puntuación de 7,736, seguida de España en el puesto 38 (6,466) y Grecia en el 81 (5,776). Estos países muestran una marcada variación regional en logros educativos y bienestar, así como un elevado interés público por la digitalización y la IA (Marquez y Main, 2021).

La ESS incluye respuestas de 1.844 residentes españoles, 1.563 finlandeses y 2.757 griegos, lo que da un total de 6.164 encuestados considerados en nuestra investigación, el 29,92 por 100, el 25,36 por 100 y el 44,73 por 100 de la muestra, respectivamente. La población incluida en la muestra está formada por todas las personas mayores de 15 años (sin límite superior de edad) que residen en hogares de cada país, independientemente de su nacionalidad, ciudadanía o idioma. El cuadro n.º A1 (anexo) presenta la descripción y las estadísticas descriptivas de las 11 variables seleccionadas para esta investigación.

Las variables seleccionadas para nuestro modelo cubren un amplio abanico de dimensiones relevantes para entender la relación entre la educación y la vida de los individuos. Concretamente, se componen de variables sociodemográficas (país de residencia, sexo, actividad profesional principal, nivel de ingresos del hogar y percepción de ingresos adecuados), comportamientos digitales

(uso diario de Internet), indicadores de bienestar subjetivo (felicidad autodeclarada y frecuencia de las interacciones sociales) y variables relacionadas con la salud (estado de salud autoevaluado y limitaciones en las actividades cotidianas debidas a problemas de salud de larga duración). La principal variable dependiente *Nivel de estudios*, es dicotómica e indica si el encuestado tiene estudios superiores o no. Esta variable recodifica la variable ISCED (International Standard Classification of Education) original (nivel más alto de educación) clasificando a los individuos según hayan completado estudios superiores (universidad o formación profesional avanzada) o no, basándose en la clasificación europea estandarizada.

IV. MÉTODO Y ANÁLISIS EMPÍRICO

Escojemos el modelo *Tree-Augmented Naïve Bayesian Network (TAN)* (Elsalamony, 2014; Fitzek et al., 2020) aplicado a once variables de la ESS, con el objetivo de capturar y explicar la influencia del nivel educativo en diversas dimensiones de la vida, incluyendo el estatus económico, la participación social, la inclusión digital y el bienestar general, centrándonos en las diferencias entre tres países europeos con antecedentes culturales contrastados: España, Finlandia y Grecia.

Las redes bayesianas ingenuas aumentadas de árbol (TAN) son un tipo restringido de red bayesiana (BN), en las que cada predictor depende de otro predictor además de la variable objetivo (Ballestar et al., 2023; Shastri et al., 2017). Este método es uno de los algoritmos de clasificación más eficaces y eficientes y se ha hecho muy popular debido a su simplicidad y gran precisión de predicción (Elsalamony, 2014; Shi y Li, 2006; Shi y Huang, 2002). Las BN son modelos gráficos probabilísticos basados en una intersección entre la estadística y el aprendizaje automático (Bielza y Larrañaga, 2014; Shastri et al., 2017). Consisten en grafos acíclicos dirigidos que enlazan variables mediante probabilidades condicionales, donde las salidas son probabilidades calculadas mediante el teorema de Bayes (Fenton y Neil, 2014; Koski y Noble, 2011; Marcot y Penman, 2019) que permiten la toma de decisiones para el análisis y gestión de riesgos (Aalders, 2008;

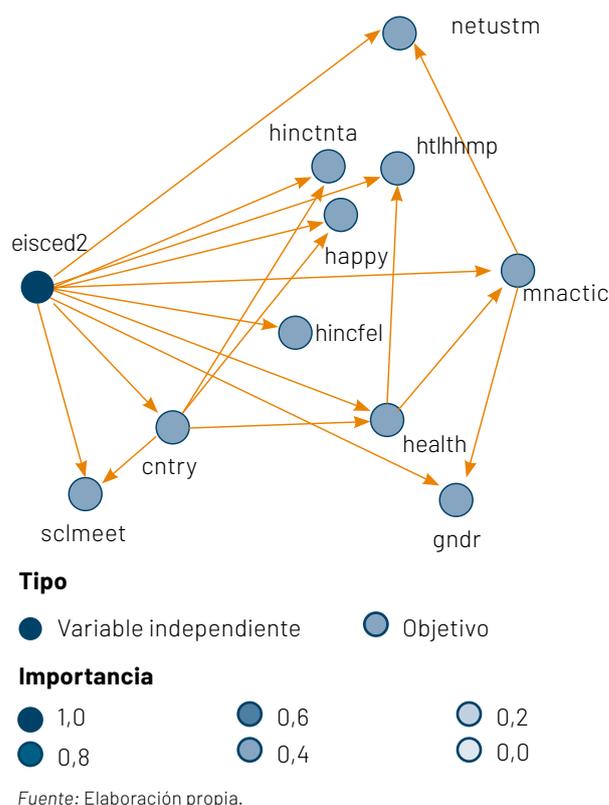
Farmani *et al.*, 2012). Este tipo de modelos son útiles para predecir la probabilidad de que una muestra pertenezca a una clase o grupo determinado, y para encontrar dependencias causa-efecto entre variables. Esto hace que sean ampliamente utilizados para el análisis de datos, incluida su aplicación específica en esta investigación (Cheon *et al.*, 2009; Elsalamony, 2014; Hanea *et al.*, 2012; Landuyt *et al.*, 2013; Marcot y Penman, 2019).

Nuestra red TAN capta la influencia del nivel educativo en varias dimensiones de la vida, utilizando la información proporcionada por las variables de entrada que incluyen factores sociodemográficos (país de residencia, sexo, actividad profesional, nivel de ingresos y percepción de ingresos adecuados), comportamientos digitales (uso diario de Internet), indicadores de bienestar subjetivo (felicidad auto-declarada y frecuencia de las interacciones sociales) y variables relacionadas con la salud (estado de salud autoevaluado y limitaciones en las actividades diarias debido a problemas de salud de larga duración) (cuadro A1 del anexo). En nuestro caso, este modelo apoya tanto la predicción del nivel educativo como la exploración de sus relaciones condicionales con múltiples ámbitos de la vida.

El gráfico 1 muestra el modelo gráfico TAN, en el que las variables de entrada y salida se ilustran como nodos, con arcos que representan las interdependencias probabilísticas, o condicionales, entre ellas. Estos arcos muestran las relaciones entre variables, pero no implican necesariamente causalidad directa. El modelo TAN es un marco probabilístico que estima la probabilidad de sucesos basándose en atributos aparentemente independientes, en el que cada predictor puede depender no solo de la variable objetivo, sino también de otro predictor, lo que aumenta la precisión global de la clasificación (Elsalamony, 2014).

El entrenamiento de la red TAN se realizó aplicando una metodología de entrenamiento, prueba y validación (siglas TTV, en inglés) (Ballestar *et al.*, 2022). Esta metodología consiste en entrenar el modelo con el 70 por 100 (4.289 registros) de la muestra, testear con el 20 por 100 (1.252 registros) de la muestra y validar con el 10 por 100 de la muestra (623 registros).

GRÁFICO 1
RED BAYESIANA INGENUA AUMENTADA DE ÁRBOL (TAN)



Antes de entrenar el modelo, es importante señalar que la distribución de la variable objetivo, el nivel de estudios (*eisced2*), está desequilibrada: 3.869 de los participantes (62,77 por 100) tienen estudios no superiores, y 2.295 (37,23 por 100) tienen estudios superiores. Por países, la proporción de personas sin estudios superiores es del 62,96 por 100 en España, del 48,50 por 100 en Finlandia y del 70,73 por 100 en Grecia, mientras que los estudios superiores representan el 37,04 por 100, el 51,50 por 100 y el 29,27 por 100, respectivamente.

Como este sesgo podría repercutir negativamente en la fase de entrenamiento del modelo, hemos aplicado un método de sobremuestreo en el grupo infrarrepresentado (personas con estudios superiores) para equilibrar la muestra de entrenamiento hasta 3.266 registros (el 46 por 100 de la muestra). Equilibrando la muestra nos aseguramos de que ambos grupos de estudiantes estarán igual-

GRÁFICO 2
CURVA ROC (CARACTERÍSTICA OPERATIVA DEL RECEPTOR) PARA LA MUESTRA COMPLETA

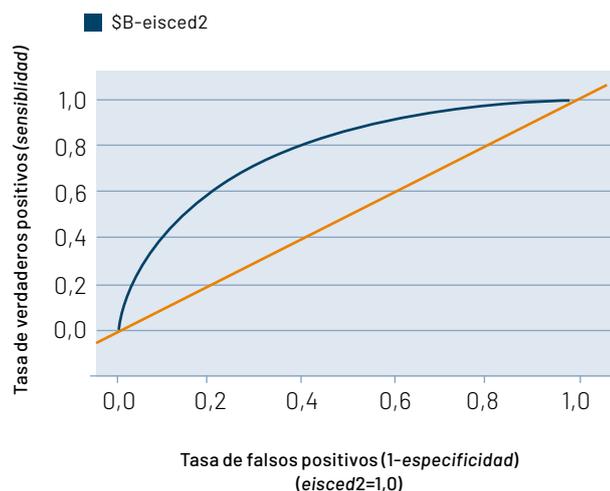
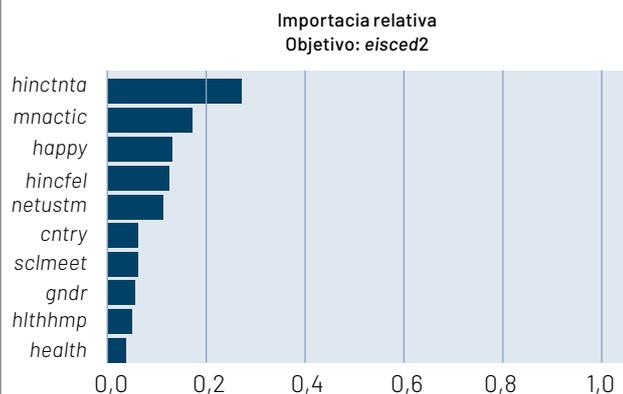


GRÁFICO 3
IMPORTANCIA RELATIVA DE LAS VARIABLES DE ENTRADA EN LA RED TAN



mente representados a la hora de entrenar el modelo. La muestra de prueba y validación sigue sin estar equilibrada (Ballestar *et al.*, 2022). Este método de sobremuestreo no afecta a la representatividad ni a los pesos de cada país en la muestra final, que permanece prácticamente inalterada (29,81 por 100 para España, 26,38 por 100 para Finlandia y 43,81 por 100 para Grecia). El gráfico 1 muestra la red bayesiana TAN obtenida para los marcos conceptuales de la influencia del nivel educativo

en varias dimensiones de la vida en términos de geografía, estatus económico, implicación social, inclusión digital y bienestar general.

1. Evaluación del modelo

Las medidas para evaluar el rendimiento de la red TAN fueron la precisión de la clasificación, la *sensibilidad*, la *especificidad*, el área bajo la curva ROC (llamada comúnmente AUC -por sus siglas en inglés, área bajo la curva)(gráfico 2) y el coeficiente de Gini.

La matriz de confusión contiene el porcentaje de casos clasificados correcta e incorrectamente para los dos valores posibles de la variable objetivo (Nivel de educación; 0 = educación no superior y 1 = educación superior). Estos indicadores de precisión y la matriz de confusión están disponibles en el cuadro n.º A2 y se han calculado para la muestra total y también para cada una de las submuestras del modelo: entrenamiento, prueba y validación.

El gráfico n.º A2 muestra que la precisión global de clasificación de la red bayesiana es del 71,09 por 100, lo que corresponde a una tasa de error del 28,91 por 100 que puede considerarse robusta.

En esta investigación, la variable objetivo *eisced2* (Nivel de estudios) es booleana. Por tanto, la precisión representa el porcentaje de acierto a la hora de predecir si un participante en la encuesta tendrá o no estudios superiores en función de otras características de diversas dimensiones de la vida, como factores sociodemográficos, comportamientos digitales, indicadores de bienestar y variables relacionadas con la salud (cuadro n.º A1 del anexo).

Este indicador de precisión de la clasificación es muy similar en todas las submuestras de árboles: 71,90 por 100 para el entrenamiento; 70,29 por 100 para la de prueba; y 71,87 por 100 para la validación, lo que confirma que el modelo no estaba sobreentrenado.

El porcentaje de verdaderos positivos (VP), también llamado *sensibilidad*, fue del 72,25 por 100. Este valor denota el porcentaje de encuestados que han sido clasificados correctamente como

personas que han finalizado estudios superiores por la TAN basándose en las características del encuestado, que incluyen factores sociodemográficos (país de residencia, sexo, actividad profesional principal, nivel de ingresos del hogar y percepción de ingresos adecuados), comportamientos digitales (uso diario de Internet), indicadores de bienestar subjetivo (felicidad autodeclarada y frecuencia de interacciones sociales) y variables relacionadas con la salud (estado de salud autoevaluado y limitaciones en las actividades diarias debidas a problemas de salud de larga duración).

El porcentaje de verdaderos negativos (VN), también llamado *especificidad*, fue del 70,41 por 100. Este valor se refiere al porcentaje de encuestados que han sido clasificados correctamente como no poseedores de estudios superiores por el modelo a partir de las mismas variables de entrada dadas. Al mismo tiempo, los valores complementarios son el porcentaje de falsos negativos (FN), que es del 27,76 por 100 y refiere al porcentaje de encuestados que tienen estudios superiores, pero que fueron clasificados como que no los tenían. Por último, el porcentaje de falsos positivos (FP) es del 29,59 por 100, y denota el porcentaje de encuestados que no tienen estudios superiores, pero fueron clasificados como si los tuvieran. Según estos resultados, este modelo tiende a ser optimista en sus predicciones, ya que el porcentaje de falsos positivos (29,59 por 100) es mayor que el de falsos negativos (27,76 por 100) (Firth *et al.*, 2020).

Utilizamos el indicador de área debajo la curva ROC (AUC) como principal medida de la precisión de la red porque es más robusto que el indicador de precisión de la clasificación cuando se trabaja con muestras desequilibradas como en esta investigación (Chen *et al.*, 2008; Dželihodžić *et al.*, 2016; Jensen, 1992; Yin *et al.*, 2013). Esta evaluación del modelo mediante el área bajo la curva ROC (AUC) se realizó para la muestra total (0,787) y también para las submuestras de entrenamiento (0,797), prueba (0,758) y validación (0,749) obteniendo resultados muy similares. Estos AUC son superiores a 0,7, por lo que el modelo presenta una capacidad discriminativa aceptable (Hosmer Jr. *et al.*, 2013). De forma complementaria a este indicador, también se ha calculado el coeficiente de Gini. El coeficiente

de Gini está relacionado con el AUC que representa el doble del área entre la curva ROC y la diagonal (gráfico 2). Los coeficientes de Gini fueron de 0,573 para la muestra total, 0,595 para la muestra de entrenamiento, 0,516 para la muestra de prueba y 0,497 para la muestra de validación.

Estos resultados apoyan la hipótesis 1 porque la red TAN es un modelo robusto para captar la influencia del nivel educativo en varias dimensiones de la vida de los ciudadanos de Europa, utilizando información como factores sociodemográficos, comportamientos digitales, indicadores de bienestar subjetivo y variables relacionadas con la salud.

La importancia relativa de las variables proporciona información sobre la importancia de cada variable de entrada a la hora de realizar la predicción global en la Red (gráfico 2), pero no están relacionadas con la precisión del modelo.

Al tratarse de valores relativos, su suma es igual a 1. En este modelo, la variable que acumula el 25 por 100 de la importancia relativa es la renta neta total del hogar después de impuestos y deducciones obligatorias (*hinctnta*). Este resultado pone de manifiesto la importancia del nivel de estudios a la hora de predecir los ingresos de los ciudadanos europeos, aunque procedan de entornos y culturas diferentes.

Las variables con la segunda, tercera y cuarta importancia relativa más alta son la actividad profesional principal durante los últimos siete días (*mnactic*), con una importancia del 16 por 100, el nivel autodeclarado de felicidad (*happy*) y la percepción de suficiencia de los ingresos actuales del hogar (*hincfel*), ambas con una importancia del 12 por 100, y el uso diario de Internet (en minutos) en un día normal (*netustm*), con una importancia del 11 por 100.

Por último, las cinco variables siguientes en importancia son el país (*cntry*), la frecuencia de las interacciones sociales con amigos, parientes o colegas (*sclmeet*), con una importancia del 6 por 100; el sexo (*gndr*), con una importancia del 5 por 100; el grado en que las actividades cotidianas se ven limitadas por una enfermedad, discapacidad o problema de salud mental de larga duración (*hlthhmp*), con una impor-

tancia del 4 por 100; y el estado de salud autoevaluado (*health*), con una importancia del 3 por 100.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los puntos fuertes del método de la Red Bayesiana Ingenua Aumentada de Árbol (TAN) en esta investigación no es solo su capacidad para captar la influencia del nivel educativo en diversas dimensiones de la vida de los ciudadanos europeos, como la geografía, la situación económica, la participación social y la felicidad, la inclusión digital y el bienestar general, sino también su capacidad para proporcionar una representación detallada de la estructura de la red a través de probabilidades condicionales, lo que permite la identificación de relaciones y dependencias entre variables (Chen y Pollino, 2012). En las siguientes subsecciones, se presentan y explican las probabilidades condicionales y las relaciones entre variables capturadas por la red.

1. Nivel educativo y nivel de estudios por país

En esta investigación, el nivel de estudios (*eisced2*), definido como el hecho de que un individuo haya completado estudios superiores (1) o no (0), se trata como la variable objetivo. Sin embargo, más allá de servir como resultado, la educación también funciona como variable de referencia en todo el análisis, ya que la mayoría de todas las probabilidades condicionales se calculan con respecto a esta variable. Al situar la educación en el centro de la estructura probabilística de la TAN, examinamos cómo se ven afectados los distintos aspectos de la vida de los individuos en función de su nivel educativo. Este enfoque nos permite descubrir patrones de desigualdad y explorar el papel de la educación en la configuración del bienestar multidimensional en países europeos.

Nivel educativo general

El cuadro n.º A3 (anexo) muestra que, en los tres países, el 63 por 100 de los encuestados no tiene estudios superiores, mientras que el 37 por 100 sí los tiene. Esto refleja la distribución de la variable de nivel de estudios (*eisced2*) e indica que no está equilibrada, revelando una brecha educativa per-

sistente en los tres países. La variable binaria para la educación superior (0= educación no superior y 1= educación superior) es una recodificación de la variable *eisced* original, que distingue a los individuos que han completado la educación superior (universidad o formación profesional superior) de los que no la han completado.

Nivel educativo por país

Este desequilibrio en el nivel de estudios no es uniforme en todos los países, lo que pone de relieve las diferencias nacionales en el acceso a la enseñanza superior y su finalización. El cuadro n.º A4 (anexo) desglosa esta situación por país de residencia (*cntry*), mostrando la probabilidad condicional de residir en cada país en función de si el encuestado tiene estudios superiores o no. Finlandia tiene la mayor proporción de encuestados con estudios superiores (probabilidad de 0,44), seguida de España (0,31) y Grecia (0,25). Estas cifras sugieren que, entre los tres países, los encuestados finlandeses tienen el nivel educativo más alto, seguidos de españoles y griegos.

2. Percepción de la adecuación de los ingresos por nivel educativo y país

El cuadro n.º A5 (anexo) presenta las probabilidades condicionales de la variable *hincfel*, que recoge la percepción de los encuestados sobre la adecuación de los ingresos actuales de su hogar, por nivel educativo (*eisced2*) y país (*cntry*). En general, tener estudios superiores se asocia con una percepción más positiva de la situación económica en los tres países. En España, por ejemplo, la probabilidad de “vivir cómodamente” con los ingresos actuales es de 0,56 para los encuestados con estudios superiores, frente a 0,34 para los que no los tienen. Un patrón similar aparece en Finlandia (0,41 frente a 0,22) y Grecia (0,15 frente a 0,06), aunque las diferencias son menores.

Por el contrario, los encuestados sin estudios superiores tienen más probabilidades de declarar dificultades económicas. En Grecia, la probabilidad de entrar en las categorías “difícil” o “muy difícil” es de 0,51 para los que no tienen estudios superiores, frente a 0,30 para los que sí los tienen. En Finlandia, esta probabilidad es de 0,16 para los que no tienen

estudios superiores, frente a 0,10 para los que sí los tienen. En España, es de 0,22 sin estudios superiores, frente a 0,11 con estudios superiores.

España destaca como el país con la mayor brecha entre los individuos con y sin educación superior en términos de bienestar económico percibido (una diferencia de 0,22 en la probabilidad de declarar vivir cómodamente). Por el contrario, Grecia muestra la situación más precaria en general, independientemente del nivel educativo, con una probabilidad del 0,85 de “arreglárselas con los ingresos actuales” o “difícil” y “muy difícil” incluso para los encuestados con estudios superiores.

En resumen, estos resultados confirman la Hipótesis 2, ya que tener estudios superiores se asocia a una percepción más positiva de la propia situación económica en los tres países.

3. Distribución de la renta, nivel educativo y bienestar económico percibido

El cuadro n.º A6 (anexo) presenta las probabilidades condicionales de la variable *hinctnta*, que recoge los ingresos netos totales de los hogares (después de impuestos y deducciones obligatorias) agrupados por deciles de ingresos, junto con una categoría adicional (valor 0) para quienes no declararon sus ingresos. La información se desglosa por nivel educativo (*eisced2*) y país (*cntry*). Cuando se combina con el análisis de *hincfel* (percepción de la adecuación de los ingresos), surgen patrones claros y coherentes en los tres países.

En general, tener un mayor nivel educativo se asocia no solamente con una mejor percepción subjetiva del bienestar económico (*hincfel*), sino también con mayores niveles objetivos de ingresos (*hinctnta*). Esta relación es más evidente en Finlandia, donde los encuestados con estudios superiores tienen una probabilidad mucho mayor de pertenecer a los deciles superiores de ingresos. Por ejemplo, en Finlandia, la probabilidad de estar en el decil 9 o 10 de ingresos es de 0,31 para los que tienen estudios superiores, frente a solamente 0,08 para los que no los tienen. Esto concuerda con el dato anterior de que el 41 por 100 de los encuestados finlandeses con estudios

superiores afirman vivir cómodamente con sus ingresos actuales.

En España y Grecia, aunque se observa el mismo patrón general, una proporción significativa de los encuestados, sobre todo los que carecen de estudios superiores, no declaran sus ingresos (valor 0). Este dato alcanza el 0,19 en España y el 0,50 en Grecia. Esta falta de respuesta puede reflejar una falta de confianza, preocupaciones por la privacidad o incertidumbre económica, y debe tenerse en cuenta al interpretar las distribuciones de los ingresos.

A pesar de la elevada tasa de falta de respuesta en Grecia, los resultados siguen mostrando que los encuestados sin estudios superiores tienen menos probabilidades de pertenecer a los deciles de renta más altos. Por ejemplo, en Grecia, ninguno de los encuestados sin estudios superiores pertenece al decil 10 de ingresos, y su presencia en los deciles medios-altos sigue siendo limitada (probabilidad de 0,27 de estar en los deciles 4 a 6).

Esto coincide con los datos de percepción de *hincfel*, según los cuales solamente el 15 por 100 de los griegos con estudios superiores consideran que “viven cómodamente” con sus ingresos, y más del 51 por 100 de los que no tienen estudios superiores declaran tener dificultades económicas (“difíciles” o “muy difíciles”).

En resumen, estos resultados confirman la hipótesis 2, ya que el nivel educativo está estrechamente relacionado tanto con los ingresos reales como con la seguridad financiera percibida. Sin embargo, la fuerza y la consistencia de esta relación varían según el país. Finlandia muestra el patrón más coherente y sólido, mientras que, en Grecia, incluso la educación superior no garantiza el acceso a los tramos de ingresos más altos, agravado por un alto nivel de no declaración de ingresos que puede ocultar una mayor desigualdad.

4. Estado de salud autoevaluado por nivel educativo y país

El cuadro n.º A7 (anexo) presenta las probabilidades condicionales del estado de salud autoevaluado (*health*) por país (*cntry*) y nivel educativo (*eisced2*).

Estos resultados revelan un patrón consistente en España, Finlandia y Grecia: los individuos con estudios superiores tienen más probabilidades de informar sobre mejores resultados de salud.

En España, la probabilidad de declarar una salud “muy buena” o “buena” es de 0,69 entre quienes tienen estudios superiores, frente a 0,58 entre quienes no los tienen. En Finlandia, la diferencia es aún más pronunciada, pasando de 0,54 (sin estudios superiores) a 0,72 (con estudios superiores). El contraste más marcado se observa en Grecia, donde el 0,93 de los encuestados con estudios superiores declaran tener una salud “muy buena” o “buena”, frente al 0,77 de los que no los tienen. Sin embargo, incluso las personas sin estudios superiores en Grecia declaran tener mejor salud que grupos comparables, o incluso más instruidos, en España y Finlandia. Esto sugiere que tanto la educación como los factores específicos de cada país influyen en la percepción de la salud.

Por el contrario, la probabilidad de declarar una salud “regular”, “mala” o “muy mala” es sistemáticamente menor entre quienes tienen estudios superiores en los tres países. Por ejemplo, en Grecia, esta probabilidad desciende de 0,23 entre los que no tienen estudios superiores a solamente 0,06 entre los que sí los tienen.

Estos resultados confirman la hipótesis 3, según la cual el nivel educativo se asocia positivamente no únicamente con los resultados económicos, sino también con la salud autopercebida. Los resultados sugieren que la educación puede desempeñar un papel protector en la configuración del bienestar general de los individuos, potencialmente a través de la mejora de los conocimientos sanitarios, un estilo de vida más saludable y un mejor acceso a los recursos. Sin embargo, los resultados de Grecia ponen de relieve que los factores específicos de cada país también pueden desempeñar un papel fundamental en la configuración de las percepciones de la salud.

Limitaciones en las actividades diarias por estado de salud y nivel educativo

El cuadro n.º A8 (anexo) muestra las probabilidades condicionales de la variable *hlthhmp*, que

mide el grado en que las actividades cotidianas se ven limitadas por una enfermedad, discapacidad o trastorno mental de larga duración. Las probabilidades se presentan según el estado de salud autoevaluado (*health*) y el nivel educativo (*eisced2*).

Como era de esperar, las personas que declaran un peor estado de salud también declaran mayores limitaciones en las actividades cotidianas. Entre los encuestados sin estudios superiores, la probabilidad de declarar limitaciones graves de la actividad (*hlthhmp* = 1) es de 0,87 para los que califican su salud de “muy mala” (valor 5), y de 0,47 para los que declaran una salud “mala” (valor 4). Estas probabilidades son mayores que entre los encuestados con estudios superiores en las mismas categorías de salud (0,83 y 0,40 respectivamente).

Estos resultados sugieren que la educación desempeña un papel atenuante en el impacto funcional de los problemas de salud. Por ejemplo, entre las personas que declaran un estado de salud “regular” (valor 3), las que tienen estudios superiores tienen más probabilidades de declarar “ninguna limitación”, con una probabilidad de 0,54, que las que no tienen estudios superiores (0,53). Aunque las diferencias son modestas en algunas categorías, la tendencia se mantiene en todo el gradiente de salud.

En resumen, la educación parece estar asociada no únicamente a una mejor salud autopercebida, sino también a una menor probabilidad de limitaciones funcionales en la vida diaria, especialmente en el caso de las personas con un estado de salud intermedio o en declive. Estos resultados también confirman la hipótesis 3.

Actividad profesional principal por estado de salud y nivel educativo

El cuadro n.º A9 (anexo) muestra las probabilidades condicionales de la variable *mnactic*, que recoge la principal actividad profesional realizada durante los siete días anteriores. Las probabilidades están desagregadas por el estado de salud autoevaluado (*health*) y el nivel educativo (*eisced2*).

Los datos muestran una clara asociación entre el estado de salud, el nivel educativo y la actividad

laboral. En general, las personas con estudios superiores y mejor salud tienen más probabilidades de tener un empleo remunerado, mientras que las personas con estudios inferiores o peor salud se encuentran con más frecuencia en situación de desempleo, jubilación o inactividad. Este patrón se mantiene en los tres países.

Por ejemplo, entre los encuestados con “muy buena salud” ($health=1$), la probabilidad de tener un trabajo remunerado ($mnactic=1$) es de 0,86 para los que tienen estudios superiores y de 0,56 para los que no los tienen. El mismo patrón se mantiene, aunque con menor intensidad, entre los que gozan de “buena salud” ($health=2$), con probabilidades de 0,73 y 0,48 respectivamente.

A medida que disminuye el estado de salud, la probabilidad de tener un trabajo remunerado se reduce notablemente en ambos grupos de educación. En el caso de las personas con un estado de salud “regular” ($health=3$), la probabilidad de tener un trabajo remunerado desciende a 0,53 entre las personas con estudios superiores y a 0,26 entre las personas con estudios inferiores. En “mala” salud ($health=4$), estas cifras descienden aún más hasta 0,34 y 0,14 respectivamente. Para los que tienen una salud “muy mala”, la probabilidad de tener un trabajo remunerado es de 0,33 entre los que tienen estudios superiores y de únicamente 0,09 entre los que no los tienen.

En particular, la probabilidad de estar jubilado ($mnactic=6$) aumenta con el empeoramiento de la salud y es sustancialmente mayor entre los individuos sin estudios superiores. Entre los que tienen una salud “muy mala”, la probabilidad de jubilación es de 0,65 para los individuos sin estudios superiores, frente a 0,42 para los que sí los tienen. Del mismo modo, la probabilidad de estar “permanentemente enfermo o discapacitado” ($mnactic=5$) aumenta a medida que empeora la salud y es sistemáticamente más alta entre los que tienen menos estudios.

Estos resultados confirman la hipótesis 4 y ponen de relieve el doble papel protector de la salud y la educación en el mantenimiento del apego al mercado laboral. La educación superior parece amortiguar los efectos de un deterioro moderado

de la salud, permitiendo a los individuos permanecer más tiempo en el empleo remunerado. Sin embargo, cuando la salud se ve gravemente comprometida, la educación por sí sola no basta para evitar el abandono del mercado laboral, aunque mitiga la probabilidad en comparación con los individuos sin estudios superiores.

Esto es especialmente relevante en el contexto del envejecimiento de la sociedad europea, ya que sugiere que las personas con estudios superiores tienen más probabilidades de permanecer activas en el mercado laboral incluso en condiciones de salud subóptimas.

Uso diario de Internet por actividad profesional y nivel de estudios

El cuadro n.º A10 (anexo) presenta las probabilidades condicionales de la variable *netustm*, que recoge el uso diario de Internet en minutos en un día típico, agrupado en cinco tramos de uso. Los datos se desglosan según la actividad profesional principal de los individuos durante los siete días anteriores (*mnactic*) y el nivel educativo (*eiscsd2*).

Los resultados muestran que el uso diario de Internet es sistemáticamente mayor entre las personas con estudios superiores en la mayoría de las categorías de actividad profesional.

Por ejemplo, entre los que tienen un “trabajo remunerado” ($mnactic=1$), la probabilidad de utilizar Internet durante ≤ 288 minutos es de 0,60 para los individuos con educación superior, frente a 0,73 para los que no la tienen. En cambio, la probabilidad de que los individuos con estudios superiores utilicen Internet entre 288 y 864 minutos es de 0,39, frente a 0,26 para los que no tienen estudios superiores. Muy pocos individuos, independientemente de su nivel educativo, se sitúan en los tramos de mayor uso.

Para los que tienen “estudios” ($mnactic=2$), el uso de Internet es significativamente mayor en general. La probabilidad de encontrarse en el tramo de uso más bajo (≤ 288 minutos) es de 0,39 para las personas con estudios superiores y de 0,42 para las que no los tienen.

En particular, las personas con estudios superiores tienen una probabilidad combinada de 0,61 de estar en la franja de 288-864 minutos, frente a 0,56 de las que no los tienen, lo que convierte a este grupo en los usuarios más frecuentes en términos relativos en todas las categorías de actividad.

También cabe destacar que el grupo de “desempleados que no buscan trabajo” con estudios superiores muestra la mayor probabilidad de uso intensivo de Internet, con un 0,21 de individuos que pasan entre 576 y 864 minutos en línea al día.

Por el contrario, las “personas jubiladas” (*mnactic=6*) muestran un uso muy bajo de Internet (≤ 288 minutos) en general, con una probabilidad de 0,97 de quienes no tienen estudios superiores, frente a 0,95 de quienes sí los tienen. Se observa un patrón similar entre los individuos que están “permanentemente enfermos o discapacitados” (*mnactic=5*), aunque la diferencia es mayor en el tramo (≤ 288 minutos) con una probabilidad de 0,85 para los que no tienen estudios superiores, frente a 0,53 para los que sí los tienen. Esto sugiere que el acceso a Internet puede ofrecer una forma de apoyo y conexión social para las personas con mayor nivel educativo que se enfrentan a la inactividad relacionada con la salud.

Los que se dedican a las “tareas del hogar” (*mnactic=8*) también declaran un uso extremadamente bajo de Internet, con probabilidades de 0,92 para los que no tienen estudios superiores y de 0,88 para los que los tienen en el tramo ≤ 288 minutos.

Estos resultados confirman la hipótesis 5, ya que sugieren que el nivel educativo es un fuerte predictor de un uso más frecuente y diverso de Internet, incluso teniendo en cuenta la situación laboral. Aunque el uso varía naturalmente en función de la actividad (por ejemplo, los estudiantes, las personas con un empleo remunerado y los desempleados tienden a utilizar más Internet), tener estudios superiores desplaza sistemáticamente la distribución hacia un mayor compromiso digital, una consideración importante para las políticas de inclusión digital y el acceso a la información en una sociedad impulsada por la tecnología. Además,

el uso habitual de Internet entre los estudiantes puede traducirse en un compromiso digital sostenido a lo largo de la vida, reduciendo potencialmente la brecha digital entre los futuros jubilados.

Distribución por sexos según la actividad profesional y el nivel de estudios

El cuadro n.º 11 (anexo) presenta las probabilidades condicionales de la variable *gndr* (sexo), desagregadas por actividad profesional principal de los individuos durante los últimos siete días (*mnactic*) y nivel educativo (*eisced2*).

Los datos revelan claros patrones de segregación por sexos en los distintos tipos de actividad. En la mayoría de las categorías, los desequilibrios de género son evidentes y, en algunos casos, muy pronunciados.

En el “trabajo remunerado” (*mnactic=1*), hay más probabilidades de que las mujeres estén empleadas cuando tienen estudios superiores (0,53), frente a solamente 0,40 para las que no los tienen. Esto sugiere que la educación superior representa una oportunidad para que las mujeres accedan al empleo remunerado de forma más equitativa, contribuyendo a mitigar las desigualdades de género.

En “educación” (*mnactic=2*), la distribución por sexos está sesgada hacia las mujeres, especialmente en los estudios superiores. La probabilidad de ser mujer es de 0,64 entre los que tienen estudios superiores, y de 0,55 entre los que no los tienen. Existe una mayor probabilidad de que las mujeres participen en actividades educativas, especialmente en los niveles más avanzados.

La misma tendencia se observa en el “desempleo”, tanto para las que buscan trabajo (*mnactic=3*) como para las que no lo buscan (*mnactic=4*). La probabilidad de ser mujer desempleada es sistemáticamente superior a la de los hombres, y aún más entre las que tienen estudios superiores.

En concreto, la probabilidad de ser una mujer desempleada con estudios superiores que busca trabajo es de 0,75, frente a 0,25 para los hombres.

Entre los que no tienen estudios superiores, la probabilidad es de 0,59 para las mujeres y de 0,41 para los hombres. Del mismo modo, entre los que no buscan empleo, la probabilidad es de 0,63 para las mujeres y de 0,37 para los hombres con estudios superiores, y de 0,66 para las mujeres y de 0,34 para los hombres sin ellos.

Las disparidades de género se hacen especialmente marcadas en las categorías vinculadas a los cuidados o al trabajo no remunerado. En “tareas domésticas” (*mnactic*=8) la probabilidad de ser mujer alcanza 0,91 para las que tienen estudios superiores, y 0,96 para las que no los tienen, lo que indica claramente una distribución feminizada del trabajo no remunerado. Por el contrario, el “servicio comunitario o militar” es exclusivamente masculino en esta muestra, con una probabilidad de 1,00 independientemente del nivel educativo.

Curiosamente, entre las personas clasificadas como “enfermas o discapacitadas permanentes” (*mnactic*=5), existe una notable división por sexos en función del nivel de estudios. Entre las personas sin estudios superiores, la probabilidad de ser hombre es de 0,68 y la de ser mujer de 0,32. Entre los que tienen estudios superiores, la diferencia se reduce: 0,53 hombres frente a 0,47 mujeres. Esto sugiere que los hombres con menor nivel educativo están más representados en este grupo, mientras que la educación superior contribuye a equilibrar la distribución por sexos. Otras categorías, como la jubilación, muestran distribuciones más equilibradas.

En resumen, estos resultados confirman la hipótesis 6, ya que la educación superior desempeña un papel clave en el equilibrio de la representación de género en el empleo remunerado, permitiendo que más mujeres accedan a oportunidades laborales en igualdad de condiciones. Esto se refleja en la fuerte presencia de mujeres en la educación superior y en su comportamiento activo en la búsqueda de empleo. Los datos también sugieren que la naturaleza del trabajo remunerado difiere según el nivel educativo, persistiendo la sobrerrepresentación masculina en los segmentos de empleo con menor nivel educativo

5. Felicidad autodeclarada por nivel educativo y país

El cuadro n.º A12 (anexo) presenta las probabilidades condicionales de la variable felicidad, que refleja el nivel de felicidad declarado por los encuestados. Los datos se desglosan por país (*cntry*) y nivel educativo (*eisced2*).

En general, los niveles de felicidad varían significativamente entre los tres países, pero en todos ellos los encuestados con estudios superiores tienden a declarar niveles más altos de felicidad, en consonancia con los resultados anteriores para otros indicadores de bienestar como la salud y los ingresos.

En Finlandia, tanto los grupos con estudios superiores como los que no los tienen declaran niveles más altos de felicidad (valores de 8 a 10) en comparación con España o Grecia. Los que tienen estudios superiores muestran una clara ventaja, con una probabilidad de 0,82, frente al 0,74 de los que no los tienen.

En España, la probabilidad de declarar un alto nivel de felicidad (valores de 8 a 10) es de 0,69 para los que tienen estudios superiores y de 0,64 para los que no los tienen. Se trata de la menor diferencia entre los tres países, pero sigue siendo coherente con el patrón general.

En Grecia, la felicidad autodeclarada es la más baja de los tres países. La probabilidad de declarar una felicidad elevada (valores de 8 a 10) es de 0,45 para los que tienen estudios superiores y de 0,33 para los que no los tienen. Además de declarar una felicidad general más baja, la diferencia entre los grupos de educación es algo mayor.

Adicionalmente, el valor modal es 8 para la mayoría de los grupos, pero asciende a 9 para el grupo con estudios superiores en Finlandia, y a 7 para el grupo sin estudios superiores en Grecia.

La probabilidad de declarar niveles extremadamente bajos de felicidad (valores de 0 a 3) es mínima en todos los subgrupos, aunque ligeramente superior en Grecia.

Estos resultados sugieren una asociación positiva entre la educación superior y la felicidad auto-declarada, incluso entre países con niveles básicos de felicidad muy diferentes, lo que confirma la hipótesis 7. La brecha más amplia relacionada con la educación aparece en Grecia, donde la felicidad general es la más baja. Estos resultados refuerzan el patrón más amplio que vincula el nivel educativo y el bienestar general.

En los tres países, las personas con estudios superiores suelen declarar interacciones sociales más frecuentes. Los valores más altos (6= varias veces a la semana, y 7= cada día) tienden a ser más frecuentes entre los encuestados con estudios superiores, sobre todo en España y Finlandia.

6. Interacción social con amigos, familiares y compañeros

El cuadro n.º A13 (anexo) muestra las probabilidades condicionales de la variable *sclmeet*, que recoge la frecuencia de las interacciones sociales con amigos, familiares o colegas. Los datos se desglosan por país (*cntry*) y nivel educativo (*eisced2*).

Los resultados sugieren que la relación entre la educación y la frecuencia de las interacciones sociales varía de un país a otro y no siempre es lineal o coherente.

En España y Finlandia, los individuos sin estudios superiores declaran interacciones diarias más frecuentes: la probabilidad de interactuar socialmente “todos los días” (*sclmeet*=7) es de 0,22 frente a 0,17 para los que tienen estudios superiores en España, y de 0,11 frente a 0,06 en Finlandia. Sin embargo, esta diferencia casi desaparece cuando se consideran los valores combinados de “varias veces a la semana” y “a diario” (valores 6 y 7), con 0,54 para ambos grupos en España, y 0,42 para los de educación superior frente a 0,40 para los de educación no superior en Finlandia.

España es el país con el nivel más alto de interacción social regular (definida como al menos una vez a la semana, *esclmeet*= 5 a 7), con una probabilidad de 0,74 para los individuos con educación superior y de 0,71 para los que no la tienen. Por el

contrario, en Grecia, estas probabilidades descienden a 0,51 para los individuos con estudios superiores y a 0,38 para los que no los tienen. Finlandia, se mantiene en el medio con una probabilidad de 0,62 para ambos grupos.

Estos resultados indican que la educación no es un predictor fuerte o consistente de la frecuencia de interacción social, a diferencia de otros indicadores de bienestar como la renta, la salud o la felicidad. Sin embargo, cuando se consideran frecuencias de interacción de moderadas a altas (de “una vez a la semana” a “a diario”), las personas con estudios superiores tienden a mantener contactos sociales con mayor regularidad. Al mismo tiempo, hay grupos de personas con menor nivel educativo en España y Finlandia que declaran interacciones diarias más frecuentes, lo que podría reflejar una mayor dependencia de las redes sociales informales. La hipótesis 8 se confirma parcialmente, ya que la asociación entre educación e interacción social existe, pero varía entre países y es menos sólida que en otras dimensiones del bienestar. Las diferencias entre países también pueden apuntar al papel de los factores culturales y contextuales en la configuración de las pautas de interacción social.

VI. CONCLUSIONES

Esta investigación analiza la influencia del nivel educativo en diversas dimensiones de la vida de los ciudadanos de Europa. Para tener en cuenta la diversidad cultural de Europa, centramos nuestro análisis en tres países con características culturales muy diferenciadas: España, Finlandia y Grecia. Según el Informe sobre la *Felicidad en el Mundo 2025* (Helliwell et al., 2025) Finlandia ocupa el primer lugar en el índice de evaluación de la vida (media de tres años) con una puntuación de 7,736, seguida de España en el puesto 38 (6,466) y Grecia en el 81 (5,776).

Utilizamos datos de la Ronda 11 (2023/2024) de la *Encuesta social europea* para explorar empíricamente cómo el nivel educativo puede influir en el bienestar y la calidad de vida de los individuos. La ESS es una encuesta transnacional de carácter académico que se lleva a cabo en toda Europa desde

su creación en 2001. Cada dos años se realizan entrevistas presenciales con muestras transversales seleccionadas recientemente. Su rigurosa metodología y su larga dedicación a la excelencia garantizan la solidez y comparabilidad de los datos recogidos.

Las variables seleccionadas para nuestro modelo cubren un amplio abanico de dimensiones relevantes para entender la relación entre la educación y la vida de los individuos. Concretamente, se componen de variables sociodemográficas (país de residencia, sexo, actividad profesional principal, nivel de ingresos del hogar y percepción de ingresos adecuados), comportamientos digitales (uso diario de Internet), indicadores de bienestar subjetivo (felicidad autodeclarada y frecuencia de las interacciones sociales) y variables relacionadas con la salud (estado de salud autoevaluado y limitaciones en las actividades cotidianas debidas a problemas de salud de larga duración). La variable de salida principal, nivel de educación, es dicotómica e indica si el encuestado tiene estudios superiores o no.

Empleamos una *red bayesiana ingenua aumentada de árbol (TAN)*, un método de aprendizaje automático que no solamente predice el nivel educativo en función de otras variables relevantes, sino que también proporciona una representación detallada de la estructura de la red mediante probabilidades condicionales. Esto permite la identificación de relaciones y dependencias entre variables, ofreciendo tanto poder predictivo como interpretabilidad, y apoyando la hipótesis 1. Con una precisión de clasificación del 71,09 por 100 (y una tasa de error del 28,91 por 100), el modelo funciona sólidamente en la predicción del nivel educativo y en la revelación de patrones significativos a través de las dimensiones de la vida.

Nuestros resultados describen relaciones causales directas e indirectas entre variables, contribuyendo a explicar cómo influye el nivel educativo en diversas dimensiones de la vida de los ciudadanos europeos, como la geografía, la situación económica, la participación social y la felicidad, la inclusión digital y el bienestar general, así como las interrelaciones entre estas variables en sí. La educación superior se asocia no solamente con mejores percepciones subjetivas de bienestar económico, sino también con mayores niveles objetivos de ingresos.

En España, la probabilidad de declarar “vivir cómodamente” es de 0,56 para los individuos con estudios superiores, frente a 0,34 para los que no los tienen. Se observan diferencias similares en Finlandia (0,41 frente a 0,22) y Grecia (0,15 frente a 0,06). Estos resultados son coherentes con la distribución de los ingresos, ya que las personas sin estudios superiores tienen menos probabilidades de pertenecer a los deciles de ingresos más altos. La asociación es más fuerte en Finlandia, mientras que en Grecia, incluso las personas con estudios superiores presentan un acceso limitado a los tramos más altos de renta, una situación agravada por los elevados niveles de no respuesta en esta variable, que podrían estar ocultando desigualdades más profundas. Estos resultados confirman la hipótesis 2, que postula una asociación positiva entre el nivel de estudios y el bienestar económico percibido y real.

En el ámbito de la salud, la hipótesis 3 también se ve corroborada. La educación superior se asocia a una mejor percepción de la salud y a menos limitaciones en las actividades cotidianas. En Grecia, la probabilidad de tener una salud “muy buena” o “buena” es de 0,93 para los encuestados con estudios superiores, frente a 0,77 para los que no los tienen. Se observan diferencias similares en Finlandia (0,72 frente a 0,54) y España (0,69 frente a 0,58). Además, entre las personas que declaran tener una salud “muy mala”, la probabilidad de experimentar limitaciones graves de la actividad es de 0,87 para las que no tienen estudios superiores, frente a 0,83 para las que sí los tienen. Estos resultados sugieren que la educación desempeña un papel protector en el bienestar general, mejorando tanto la percepción de la salud como la autonomía funcional.

Se confirman las hipótesis 4 y 5, que ponen de relieve el papel interrelacionado de la educación en la participación en el mercado laboral y el compromiso digital. Las personas con estudios superiores tienen más probabilidades de mantener un empleo aunque su salud empeore. Por ejemplo, entre las personas con “buena” salud, la probabilidad de tener un empleo es de 0,53 para las personas con estudios superiores, frente a 0,26 para las que no los tienen. Con una salud “mala”, estas cifras descienden aún más hasta el 0,34 y el 0,14, respectivamente.

Al mismo tiempo, la educación superior está fuertemente asociada con un uso más frecuente y sostenido de Internet: entre los que tienen un trabajo remunerado, la probabilidad de pasar entre 288 y 864 minutos diarios en línea es de 0,39 para los individuos con educación superior, frente a 0,26 para los que no la tienen. Los estudiantes, sobre todo los de enseñanza superior, también son usuarios intensivos de Internet, con una probabilidad de 0,61 de estar entre 288 y 864 minutos, lo que sugiere que el compromiso digital ya está integrado en sus rutinas diarias. Estos efectos son especialmente relevantes en un contexto de envejecimiento y deterioro de la salud, en el que la educación parece amortiguar la retirada tanto del empleo como de la vida digital. De este modo, el nivel educativo no solamente favorece la continuidad de la actividad económica, sino que también promueve la inclusión digital, reforzando su función protectora en múltiples dimensiones de la participación social.

Esta dinámica también se refleja en los patrones de participación de género en el mercado laboral. Los resultados apoyan la hipótesis 6, que muestra que el nivel de estudios contribuye a reducir las diferencias entre hombres y mujeres en las distintas actividades profesionales. La probabilidad de que una mujer tenga un trabajo remunerado aumenta de 0,40 entre las que no tienen estudios superiores a 0,53 entre las que sí los tienen, lo que sugiere que la educación facilita el acceso de las mujeres al empleo. Una tendencia similar aparece en la propia categoría de educación, donde las mujeres están más representadas, sobre todo en la educación superior, con una probabilidad de 0,64. Sin embargo, persisten los desequilibrios de género en las funciones de cuidados no remunerados, como las tareas domésticas, donde la probabilidad de ser mujer alcanza el 0,96 entre las personas sin estudios superiores. Estos resultados refuerzan la idea de que la enseñanza superior desempeña un papel central en la mejora de la igualdad de acceso, la reducción de la exclusión social y el fomento de la participación en ámbitos tradicionalmente afectados por desigualdades estructurales.

Se confirma la hipótesis 7 y se apoya parcialmente la hipótesis 8. La educación se asocia positivamente

con una mayor felicidad autodeclarada en los tres países. En Finlandia, la probabilidad de declarar altos niveles de felicidad es de 0,82 para los que tienen estudios superiores, frente a 0,74 para los que no los tienen. En Grecia, donde los niveles generales de felicidad son más bajos, la diferencia también es mayor (0,45 frente a 0,33). En cuanto a las interacciones sociales, el patrón es menos uniforme, pero los individuos con estudios superiores tienden a entablar contactos regulares con más frecuencia (por ejemplo, en España, la probabilidad es de 0,74 para los que tienen estudios superiores frente a 0,71 para los que no los tienen). Las diferencias entre países sugieren que los factores culturales y contextuales también influyen en las pautas de interacción social, lo que indica que la educación no es un factor predictivo fuerte o consistente de la frecuencia de las interacciones sociales, a diferencia de otros indicadores de bienestar, como los ingresos, la salud o la felicidad. Al mismo tiempo, en España y Finlandia, hay grupos de individuos sin estudios superiores que declaran interacciones diarias más frecuentes, lo que posiblemente refleja una mayor dependencia de las redes sociales informales.

Estas ideas son de gran relevancia para las Administraciones públicas que pretendan diseñar intervenciones políticas con impacto. La mejora del acceso a la educación superior y de su calidad puede producir efectos indirectos positivos en los ingresos, la salud, el empleo, la igualdad de género y la inclusión digital, incluso en países con condiciones culturales y socioeconómicas diversas.

VII. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este estudio se basa en un análisis transversal que utiliza datos de una única ronda de la *Encuesta social europea (ESS 2023/24)* y se centra únicamente en tres países europeos: España, Finlandia y Grecia, con perfiles culturales y socioeconómicos distintos. Aunque esta selección permite realizar comparaciones ilustrativas entre países, las conclusiones no pueden generalizarse a toda Europa. Futuras investigaciones deberían ampliar el alcance del análisis incorporando una gama más amplia de países y aplicando métodos longitudinales para

observar cómo evoluciona con el tiempo la influencia del nivel educativo en el bienestar.

Esto permitiría comprender mejor la dinámica causal y los cambios temporales, así como el impacto de las intervenciones políticas a escala nacional y europea.

BIBLIOGRAFÍA

- Aalders, I. (2008).** Modeling land-use decision behavior with Bayesian belief networks. *Ecology and Society*, 13(1).
- Agasisti, T., Avvisati, F., Borgonovi, F. y Longobardi, S. (2021).** What School Factors are Associated with the Success of Socio-Economically Disadvantaged Students? An Empirical Investigation Using PISA Data. *Social Indicators Research*, 157(2), 749–781. <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02668-w>
- Akerlof, G. A. y Kranton, R. E. (2002).** Identity and schooling: Some lessons for the economics of education. *Journal of Economic Literature*, 40(4), 1167–1201. <https://doi.org/10.1257/40.4.1167>
- Araki, S. (2022).** Does Education Make People Happy? Spotlighting the Overlooked Societal Condition. *Journal of Happiness Studies*, 23, 2. Netherlands: Springer. <https://doi.org/10.1007/s10902-021-00416-y>
- Bailey, R. (2009).** Well-being, happiness and education. *British Journal of Sociology of Education*, 30(6), 795–802. <https://doi.org/10.1080/01425690903236613>
- Ballestar, M. T., Freire-Rubio, M. T. y Ortigosa-Blanch, A. (2023).** Tutoring and Its Effects on Academic Achievement: A Policy Evaluation with Machine Learning Methods. En *Addressing Inequities in Modern Educational Assessment: Bridging the Gap*, pp. 53-70. Springer International Publishing.
- Ballestar, M. T., García-Lázaro, A., Sainz, J., Sanz, I., García-Lázaro, A., Sainz, J. y Sanz, I. (2022).** Why is your company not robotic? The technology and human capital needed by firms to become robotic. *Journal of Business Research*, 142, 328–343. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.061>
- Ballestar, M. T. M. T., Sainz, J. y Sanz, I. (2022).** An economic evaluation of educational interventions in the LOMLOE: Proposals for improvement with Artificial Intelligence. *Revista Española de Pedagogía*, 80(281), 133–154. <https://doi.org/10.22550/REP80-1-2022-09>
- Becker, G. S. (1964).** *Human capital*. National Bureau of Economic Research.
- Bielza, C. y Larrañaga, P. (2014).** Bayesian networks in neuroscience: a survey. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 8(OCT), 131. <https://doi.org/10.3389/fncom.2014.00131>
- Borgonovi, F. y Pál, J. (2016).** A framework for the analysis of student well-being in the PISA 2015 study: Being 15 in 2015.
- Borgonovi, F. y Pokropek, A. (2025).** Young people's social mobility expectations in an unequal world. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.adt1842> 10.1126/science.adt1842
- Brown, C. y Shay, M. (2021).** From resilience to wellbeing: Identity-building as an alternative framework for schools' role in promoting children's mental health. *Review of Education*, 9(2), 599–634. <https://doi.org/10.1002/rev3.3264>
- Buttler, D. (2022).** Employment Status and Well-Being Among Young Individuals. Why Do We Observe Cross-Country Differences? *Social Indicators Research*, 164(1), 409–437. <https://doi.org/10.1007/s11205-022-02953-2>
- Chen, S. H. y Pollino, C. A. (2012).** Good practice in Bayesian network modelling. *Environmental Modelling y Software*, 37, 134–145.
- Chen, X.-W., Anantha, G. y Lin, X. (2008).** Improving Bayesian network structure learning with mutual information-based node ordering in the K2 algorithm. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 20(5), 628–640.
- Cheon, S.-P., Kim, S., Lee, S.-Y. y Lee, C.-B. (2009).** Bayesian networks based rare event prediction with sensor data. *Knowledge-Based Systems*, 22(5), 336–343.
- Coenen, J., Borghans, L. y Diris, R. (2021).** Personality traits, preferences and educational choices: A focus on STEM. *Journal of Economic Psychology*, 84, 167–4870. <https://doi.org/10.17632/vt5v7c27kw.1>
- Dželihodžić, A., Đonko, D. y Jonko, D. (2016).** Comparison of ensemble classification techniques and single classifiers performance for customer credit assessment. *Modeling of Artificial Intelligence*, 3, 140–150.

- Elsalamony, H. A. (2014).** Bank direct marketing analysis of data mining techniques. *International Journal of Computer Applications*, 85(7).
- ESS ERIC (2025).** *European Social Survey*. <https://www.europeansocialsurvey.org/about-ess>
- Farmani, R., Henriksen, H. J., Savic, D. y Butler, D. (2012).** An evolutionary Bayesian belief network methodology for participatory decision making under uncertainty: An application to groundwater management. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 8(3), 456–461.
- Fenton, N. y Neil, M. (2014).** Decision support software for probabilistic risk assessment using Bayesian networks. *IEEE Software*.
- Firth, J. A., Hellewell, J., Klepac, P., Kissler, S., Kucharski, A. J. y Spurgin, L. G. (2020).** Using a real-world network to model localized COVID-19 control strategies. *Nature Medicine*, 26(10), 1616–1622.
- Fitzek, F. H. P., Granelli, F. y Seeling, P. (2020).** *Computing in communication networks: from theory to practice*. Academic Press. <https://worldhappiness.report/ed/2025/>
- Frey, B. S. y Stutzer, A. (2002).** What can economists learn from happiness research? *Journal of Economic Literature*, 40(2), 402–435. <https://doi.org/10.1257/jel.40.2.402>
- Hanea, D., Hanea, A., Ale, B., Sillem, S., Lin, P. H., Van Gulijk, C. y Hudson, P. (2012).** *Using dynamic Bayesian networks to implement feedback in a management risk model for the oil industry*. 11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012.
- Harmon, C., Oosterbeek, H. y Walker, I. (2003).** The returns to education: Microeconomics. *Journal of Economic Surveys*, 17(2), 115–156. <https://doi.org/10.1111/1467-6419.00191>
- Helliwell, J. F., Layard, R., Sachs, J. D., De Neve, J.-E., Aknin, L. B. y Wang, S. (2025).** *World Happiness Report 2025*. Wellbeing Research Centre, University of Oxford. <https://worldhappiness.report/ed/2025/>
- Hosmer Jr, D. W., Lemeshow, S. y Sturdivant, R. X. (2013).** *Applied logistic regression* (Vol. 398). John Wiley y Sons.
- Jensen, H. L. (1992).** Using neural networks for credit scoring. *Managerial Finance*.
- Koski, T. y Noble, J. (2011).** *Bayesian networks: an introduction* (Vol. 924). John Wiley y Sons.
- Kristoffersen, I. (2018).** Great expectations: Education and subjective wellbeing. *Journal of Economic Psychology*, 66(March), 64–78. <https://doi.org/10.1016/j.joep.2018.04.005>
- Landuyt, D., Broekx, S., D'hondt, R., Engelen, G., Aertsens, J. y Goethals, P. L. M. (2013).** A review of Bayesian belief networks in ecosystem service modelling. *Environmental Modelling y Software*, 46, 1–11.
- Marcot, B. G. y Penman, T. D. (2019).** Advances in Bayesian network modelling: Integration of modelling technologies. *Environmental Modelling y Software*, 111, 386–393.
- Marquez, J. y Main, G. (2021).** Can Schools and Education Policy Make Children Happier? A Comparative Study in 33 Countries. *Child Indicators Research*, 14(1), 283–339. <https://doi.org/10.1007/s12187-020-09758-0>
- Michalos, A. C. (2005).** Multiple Discrepancies Theory (MDT). En A. C. Michalos (Ed.), *Citation Classics from Social Indicators Research: The Most Cited Articles Edited and Introduced by Alex C. Michalos*, pp. 305–371. Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-3742-2_13
- Michalos, A. C. (2008).** Education, happiness and wellbeing. *Social Indicators Research*, 87(3), 347–366. <https://doi.org/10.1007/s11205-007-9144-0>
- Neff, K. (2003).** Self-compassion: An alternative conceptualization of a healthy attitude toward oneself. *Self and Identity*, 2(2), 85–101.
- OCDE (2024).** *The PISA happy life dashboard: visualising key indicators on student well-being from the PISA survey*. [https://one.oecd.org/document/EDU/PISA/GB\(2024\)1/en/pdf](https://one.oecd.org/document/EDU/PISA/GB(2024)1/en/pdf)
- Powdthavee, N., Lekfuangfu, W. N. y Wooden, M. (2015).** What's the good of education on our overall quality of life? A simultaneous equation model of education and life satisfaction for Australia. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 54, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2014.11.002>
- Schuck, B. y Steiber, N. (2018).** Does Intergenerational Educational Mobility Shape the Well-Being of Young Europeans? Evidence from the European Social Survey. *Social Indicators Research*, 139(3), 1237–1255. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1753-7>
- Seligman, M. E. P., Ernst, R. M., Gillham, J., Reivich, K. y Linkins, M. (2009).** Positive education: Positive psychology and classroom interventions. *Oxford Review of Education*, 35(3), 293–311. <https://doi.org/10.1080/03054980902934563>

- Sen, A. (1999).** *Development as freedom*. Oxford University Press.
- Shastri, B. J., Tait, A. N., de Lima, T. F., Nahmias, M. A., Peng, H.-T. y Prucnal, P. R. (2017).** Principles of neuromorphic photonics. *ArXiv Preprint ArXiv:1801.00016*.
- Shi, H. y Li, K. (2006).** Comparison of Two Learning Methods of the Tree Augmented Naïve Bayesian Network Classifier 2006. *International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 1054–1059.
- Shi, H.-B. y Huang, H.-K. (2002).** Learning tree-augmented naive Bayesian network by reduced space requirements. *Proceedings. International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 3, 1232–1236.
- Tan, J. J. X., Kraus, M. W., Carpenter, N. C. y Adler, N. E. (2020).** The Association Between Objective and Subjective Socioeconomic Status and Subjective Well-Being: A Meta-Analytic Review. *Psychological Bulletin*, 146(11), 970–1020. <https://doi.org/10.1037/bul0000258>
- Vanderweele, T. J. (2017).** On the promotion of human flourishing. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, (Vol. 114, Issue 31, pp. 8148–8156) National Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1073/pnas.1702996114>
- Yin, L., Ge, Y., Xiao, K., Wang, X. y Quan, X. (2013).** Feature selection for high-dimensional imbalanced data. *Neurocomputing*, 105, 3–11.

ANEXO

CUADRO N.º A1

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN LA RED BAYESIANA

Variables de entrada	Descripción	Valores
cntry	Variable categórica. País de residencia del encuestado	Valor ES: 1.844 (29,9%) Valor FI: 1.563 (25,36%) Valor GR: 2.757 (44,73%)
mnactic	Variable categórica. Actividad profesional principal durante los últimos siete días	Valor 0 - No lo sé / Prefiero no decirlo: 11 (0,18%) Valor 1 - Trabajo remunerado: 3.304 (53,60%) Valor 2 - Educación: 452 (7,33%) Valor 3 - Desempleado, busca trabajo: 212 (3,44%) Valor 4 - Desempleado que no busca trabajo: 104 (1,69%) Valor 5 - Enfermo o discapacitado permanente 73 (1,18%) Valor 6 - Jubilado: 1.454 (23,59%) Valor 7 - Servicio comunitario o militar: 6 (0,10%) Valor 8 - Tareas domésticas; cuidado de niños, otros: 517 (8,39%) Valor 9 - Otros: 31 (0,50%)
hinctnta	Variable categórica ordinal. Renta neta total del hogar después de impuestos y deducciones obligatorias, agrupada por deciles de renta (1 = renta más baja, 10 = renta más alta)	1er decil: 195 (3,16%) 2º decil: 364 (5,91%) 3er decil: 444 (7,20%) 4º decil: 580 (9,41%) 5º decil: 572 (9,28%) 6º decil: 569 (9,23%) 7º decil: 573 (9,30%) 8º decil: 553 (8,97%) 9º decil: 338 (5,48%) 10º decil: 305 (4,95%) No sabe / Prefiere no decir: 1.671 (27,11%)
hincfel	Variable categórica ordinal. Percepción de que los ingresos actuales del hogar son adecuados, desde "vivir cómodamente" hasta "muy difícil con los ingresos actuales"	Valor 0 - No lo sé / Prefiero no decirlo: 45 (0,73%) Valor 1 - Vivir cómodamente con los ingresos actuales: 1.495 (24,25%) Valor 2 - Hacer frente a los ingresos actuales: 2.852 (46,27%) Valor 3 - Difícil con los ingresos actuales: 1.450 (23,52%) Valor 4 - Muy difícil con los ingresos actuales 322 (5,22%)
netustm	Uso diario de Internet (en minutos) en un día normal	Número de registros: 6.164 Media: 196 Mínimo: 0 Máximo: 1.440
gndr	Variable categórica. Sexo	Valor 1 - Hombre: 2.884 (46,78%) Valor 2 - Mujer: 3.280 (53,21%)
happy	Variable categórica ordinal. Nivel de felicidad autodeclarado en una escala de 11 puntos que va de 0 (extremadamente infeliz) a 10 (extremadamente feliz)	Valor 0 - Muy descontentos: 9 (0,15%) Valor 1: 18 (0,29%) Valor 2 : 47 (0,76%) Valor 3: 127 (2,06%) Valor 4: 166 (2,69%) Valor 5 : 466 (7,56%) Valor 6: 609 (9,88%) Valor 7: 1.295 (21,01%) Valor 8: 1.854 (30,08%) Valor 9: 1.076 (17,46%) Valor 10: Extremadamente feliz 486 (7,88%) Valor 11- No sabe / Prefiere no decir: 11 (0,18%)

CUADRO N.º A1 (continuación)

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN LA RED BAYESIANA

Variables de entrada	Descripción	Valores
scmeet	Variable categórica ordinal. Frecuencia de las interacciones sociales con amigos, parientes o colegas	Valor 0 - No lo sé / Prefiero no decirlo: 8 (0,13%) Valor 1 - Nunca: 117 (1,90%) Valor 2 - Menos de una vez al mes 684 (11,10%) Valor 3 - Una vez al mes: 659 (10,69%) Valor 4 - Varias veces al mes 1.252 (20,31%) Valor 5 - Una vez a la semana 1.208 (19,60%) Valor 6 - Varias veces a la semana 1.598 (25,92%) Valor 7 - Todos los días: 638 (10,35%)
health	Variable categórica ordinal. Estado de salud autoevaluado, de 1 (muy bueno) a 5 (muy malo)	Valor 0 - No lo sé / Prefiero no decirlo: 5 (0,08%) Valor 1 - Muy bueno: 2.055 (33,34%) Valor 2 - Bueno: 2.377 (38,56%) Valor 3 - Regular: 1.366 (22,16%) Valor 4 - Malo 315 (5,11%) Valor 5 - Muy malo: 46 (0,75%)
hlthhmp	Variable categórica ordinal. Grado en que las actividades cotidianas se ven limitadas por una enfermedad, discapacidad o problema de salud mental de larga duración	Valor 0 - No lo sé / Prefiero no decirlo: 11 (0,18%) Valor 1 - Sí, mucho: 305 (4,95%) Valor 2 - Sí, en cierta medida: 960 (15,57%) Valor 3 - No: 4.888 (79,30%)
Variables de salida	Descripción	Valores
eisced2	Variable booleana (0 = educación no superior; 1 = educación superior) es una recodificación de la variable <i>eisced</i> original, que distingue a los individuos que han completado la educación superior (universidad o formación profesional superior) de aquellos que no lo han hecho	Valor 0: educación no superior: 3.869 (62,77%) Valor 1: educación superior: 2.295 (37,23%)

CUADRO N.º A2

PRECISIÓN DEL MODELO Y MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LA RED BAYESIANA INGENUA AUMENTADA DE ÁRBOL (TAN)

Muestra	PRECISIÓN DEL MODELO			
	Tamaño de la muestra	Porcentaje Correcto	AUC	GINI
Muestra total	6.164	71,09	0,787	0,573
Submuestra				
Entrenamiento	5.266	71,90	0,797	0,595
Comprobación	1.252	70,29	0,758	0,516
Validación	623	71,87	0,749	0,497

CUADRO N.º A2 (continuación)

PRECISIÓN DEL MODELO Y MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LA RED BAYESIANA INGENUA AUMENTADA DE ÁRBOL (TAN)

Muestra	Observado	MATRIZ DE CONFUSIÓN			
		Predicción. Tamaño de la muestra		Porcentaje	
		0	1	0	1
Muestra total	0	2.724	1.145	70,41	29,59
	1	637	1.658	27,76	72,24
Submuestra					
Entrenamiento	0	1.909	790	70,73	29,27
	1	693	1.885	26,88	73,12
Comprobación	0	550	235	70,06	29,94
	1	137	330	29,34	70,66
Validación	0	1.909	790	70,73	29,27
	1	682	1.851	26,92	73,08

Nota: * Sobremuestreo para equilibrar la muestra.

CUADRO N.º A3

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE EISCED2

(nivel educativo; 0 = educación no superior, 1 = educación superior)

Probabilidades condicionales de eisced2	
Probabilidad	
1	0
0,37	0,63

CUADRO N.º A4

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE CNTRY

(país de residencia), por eisced2 (nivel educativo; 1 = educación superior, 0 = educación no superior)

Probabilidades condicionales de cntry			
Padres	Probabilidad		
	eisced2	ES	FI
1	0,31	0,44	0,25
0	0,35	0,27	0,39

Nota: Las probabilidades se basan en tamaños de muestra iguales en todos los países para garantizar la comparabilidad.

CUADRO N.º A5

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE HINCFEL

(adecuación de los ingresos del hogar; 0 = no aplicable, 1 = vivir cómodamente, ..., 4 = muy difícil con los ingresos actuales), por cntry (país) y eisced2 (nivel educativo; 1 = educación superior, 0 = educación no superior)

Probabilidades condicionales de hincfel						
Padres		Probabilidad				
cntry	eisced2	0	1	2	3	4
ES	1	0,00	0,56	0,34	0,10	0,01
ES	0	0,00	0,34	0,43	0,18	0,04
FI	1	0,00	0,41	0,49	0,09	0,01
FI	0	0,01	0,22	0,62	0,14	0,02
GR	1	0,01	0,15	0,55	0,25	0,05
GR	0	0,01	0,06	0,41	0,41	0,10

CUADRO N.º A6

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE HINCTNTA

(decil de ingresos netos del hogar; 0 = no sabe / prefiere no decirlo, 1-10 = deciles de ingresos de menor a mayor), por **cntry** (país) y **eisced2** (nivel educativo; 1 = educación superior, 0 = educación no superior)

Padres		Probabilidades condicionales de <i>hinctnta</i>										
cntry	eisced2	Probabilidad										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ES	1	0,11	0,01	0,03	0,06	0,06	0,12	0,10	0,13	0,12	0,11	0,14
ES	0	0,19	0,05	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,07	0,07	0,04	0,02
FI	1	0,01	0,03	0,03	0,04	0,07	0,07	0,12	0,15	0,17	0,14	0,17
FI	0	0,10	0,11	0,09	0,09	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,04	0,04
GR	1	0,43	0,00	0,02	0,03	0,08	0,08	0,08	0,09	0,12	0,06	0,01
GR	0	0,50	0,00	0,04	0,06	0,10	0,09	0,08	0,06	0,05	0,01	0,00

CUADRO N.º A7

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE HEALTH

(estado de salud; 0 = no aplicable, 1 = muy bueno, ..., 5 = muy malo), por **cntry** (país) y **eisced2** (nivel educativo; 1 = educación superior, 0 = educación no superior)

Padres		Probabilidades condicionales de <i>health</i>					
cntry	eisced2	Probabilidad					
		0	1	2	3	4	5
ES	1	0,00	0,26	0,43	0,25	0,06	0,01
ES	0	0,00	0,21	0,37	0,30	0,10	0,02
FI	1	0,00	0,20	0,52	0,23	0,04	0,01
FI	0	0,00	0,15	0,39	0,39	0,06	0,01
GR	1	0,00	0,64	0,29	0,05	0,01	0,00
GR	0	0,00	0,43	0,34	0,19	0,04	0,00

CUADRO N.º A8

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE HLTHMP

(grado en que las actividades diarias están limitadas por una enfermedad, discapacidad o problema de salud mental de larga duración; 0 = no aplicable, 1 = sí, en gran medida, 2 = sí, en cierta medida, 3 = no), por **health** (estado de salud autoevaluado) y **eisced2** (nivel educativo; 1 = educación superior, 0 = educación no superior)

health		Probabilidades condicionales de <i>hlthmp</i>			
health	eisced2	Probabilidad			
		0	1	2	3
0	0	0,75	0,00	0,00	0,25
1	1	0,00	0,01	0,01	0,98
1	0	0,00	0,00	0,02	0,98
2	1	0,00	0,01	0,12	0,87
2	0	0,00	0,01	0,10	0,89
3	1	0,00	0,05	0,41	0,54
3	0	0,00	0,07	0,40	0,53
4	1	0,00	0,40	0,46	0,14
4	0	0,00	0,47	0,35	0,19
5	1	0,00	0,83	0,17	0,00
5	0	0,00	0,87	0,04	0,09

CUADRO N.º A9

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE *mnactic*

Probabilidades condicionales de *mnactic* (actividad profesional principal durante los últimos siete días; 0 = no sabe / prefiere no decirlo, 1 = remunerada trabajo, ..., 9 = otros), por *health* (estado de salud autoevaluado) y *eisced2* (nivel educativo; 1 = educación superior, 0 = educación no superior)

Padres		Probabilidades condicionales de <i>mnactic</i>									
<i>health</i>	<i>eisced2</i>	Probabilidad									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
1	1	0,00	0,86	0,03	0,02	0,01	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00
1	0	0,00	0,56	0,19	0,04	0,02	0,00	0,08	0,00	0,10	0,01
2	1	0,00	0,73	0,02	0,02	0,00	0,00	0,20	0,00	0,02	0,00
2	0	0,00	0,48	0,10	0,05	0,03	0,00	0,23	0,00	0,11	0,00
3	1	0,00	0,53	0,03	0,02	0,01	0,01	0,36	0,00	0,03	0,00
3	0	0,00	0,26	0,04	0,03	0,02	0,02	0,47	0,00	0,15	0,01
4	1	0,02	0,34	0,03	0,09	0,00	0,08	0,39	0,00	0,03	0,00
4	0	0,01	0,14	0,02	0,02	0,01	0,09	0,56	0,00	0,14	0,01
5	1	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,17	0,42	0,00	0,08	0,00
5	0	0,00	0,09	0,04	0,04	0,00	0,09	0,65	0,00	0,04	0,04

CUADRO N.º A10

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE *netustm*

Probabilidades condicionales de *netustm* (tiempo de uso de Internet en minutos al día), por *mnactic* (actividad profesional principal durante los últimos siete días) y *eisced2* (nivel educativo; 1 = educación superior, 0 = educación no superior)

Padres		Probabilidades condicionales de <i>netustm</i>				
<i>mnactic</i>	<i>eisced2</i>	<= 288	288 ~ 576	576 ~ 864	864 ~ 1,152	> 1,152
0	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0	0,40	0,40	0,20	0,00	0,00
1	1	0,60	0,26	0,13	0,01	0,00
1	0	0,73	0,21	0,05	0,00	0,00
2	1	0,39	0,46	0,15	0,00	0,00
2	0	0,42	0,46	0,10	0,02	0,00
3	1	0,65	0,32	0,03	0,00	0,00
3	0	0,62	0,27	0,09	0,01	0,01
4	1	0,53	0,26	0,21	0,00	0,00
4	0	0,69	0,22	0,06	0,03	0,00
5	1	0,53	0,27	0,07	0,13	0,00
5	0	0,84	0,11	0,05	0,00	0,00
6	1	0,95	0,04	0,01	0,00	0,00
6	0	0,97	0,03	0,00	0,00	0,00
7	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0	0,67	0,33	0,00	0,00	0,00
8	1	0,88	0,10	0,01	0,00	0,00
8	0	0,92	0,07	0,01	0,00	0,00
9	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0	0,71	0,29	0,00	0,00	0,00

CUADRO N.º A11

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE GNDR

Probabilidades condicionales de **gn**dr (género; 1 = masculino, 2 = femenino), por **mn**acti**v** (principal actividad profesional durante los últimos siete días) y **eisced2** (nivel educativo; 1 = superior educación superior, 0 = educación no superior)

Probabilidades condicionales de <i>gn</i> dr			
Padres		Probabilidad	
<i>mn</i> acti v	<i>eisced2</i>	0	1
0	1	0,50	0,50
0	0	0,60	0,40
1	1	0,53	0,47
1	0	0,40	0,60
2	1	0,64	0,36
2	0	0,55	0,45
3	1	0,75	0,25
3	0	0,59	0,41
4	1	0,63	0,37
4	0	0,66	0,34
5	1	0,47	0,53
5	0	0,32	0,68
6	1	0,49	0,51
6	0	0,51	0,49
7	1	0,00	1,00
7	0	0,00	1,00
8	1	0,91	0,09
8	0	0,96	0,04
9	1	0,29	0,71
9	0	0,59	0,41

CUADRO N.º A12

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE HAPPY

Probabilidades condicionales de de **happy** (felicidad autodeclarada; 0 = extremadamente infeliz, 1-10 = niveles crecientes de felicidad, 11 = no sabe / prefiere no decirlo), por **cn**try (país) y **eisced2** (nivel educativo; 1 = educación superior, 0 = educación no superior)

Probabilidades condicionales de <i>happy</i>													
Padres		Probabilidad											
<i>cn</i> try	<i>eisced2</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ES	1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,04	0,21	0,32	0,25	0,12	0,00
ES	0	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,09	0,18	0,28	0,17	0,19	0,00
FI	1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,13	0,34	0,39	0,09	0,00
FI	0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,05	0,14	0,33	0,29	0,12	0,00
GR	1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,10	0,12	0,27	0,36	0,08	0,01	0,00
GR	0	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,13	0,17	0,26	0,24	0,08	0,01	0,00

CUADRO N.º A13

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE SCLMEET

Probabilidades condicionales de **scl**meet (frecuencia de las interacciones sociales con amigos, parientes o colegas; 0 = no sabe / prefiere no decirlo, 1 = nunca, ..., 7 = todos los días), por **cn**try (país) y **eisced2** (nivel educativo; 1 = superior, 0 = educación no superior)

Probabilidades condicionales de <i>scl</i> meet										
Padres		Probabilidad								
<i>cn</i> try	<i>eisced2</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	
ES	1	0,00	0,01	0,04	0,07	0,16	0,20	0,37	0,17	
ES	0	0,00	0,01	0,05	0,07	0,17	0,17	0,32	0,22	
FI	1	0,00	0,00	0,05	0,12	0,21	0,20	0,36	0,06	
FI	0	0,00	0,00	0,08	0,09	0,19	0,22	0,29	0,11	
GR	1	0,00	0,01	0,08	0,12	0,27	0,26	0,18	0,07	
GR	0	0,00	0,05	0,22	0,14	0,21	0,16	0,17	0,05	

The background features a woman with dark hair reading a book. The image is overlaid with a dark blue color and several geometric shapes: a large white-outlined hexagon in the center, a smaller solid grey hexagon at its bottom right, and a white-outlined pentagon in the top right corner. Thin white lines also trace paths across the page.

COLABORACIONES IV

**LA IA EN ESTUDIOS SUPERIORES
Y EL MERCADO DE TRABAJO**

EL PODER TRANSFORMADOR DE LA PREGUNTA

Francesc Pujol

Universidad de Navarra

Resumen

Este artículo analiza las implicaciones pedagógicas de la irrupción de la inteligencia artificial generativa (IAG) en la educación, que ha transformado fundamentalmente la ecuación proceso-resultado en el ámbito educativo, creando una disociación entre el esfuerzo cognitivo y la calidad del producto evaluable. Frente a enfoques defensivos como la prohibición del uso de la IAG o la simple validación de sus resultados, se argumenta que el verdadero potencial educativo reside en utilizar la IAG como catalizador del pensamiento crítico, apoyándose en el valor formativo de la pregunta. Se propone una "regla de oro": preguntar a la IAG sobre lo que ya se sabe, para fomentar procesos de indagación más profundos. La integración efectiva de la IAG requiere rediseñar las prácticas docentes desde una perspectiva pedagógica, no tecnológica.

Palabras clave: inteligencia artificial generativa (IAG), proceso de aprendizaje, evaluación educativa, formulación de preguntas, pensamiento crítico.

Abstract

This article explores the pedagogical implications of generative artificial intelligence (AI Gen) in education, that has fundamentally transformed the process-outcome equation in education, creating a dissociation between cognitive effort and the quality of evaluable products. Rather than focusing on reactive approaches like banning AI or merely validating its outputs, the article argues that its true educational potential lies in fostering critical thinking, centered on the formative power of the question. A "golden rule" is proposed: ask AI Gen about what is already known, to enable deeper inquiry processes. Effective integration of AI Gen demands a redesign of teaching practices guided by pedagogical principles rather than technological ones.

Keywords: generative artificial intelligence, learning process, educational evaluation, question formulation, pedagogical principles.

JEL classification: D83, I20, I21, O33.

I. LA IRRUPCIÓN DE LA IA EN EL APRENDIZAJE Y EN LA ENSEÑANZA

30 de noviembre de 2022. Pocas transformaciones sociales y económicas tienen fecha fundacional. La que provoca la inteligencia artificial generativa (IAGen) sí, y corresponde a la fecha de lanzamiento por parte de OpenAI de ChatGPT 3.5, modelo de inteligencia artificial, especializado en generar texto conversacional y responder preguntas en lenguaje natural. O, si se prefiere una definición algo más técnica, propuesta por combinación de respuestas generadas por ChatGPT 4.5, Claude 3.7 Sonnet (Anthropic AI) y Gemini 2.0 Flash (Google) y validada por mí: "ChatGPT es un modelo de lenguaje generativo basado en la arquitectura *Transformer*, específicamente en la familia GPT (Ge-

nerative Pre-trained Transformer), entrenado mediante aprendizaje profundo (*deep learning*), técnicas de atención autorregresiva y aprendizaje por refuerzo con retroalimentación humana (RLHF, por sus siglas en inglés), desarrollado por OpenAI. Este modelo de red neuronal profunda, con una escala de varios miles de millones de parámetros, procesa secuencias de tokens (unidades de texto) y predice probabilísticamente los siguientes tokens más probables en función del contexto proporcionado, utilizando mecanismos de atención para mantener coherencia en conversaciones extensas. Su función es predecir secuencias coherentes de texto mediante patrones estadísticos aprendidos durante el entrenamiento con grandes volúmenes de datos, permitiendo mantener conversaciones naturales y responder preguntas en contexto".

Si bien el lanzamiento de ChatGPT 3.5 no era innovación disruptiva en sí misma, ya que se integraba en una larga cadena de investigación y avances en el ámbito de la IA aplicada, sí supuso algo así como el pistoletazo de salida de la nueva era en la que estamos, porque mostró un producto ya maduro de resultados convincentes y apostó por abrirlo al público en acceso inicial libre y gratuito. Cuatro días después de su lanzamiento ya contaba con más de un millón de usuarios (ZDNET, 2022). Fui uno de ellos, en alerta temprana no por condición de experto en IA, que no tengo, sino por mi presencia activa en redes, gracias a la cual fui consciente de la sorpresa y conmoción producida en expertos a los que sigo y leo. Todos coincidían en el valor del salto dado por la nueva herramienta y los escenarios que abría ya en presente.

Mi propio uso experimental de la herramienta y ese seguimiento a autores especialistas en este campo me llevaron a conciencia temprana de que en esta era en la que entrábamos se iba a transformar de manera sustancial el proceso de acceso a contenidos e información y su asimilación, por lo que iba a trastocar el propio proceso de aprendizaje. Dada mi profesión y misión docente, asumí el reto personal de explorar de manera activa las implicaciones teóricas y prácticas de la irrupción de la IA en el aprendizaje, en la docencia y, por tanto, en la formación reglada. Tomé así la decisión, entre audaz y temeraria, de anunciar a los alumnos en la primera sesión en enero de 2023 de las cuatro asignaturas que impartía en mi Universidad que todos los trabajos y actividades iban a utilizar obligatoriamente las herramientas de IA para su realización. El 95 por 100 de los estudiantes no habían oído hablar de ChatGPT. Quemé así las naves, obligándome a llevar a cabo el proceso de reflexión pedagógica para la integración práctica de uso de la IA en cada tipo de tarea. Compartí mi trayecto en redes sociales (Twitter y LinkedIn), por lo que pronto me convertí en ese profesor que “obliga a usar ChatGPT en sus clases” (Pérez, 2023). Comparto aquí el fruto de algunas de mis reflexiones, experiencias, así como evidencias científicas emergentes.

El propósito de este artículo no es ofrecer un recorrido exhaustivo sobre todas las implicaciones que la IAGenen tiene para el ecosistema educativo;

su alcance pretende ser más acotado, más específico. El análisis se enfoca particularmente en cómo la llegada de esta tecnología redefine el rol esencial de la pregunta en el contexto educativo, más allá de consideraciones técnicas o meramente instrumentales sobre el uso de estas herramientas. La reflexión propuesta se extiende hacia una dimensión más profunda, explorando cómo el acto mismo de cuestionar, tan fundamental en el proceso humano de aprendizaje, se reconfigura con esta nueva realidad tecnológica.

El artículo examina cómo el papel tradicional de la pregunta como motor del pensamiento crítico y del descubrimiento personal se ve afectado por el acceso generalizado a respuestas complejas e inmediatas proporcionadas por modelos avanzados de IAGenen. Se abordan, por tanto, las implicaciones pedagógicas y epistemológicas de integrar activamente estas herramientas en los sistemas educativos, explorando los desafíos y oportunidades que presentan para el desarrollo de competencias cognitivas superiores y para la transformación profunda de los procesos de enseñanza y aprendizaje y sistemas educativos futuros.

Este artículo es, por tanto, un producto profundamente híbrido, fruto de la indagación y experimentación personal y de interacción e iteración con las distintas herramientas de IAGenen en proceso continuo desde hace más de dos años.

II. LOS RETOS QUE INTRODUCE LA IA EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE

En la corta pero intensa coexistencia de las herramientas de IAGenen y su exposición en el ámbito educativo, se ha movido desde posiciones iniciales de desconcierto seguido de primeros movimientos de rechazo, con tentativas de proscripción formal, a veces ejecutadas, en los distintos niveles educativos.

Casos notorios de medidas rápidas de prohibición o limitación estricta fueron los del Departamento de Educación de Nueva York para su sistema de escuelas públicas de primaria y secundaria, El distrito escolar unificado de Los Ángeles o Sciences Po de París (Instituto de Estudios Políti-

cos) o el sistema de escuelas públicas de Seattle. Para los responsables de Seattle, se considera como una herramienta más de trampa académica, contraria a la producción de pensamiento y contenido original (Soper, 2023). En Nueva York, el argumento fue que el uso de esas herramientas tendría “impacto negativo en el aprendizaje de los estudiantes y preocupaciones relacionadas con la seguridad y precisión del contenido y que, aunque la herramienta puede proporcionar respuestas rápidas y fáciles a las preguntas, no fomenta habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, que son esenciales para el éxito académico y durante toda la vida” (Shen-Berro, 2023). En el caso de Sciences Po, se establecía la prohibición completa de uso, con posibles sanciones de expulsión para los incumplidores. La justificación: “El *software* ChatGPT está planteando cuestiones importantes para educadores e investigadores de todo el mundo, en relación con el fraude en general y, particularmente, con el plagio” (Sciences Po, 2023). Integridad académica, plagio, inseguridad, imprecisión de contenidos, pérdida de pensamiento crítico: la constelación de riesgos y problemas asociados al uso de la IA en el espacio educativo por parte de los estudiantes.

Esta preocupación predominante por el plagio y la integridad académica delata una concepción educativa arraigada en muchos centros y en la actitud individual de numerosos docentes: el centro de gravedad del proceso formativo descansa principalmente en la evaluación de las respuestas que ofrece el alumnado, más que en la naturaleza o profundidad de las preguntas que este es capaz de formular y en el proceso que lleva a cabo para alcanzar los resultados esperados. Esta perspectiva se fundamenta, en gran medida, en un contexto pedagógico tradicional donde la dinámica establecida es que el profesor define las tareas y las preguntas, y se espera que el estudiante demuestre su conocimiento o sus capacidades a través de la calidad y originalidad de sus respuestas. El aprendizaje se mide, por tanto, por el producto final entregado, asumiendo que este refleja fielmente el esfuerzo y la comprensión individual.

La llegada de herramientas de IA generativa, capaces de producir respuestas complejas y aparentemente originales con enorme facilidad, choca

frontalmente con este modelo centrado en la respuesta. Por ello, la reacción defensiva de aplicar el marco pedagógico anterior (control del plagio, exigencia de producción individual de respuestas) al nuevo escenario tecnológico es una respuesta lógica y hasta cierto punto predecible. Ante una novedad disruptiva, la tendencia natural es analizar sus implicaciones para el sistema existente y adaptar las reglas vigentes —en este caso, las relativas a la evaluación y la autoría—, en lugar de considerar si la propia estructura del sistema educativo, con su énfasis en la respuesta sobre la pregunta, es la que necesita una revisión fundamental para integrar constructivamente estas nuevas herramientas y redefinir lo que valoramos como aprendizaje significativo. Así, se aplican las categorías, roles y prácticas tradicionales a una situación que, en realidad, desafía los fundamentos mismos sobre los que aquellas se construyeron.

Ilustramos con los siguientes esquemas gráficos la transformación en el paradigma educativo tradicional a partir de la irrupción de la inteligencia artificial generativa. En el modelo pedagógico convencional (gráfico 1), existía una correspondencia natural entre el proceso cognitivo desarrollado por el estudiante y el resultado observable en forma de entregable. El esfuerzo, tiempo y dedicación invertidos en la fase de proceso —aunque invisibles para el evaluador— se traducían de manera relativamente correlativa en la calidad del resultado final. Esta correlación permitía que el sistema evaluativo, centrado en productos tangibles y medibles, funcionara como un indicador razonablemente fiable del aprendizaje real adquirido por el estudiante. La lógica tradicional del proceso pedagógico se ha construido, por tanto, sobre la premisa de que el aprendizaje genuino se evidencia a través del entregable evaluado.

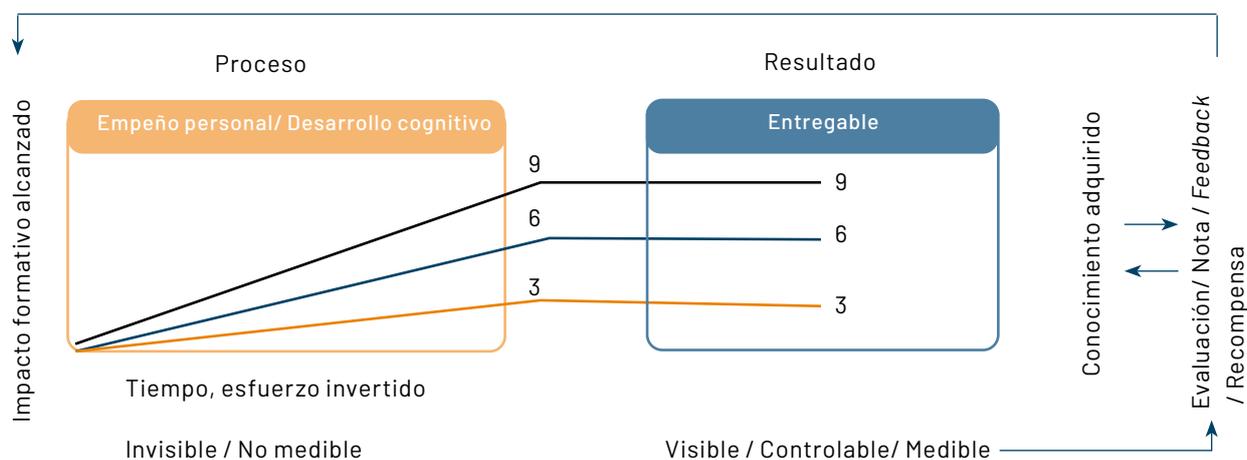
La introducción de herramientas como ChatGPT (gráfico 2) altera drásticamente esta ecuación al insertar un elemento disruptivo entre el proceso y el resultado. La IAGenen actúa como un puente artificial que permite al estudiante con menor empeño personal y desarrollo cognitivo (representado por la línea naranja) generar entregables de calidad equiparable o incluso superior a los de compañeros que han invertido mayor esfuerzo en el proceso formativo. Esta ruptura en la correspondencia proce-

so-resultado tiene una consecuencia crítica: el entregable deja de ser un reflejo fiel del conocimiento adquirido. Sin embargo, el sistema evaluativo continúa operando bajo el mismo principio de valoración del producto final, inadvertido de esta disociación, otorgando calificaciones y recompensas que ya no representan el verdadero aprendizaje alcanzado. El sistema tradicional de evaluación, que permanece

centrado en el producto visible y medible, no detecta esta discontinuidad. Así, paradójicamente, se genera un incentivo para el uso de la IA como atajo hacia la recompensa académica: los estudiantes pueden conseguir buenos resultados evaluativos prescindiendo de gran parte del proceso formativo que antes era necesario, debilitando así la relación entre aprendizaje real y reconocimiento académico.

GRÁFICO 1

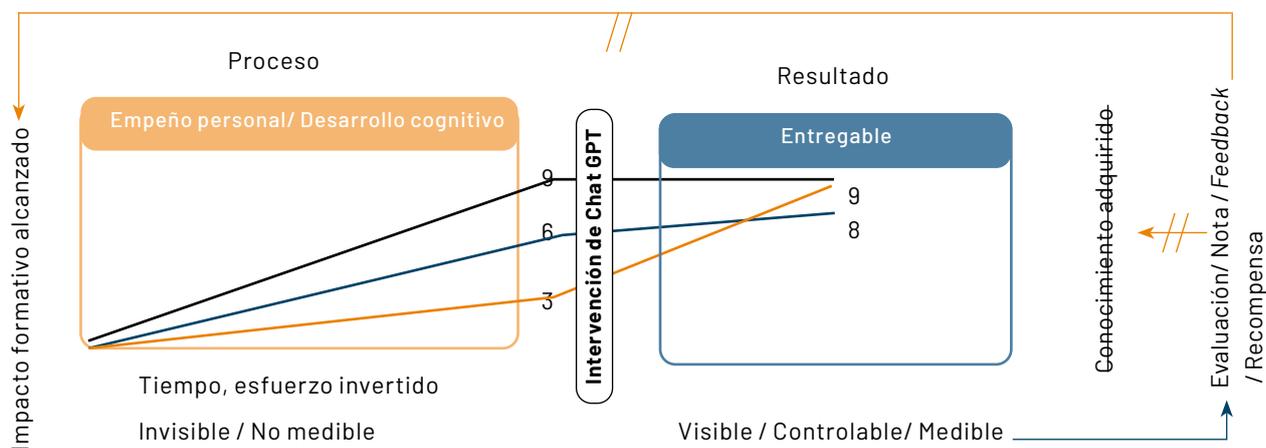
PROCESO COGNITIVO Y FORMATIVO TRADICIONAL



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 2

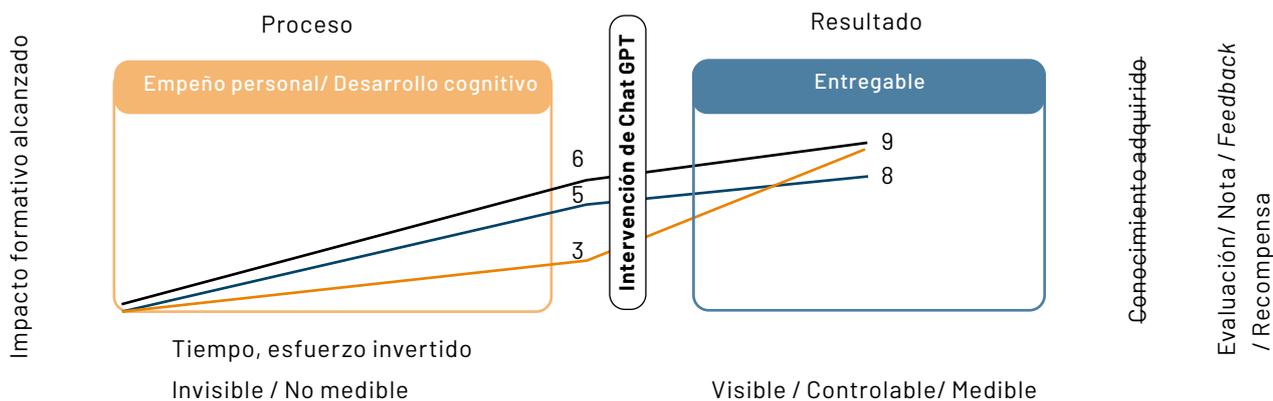
LA DISRUPCIÓN DE LA IAGEN EN EL PROCESO COGNITIVO Y FORMATIVO TRADICIONAL



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 3
LA DISRUPCIÓN DE LA IAGen EN EL PROCESO COGNITIVO Y FORMATIVO TRADICIONAL

Incentivos negativos de la IA generativa en el aprendizaje



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 3 revela quizá una de las consecuencias más problemáticas de este fenómeno: el efecto de los incentivos negativos en el comportamiento general del alumnado. Al observar que estudiantes con menor inversión de esfuerzo obtienen resultados equiparables gracias a la IAGen, incluso los alumnos anteriormente comprometidos con su desarrollo cognitivo (línea negra) comienzan a reducir su empeño personal. Se produce así un efecto de nivelación a la baja en el proceso formativo real, donde la motivación intrínseca por el aprendizaje se ve socavada por un sistema que inadvertidamente premia el uso estratégico de la tecnología sin distinguir entre conocimiento auténtico y simulado. El resultado final es un panorama donde todos los estudiantes pueden presentar entregables de alta calidad (niveles 8-9), pero con un desarrollo cognitivo real significativamente menor que en el escenario tradicional, creando una generación de aprendices aparentemente competentes según las métricas evaluativas convencionales, pero con deficiencias sustanciales en su formación real. En conjunto, el modelo evidencia una paradoja: mientras que la IAGen ofrece oportunidades para mejorar la educación, su uso indiscriminado, combinado con un marco pedagógico centrado en resultados, puede socavar el desarrollo cognitivo.

Ante este escenario disruptivo, es comprensible que una de las primeras vías de reacción adoptada en muchos centros educativos y por parte de numerosos docentes haya sido la prohibición estricta del uso de estas herramientas, considerándolo una práctica contraria a la integridad académica. Sin embargo, una vez comprendido el nuevo marco que la IA impone —la desconexión entre proceso visible y resultado evaluable—, se puede entender más fácilmente que la prohibición es, en realidad, un simple remedio superficial, un "parche" con un impacto real limitado y, por ello, cargado de efectos colaterales negativos. Su impacto es limitado porque, aunque las sanciones puedan disuadir a algunos, no eliminan el incentivo fundamental: los beneficios asociados al uso de la IA (ahorro de tiempo, mejora aparente del resultado) siguen existiendo y pueden prevalecer sobre el riesgo de sanción. Dado que estas herramientas generan textos en lenguaje natural y pueden adaptar su estilo y contenido a criterios específicos, los estudiantes pueden utilizarlas para resolver tareas total o parcialmente y luego acondicionar el resultado para hacerlo pasar por propio, dificultando enormemente la detección fehaciente del uso asistido. Por ejemplo, en un buen diseño de experimento, se infiltraron exámenes de Psicología generados al

100 por 100 por herramientas de IA, y el 94 por 100 no fueron detectados como fraudulentos (Scarfe et al., 2024).

Cuando esta prohibición no es universalmente respetada —algo altamente probable—, emergen los efectos colaterales negativos. En primer lugar, se genera una profunda injusticia: la prohibición acaba castigando (en tiempo dedicado o en calificación final) a los estudiantes cumplidores que respetan la norma, frente a aquellos que la infringen y no son detectados, que obtienen potencialmente mejores resultados con menor esfuerzo. Esto genera una doble frustración en los alumnos cumplidores: por un lado, la percepción de una disparidad inaceptable entre esfuerzo y recompensa; por otro, la imposibilidad de utilizar ellos mismos una herramienta potencialmente útil porque ha sido catalogada como ilícita. Hay estudios que sugieren que estas medidas pueden ahondar la brecha de género, dado que las alumnas tienden a respetar en mayor proporción las prohibiciones explícitas.

Otro de los efectos colaterales negativos de la prohibición es que introduce en el ecosistema educativo un nuevo espacio de comportamientos dictaminados como tramposos, ampliando el margen de actuación clandestina dentro del ámbito académico. Cada estudiante se convierte en un potencial incumplidor, ya que la existencia de beneficios reales derivados del uso de la IA, ahora "criminalizado", los enfrenta a un dilema ético y de análisis coste-beneficio de incumplir, que antes no existía. Es un escenario de análisis similar a la decisión del contribuyente sobre su cumplimiento tributario (Yitzhaki, 1974). Esta presión añade una carga moral y emocional adicional al proceso educativo, debilitando la confianza mutua entre estudiantes y docentes y erosionando el sentido de comunidad académica basado en la honestidad y el esfuerzo compartido.

Pero quizá lo más relevante de esta cuestión es que la medida prohibitiva es una respuesta puramente reactiva que niega o, como mínimo, impide ver con claridad el nuevo marco pedagógico en el que la IA nos introduce inevitablemente. Al centrarse en el control y la sanción, frena la necesaria y urgente reflexión sobre la transformación de los

criterios de evaluación y, por ende, de las propias tareas y actividades formativas. Finalmente, la lógica de la prohibición cierra la puerta a una experiencia formativa clave: aprender a utilizar la IA de manera ética y eficaz para investigar, crear y, en definitiva, aprender más y mejor. Esta es, sin duda, una de las capacidades fundamentales que los estudiantes necesitarán desarrollar para su futuro desenvolvimiento académico y profesional en un mundo donde estas herramientas serán omnipresentes.

III. LA IA GENERATIVA NECESITA DE PREGUNTAS HUMANAS

La problemática expuesta hasta ahora evidencia una tensión fundamental en el sistema educativo actual: mientras nos enfocamos en controlar, prohibir o limitar el uso de la IA generativa para preservar métodos tradicionales de evaluación, perdemos de vista una transformación más profunda y necesaria. Este cambio de paradigma no consiste simplemente en adaptarnos a nuevas herramientas, sino en replantearnos la dinámica del proceso educativo para preservar los objetivos de aprendizaje e incluso expandirlos. Emerge así la necesidad de una reflexión más profunda sobre qué aspectos del proceso de aprendizaje debemos priorizar en este nuevo contexto. Si bien la atención inicial se ha volcado comprensiblemente en la capacidad de la IA para generar respuestas sofisticadas, es fundamental reconocer que estas herramientas no operan en el vacío. Su potencia y utilidad dependen intrínsecamente de un elemento humano fundamental que precede a cualquier resultado: la pregunta.

Es precisamente aquí donde se abre una vía prometedora para reconceptualizar el aprendizaje en la era de la IA. Si el valor tradicional residía en la respuesta que el alumno era capaz de construir, la nueva dinámica tecnológica nos invita a considerar el potencial formativo inherente al acto de preguntar. Toda la arquitectura de la IA generativa, con sus impresionantes capacidades, se activa y se dirige a través de las cuestiones, los comandos y las indicaciones que formula el usuario humano.

Si el modelo tradicional ha puesto el énfasis en las respuestas que el alumnado produce—me-

dibles, evaluables y comparables—, la era de la IA generativa nos invita a desplazar el centro de gravedad hacia las preguntas que somos capaces de formular. Porque mientras las respuestas pueden ser ahora generadas artificialmente con una calidad asombrosa, la capacidad de cuestionar, problematizar y formular interrogantes sigue siendo una facultad genuinamente humana. Donde antes valorábamos principalmente el producto final del aprendizaje, ahora debemos prestar especial atención al proceso, particularmente a la habilidad para plantear las cuestiones adecuadas que guíen la interacción con estas nuevas herramientas. La pregunta bien formulada se convierte así en el verdadero indicador del pensamiento crítico y la comprensión profunda. Las respuestas que ofrecen las herramientas de IAGen a esas preguntas pertinentes se convierten en el complemento para la expansión del conocimiento y del proceso reflexivo profundo.

Esta reflexión sobre el nuevo papel protagonista que la pregunta puede y debe asumir en el proceso educativo será el foco de análisis en las siguientes secciones. Exploraremos cómo cultivar la habilidad de formular preguntas pertinentes, profundas y estratégicas puede ser la clave no solo para utilizar la IA de forma eficaz y ética, sino para fomentar el pensamiento crítico y la autonomía intelectual, que siempre han sido los objetivos últimos de la educación.

IV. LAS LIMITACIONES PEDAGÓGICAS DEL FOCO EN LAS TÉCNICAS DE PROMPTING

En el emergente ecosistema educativo que integra la IAGen, se ha popularizado un enfoque que, aunque valioso en su dimensión práctica, resulta insuficiente desde una perspectiva pedagógica profunda: la priorización de las técnicas de prompting (el texto de la pregunta o instrucción que se da a la herramienta de IAGen). A medida que docentes y centros educativos comienzan a aceptar la inevitable presencia de estas herramientas, surge una tendencia generalizada a centrar los esfuerzos formativos en enseñar cómo formular adecuadamente las instrucciones o preguntas que se dirigen a los modelos de IA. Esta concentración en la ingeniería de *prompts* —la estructuración pre-

cisa de instrucciones con el formato, información contextual y parámetros específicos— responde a una evidencia empírica: efectivamente, un *prompt* bien construido genera resultados sustancialmente mejores que uno improvisado o mal estructurado. Las guías de uso, los talleres formativos y los recursos pedagógicos que proliferan actualmente tienden a situar estas técnicas como la piedra angular del uso educativo de la IA. No cabe duda de que estas técnicas son valiosas y que conocerlas y aplicarlas correctamente forma parte de la necesaria alfabetización digital de estudiantes y docentes en la nueva era tecnológica.

Sin embargo, este enfoque, aunque pragmático, perpetúa inadvertidamente una paradoja: mientras pretende innovar en la interacción con estas nuevas tecnologías, mantiene intacto el paradigma tradicional que sigue privilegiando el resultado final sobre el proceso. Cuando centramos la formación en técnicas de *prompting* orientadas principalmente a obtener mejores respuestas de la IA, estamos reforzando implícitamente la idea de que el valor pedagógico reside en la calidad del producto generado, no en el proceso intelectual que lo precede. Esta aproximación escamotea el marco pedagógico esencial: el por qué y el para qué de la pregunta. Cuando un estudiante formula una cuestión a un sistema de IA, o cuando un docente diseña actividades que implican esta interacción, lo verdaderamente significativo no es la optimización técnica del *prompt* para obtener un mejor resultado, sino el contexto formativo en el que se inserta esta acción, los objetivos de aprendizaje que persigue y las capacidades cognitivas que se pretenden desarrollar en el proceso. Es una instrumentalización que nos mantiene anclados en el paradigma de la respuesta, ahora mediada por la IA.

La verdadera oportunidad que nos brinda la IA generativa no consiste en enseñar a formular *prompts* técnicamente perfectos, sino en convertir el acto de cuestionar, de problematizar, de interrogar, en el centro neurálgico del proceso educativo. En esa capacidad genuinamente humana reside, quizá, la frontera más nítida entre la inteligencia artificial y la inteligencia humana y, por ende, el territorio más fértil para replantear la educación en la era de la IA.

V. LAS LIMITACIONES DEL FOCO EN VALIDAR Y VERIFICAR RESULTADOS DE LA IA

En el contexto de la integración de la inteligencia artificial generativa en el ámbito educativo, numerosas guías de uso docente destacan la importancia de capacitar a los estudiantes en el manejo crítico de estas herramientas. En particular, muchas de estas guías subrayan la necesidad de que los alumnos desarrollen habilidades de verificación y validación de los resultados generados por la IAGen, presentando incluso estas tareas como una de las prácticas formativas más relevantes que se pueden derivar del uso de la IA en el aprendizaje.

Esta aproximación propone convertir al estudiante en un verificador sistemático de los *outputs* de la IA, que se desarrolla con tareas como:

- validar la veracidad y el rigor de las respuestas generadas
- verificar la adecuación y la relevancia de las referencias propuestas
- contrastar los contenidos con fuentes externas fiables
- identificar sesgos presentes en la formulación de respuestas
- detectar lagunas de información o errores conceptuales
- valorar la calidad, profundidad y pertinencia de las respuestas ofrecidas.

Este tipo de actividades contribuye de manera directa y clara a la alfabetización en el uso de la IA, así como a la comprensión de sus límites y riesgos inherentes, conscientes de las particularidades y limitaciones de estos sistemas, capacitándolos para interactuar con ellos de manera más sofisticada y menos ingenua. En mi propia práctica docente, he implementado ejercicios donde los alumnos analizan críticamente las respuestas de los sistemas de IA, obteniendo resultados positivos en términos de desarrollo del pensamiento crítico.

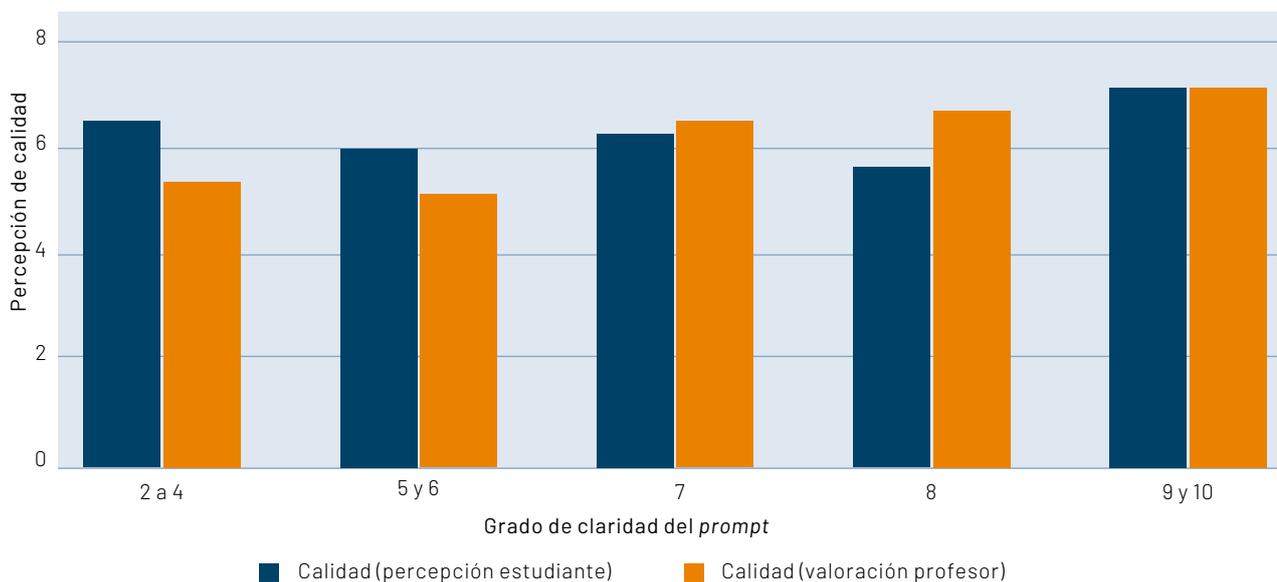
Sin embargo, considerar esta práctica de verificación como la culminación del potencial pedagógico de la IA supone una visión excesivamente restrictiva que ignora varios factores limitantes. En primer lugar, esta aproximación tiene un recorrido formativo finito: una vez que el estudiante adquiere las competencias básicas para analizar críticamente los *outputs* de la IA, el valor pedagógico marginal de repetir estos ejercicios decrece significativamente.

Además, estamos ante un enfoque que corresponde claramente a un período de transición tecnológica. La vertiginosa evolución de los modelos de IA generativa apunta hacia una mejora constante en la calidad de sus respuestas, con una reducción significativa en la tasa de “alucinaciones” –generación de información incorrecta presentada como factual– y de errores conceptuales, de datos o de referencias. Esta tendencia tecnológica sugiere que, en un futuro próximo, la calidad de las respuestas generadas por la IA superará la capacidad del usuario promedio para validarlas exhaustivamente, invirtiendo la relación actual y haciendo que estas prácticas de verificación pierdan progresivamente relevancia pedagógica.

Existe, finalmente, una limitación epistemológica fundamental en el ejercicio de validación como herramienta para el desarrollo del pensamiento crítico: cuando el uso inicial de la IA responde a una laguna genuina de conocimiento por parte del estudiante, este carece precisamente de las herramientas conceptuales y cognitivas necesarias para realizar una validación rigurosa. Si la base de conocimiento es débil, la capacidad de evaluar críticamente la información generada por la IA también lo será. Se produce así una paradoja: quien más necesita verificar (por desconocer el tema) es quien menos capacidad tiene para hacerlo efectivamente. En estos casos, el ejercicio de verificación puede convertirse en una actividad superficial o incluso contraproducente, generando una falsa sensación de competencia crítica que no se corresponde con un aprendizaje sustantivo. El estudio de Tully *et al.* (2025) confirma que los estudiantes con menos alfabetización en IA son los que más confianza depositan en los resultados que genera. Comparto a modo de ejemplo un ejer-

GRÁFICO 4

COMPARACIÓN DE PERCEPCIÓN DE CALIDAD ENTRE ESTUDIANTES Y PROFESORES



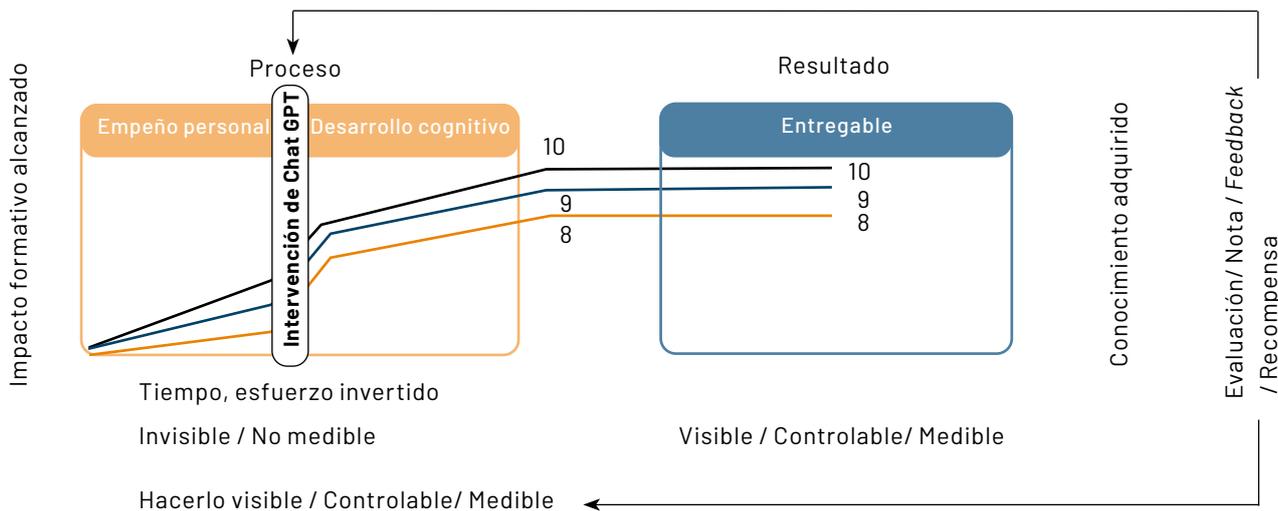
Fuente: Elaboración propia.

cicio conducido en mi asignatura Teoría Impositiva. Para cada una de las 30 sesiones de clases, cada alumno debía formular una pregunta relevante de expansión ligada a los contenidos de la sesión, que sometían a ChatGPT. A continuación, debían valorar cualitativa y cuantitativamente la calidad de la respuesta recibida. Por mi parte, evaluaba a mi vez la claridad de la pregunta formulada por los estudiantes y daba mi propia valoración cuantitativa de la calidad de la respuesta aportada por la IA. Los resultados agregados, presentados en el gráfico 4 muestran que cuando más confusa es la pregunta formulada por el estudiante (nivel de claridad de 2 a 4 sobre 10), mayor es la disparidad de la calidad percibida de la respuesta de la IA entre su propia valoración y la que he asignado yo. En cambio, cuando la claridad de la pregunta formulada por el alumno es alta (nivel 9 a 10 sobre 10), hay convergencia de percepciones. Mi interpretación de estos resultados es que el grado de claridad de la formulada por el estudiante está directamente asociada con su propia comprensión del concepto ligado a la pregunta. Alta confusión denota que

no comprendió bien el concepto tratado en clase y sobre el que se quiere saber más o explorar. Al tener un dominio bajo de la cuestión tratada, le tiende a parecer que la respuesta de la IA es buena, ya que aclara algo de la nebulosa que tiene, mientras que la realidad es que, al ser una pregunta muy confusa, la respuesta generada por el instrumento de IA tiende a ser pobre.

Esta dinámica revela quizá la limitación más profunda del enfoque centrado en la verificación: su carácter fundamentalmente reactivo. Centrarse exclusivamente en el uso crítico de la IA como verificador de resultados implica adoptar una postura defensiva frente a la tecnología, donde el estudiante se posiciona primordialmente como un detector de errores y limitaciones. Esta perspectiva, aunque necesaria, impide ver y aprovechar la oportunidad de utilizar la IA de manera genuinamente constructiva para ejercer y expandir el pensamiento crítico desde una aproximación proactiva y creativa. El verdadero potencial transformador de la IA en el espacio educativo reside en utilizarla como una

GRÁFICO 5
INTEGRACIÓN DE LA IA EN EL PROCESO FORMATIVO



Fuente: Elaboración propia.

herramienta que catalice nuevos procesos de pensamiento, que estimule la formulación de preguntas más profundas y complejas, y que permita explorar territorios conceptuales previamente inaccesibles. Sin desdeñar el valor indudable que las actividades de verificación y validación aportan en el contexto actual, es necesario ampliar nuestra visión sobre el papel pedagógico de la IA más allá de este enfoque limitado.

VI. PONER LA PREGUNTA EN EL CENTRO

Tras las aproximaciones parciales de vías de integración de la IA en el aprendizaje y la enseñanza exploradas en las secciones anteriores, abordamos ahora de manera directa las implicaciones que se anunciaban por la disrupción que la IA provoca en la ecuación proceso-resultados en el ámbito docente. Planteamos que esta reconsideración no debe limitarse a ajustes superficiales, sino que invita a una transformación profunda que ponga el foco en la etapa del proceso como eje vertebrador del aprendizaje significativo.

Nos obligamos, por lo tanto, a centrarnos en vías para impulsar la etapa del proceso en las tareas y actividades formativas de los estudiantes, para convertirla en el centro explícito del proceso formativo y, consecuentemente, del diseño instruccional y los mecanismos de evaluación (gráfico 5). Esta reorientación no surge como una mera reacción defensiva ante la tecnología, sino como una oportunidad para reconectar con la esencia misma del aprendizaje profundo.

Llevar el foco al proceso significa también dar protagonismo activo al aprendiz y, por tanto, recalibrar la relación docente-alumno y el papel del docente, manteniendo y protegiendo su misión fundamental. El docente transita de ser principalmente transmisor de conocimiento y evaluador de resultados a convertirse en diseñador de experiencias de aprendizaje y mentor durante el proceso, sin que esto suponga una disminución de su relevancia, sino una transformación cualitativa de su rol. Todo ello requiere contar con puntos de contacto y de evidencias tangibles en el seno de ese proceso, elementos que permitan visualizar, acompañar y

evaluar el recorrido cognitivo del estudiante, no solo su destino final.

Es un reto, especialmente arduo en algunos tipos de tareas y trabajos usados con asiduidad en la etapa pre-IA Gen, mientras que otras metodologías llevan ya integrada la recogida de esas evidencias durante el proceso, como por ejemplo el aprendizaje basado en proyectos, metodologías de aula invertida, seminarios con protagonismo activo de los estudiantes, el modelo de tutorías de Oxford y Cambridge, aprendizaje basado en retos, debate, el método del caso, o análisis conversacional de libros. Para ambos casos contamos con un instrumento que proponemos que se convierta en el aliado estratégico en esta nueva etapa: las preguntas formuladas por los propios estudiantes.

La pregunta siempre ha estado presente en todo proceso formativo. La dinámica tradicional, en la que el autor de las preguntas es el docente, refleja una concepción unidireccional de la transmisión del conocimiento: del que sabe al que no sabe, configurando un marco pedagógico donde el estudiante es esencialmente reactivo, respondiendo a las inquietudes intelectuales formuladas por el docente.

Bien es cierto que el proceso formativo tradicional también ha dejado espacio a la pregunta del alumno. Sin embargo, ese espacio suele enmarcarse en la relación del que no sabe, que pregunta, al que sabe, el docente, que responde. Se espera y se piden preguntas sobre lo que no se ha comprendido o sobre lo que requiere mayor explicación. Son preguntas que nacen de la confusión o de la ignorancia, y que esperan ser resueltas por la autoridad cognitiva del docente. Este tipo de preguntas, aunque valiosas, mantienen al estudiante en una posición fundamentalmente receptiva y dependiente.

Sin embargo, el escenario que estamos planteando ahora no es el de la pregunta desde la ignorancia, sino la pregunta para la exploración y para el avance, muchas veces basada en conocimiento o experiencia previa, guiadas por el docente, cuya respuesta no se espera que llegue de parte del profesor sino de la propia indagación del alumno, ahora potenciada por el acceso a herramientas de IA Gen.

Proponemos transformar estas preguntas en ingredientes estratégicos, obligatorios, evidenciados, medibles, evaluables y a los que se da feedback formativo y evaluativo, que los alumnos deben incorporar en las actividades y trabajos que desarrollan. No se trata de preguntas formuladas de manera incidental o accesorias, sino de elementos centrales del diseño instruccional, espacios de reflexión intencionalmente configurados donde el estudiante debe demostrar su capacidad para problematizar el conocimiento, para reconocer límites conceptuales, para identificar áreas de expansión, y para orientar su propia ruta de aprendizaje.

Llevar a los estudiantes a la zona reflexiva y de profundización desde la que nacen preguntas valiosas para seguir avanzando forma, de hecho, parte del núcleo del proceso de aprendizaje genuino, y conecta de manera directa con la promoción y desarrollo del pensamiento crítico, así como el autoaprendizaje (Álvarez, 2025). La capacidad de formular preguntas pertinentes y fecundas no es meramente una habilidad instrumental, sino un indicador de madurez intelectual.

Por eso, no se trata de plantearlo como una innovación tecnológica o adaptación descentrada del proceso de aprendizaje: es la oportunidad de hacer engranaje con la esencia del proceso de aprendizaje y, por tanto, de la misión docente. Darse cuenta de que la necesidad es virtud. La irrupción de la IA no nos obliga a inventar un nuevo paradigma educativo desde cero, sino que nos invita a reconectar con principios pedagógicos fundamentales que, quizá, habían quedado parcialmente eclipsados por dinámicas evaluativas centradas excesivamente en el producto. No hablamos, por tanto, de una novedad tecnófila, sino de la conexión con la lógica socrática, que situaba justamente en la pregunta, en la indagación sistemática, el motor del pensamiento y del conocimiento.

De hecho, y lógicamente, existen propuestas metodológicas pre-IA Gen fuertemente asentadas en la cultura de la pregunta, como el aprendizaje basado en pensamiento (Swartz *et al.*, 2013) o el aprendizaje basado en preguntas (Acree 2021; Berger, 2019). Estas aproximaciones pedagógicas, que ya habían identificado el valor formativo intrínseco del cues-

tionamiento, adquieren ahora una relevancia renovada, revelándose como particularmente adaptadas al nuevo ecosistema educativo mediado por la IA. Se trata de recuperar y potenciar aquellas tradiciones educativas que siempre han puesto el énfasis en el proceso reflexivo y en la autonomía intelectual del estudiante. Hemos mencionado ya algunas metodologías docentes que favorecen este proceso.

La propuesta y la invitación es reevaluar el diseño instruccional de las actividades formativas para que intervenga de manera principal todo el proceso de generación de preguntas por parte del estudiante en el marco de esos ejercicios, de manera que se puedan monitorear y documentar para que se conviertan en muchos casos en el eje principal del proceso y resultados de aprendizaje.

Con el aliciente y la nueva exigencia de que no se queda en preguntas retóricas o que deba afrontar el docente, sino que el alumno dirige a las herramientas de IAGen para integrar la información nueva que generan sus respuestas en el proceso de construcción y mejora de la actividad formativa y de enriquecimiento del proceso de aprendizaje. Este enfoque pedagógico centrado en la pregunta transforma radicalmente la relación entre el estudiante y la IA. La IA deja de ser una amenaza para la integridad académica para convertirse en un catalizador de procesos cognitivos de orden superior, en un ciclo virtuoso donde el estudiante mantiene la dirección y el protagonismo, siempre que el diseño pedagógico ponga el énfasis adecuado en el valor intrínseco de la pregunta como evidencia de aprendizaje significativo.

VII. LA PARADOJA PEDAGÓGICA DE LA REGLA DE ORO DE USO DE LA IA

El recorrido que hemos trazado a través de los desafíos y oportunidades que la IAGen introduce en el ámbito educativo nos conduce ahora a una propuesta específica y aparentemente contraintuitiva: lo que denominaremos la Regla de Oro del uso de la IA en contextos de aprendizaje. Esta propuesta constituye en realidad un principio vertebrador para integrar efectivamente estas herramientas en el proceso formativo, maximizando su potencial pedagógico mientras se mitigan sus riesgos inherentes.

La Regla de Oro que proponemos puede formularse de manera sencilla: preguntar a la IA de lo que ya se sabe. Esta formulación deliberadamente provocadora nos invita a repensar radicalmente el papel de la pregunta en la interacción con sistemas de IA y, por extensión, en el proceso educativo en su conjunto. El principio puede parecer contrario a la intuición inmediata sobre el uso de herramientas de consulta —tradicionalmente acudimos a ellas precisamente para obtener respuestas sobre lo que desconocemos—, pero esta aparente contradicción encierra una profunda lógica pedagógica.

Estamos proponiendo llevar a los estudiantes a un uso de la IA fundamentalmente distinto del que adoptarían espontáneamente, y también diferente del espacio que los docentes suelen reservar para las preguntas estudiantiles en el contexto educativo tradicional. Es una dinámica basada en la carencia: se pregunta desde el no-saber para recibir del experto el saber que nos falta.

La Regla de Oro invierte completamente esta lógica, proponiendo que el estudiante interactúe con la IA precisamente en aquellos territorios donde ya posee un conocimiento sustantivo, donde ha desarrollado una comprensión conceptual previa, donde cuenta con un andamiaje cognitivo que le permite navegar el tema con cierta soltura.

Es importante enfatizar que esta aproximación no surge de manera espontánea o natural. No es el modo en que los estudiantes tenderán a utilizar la IA si se le deja a su libre albedrío, ni tampoco es la forma en que muchos docentes concebirían inicialmente la integración de estas herramientas. Es el resultado deliberado de un diseño instruccional cuidadoso que estructura la interacción entre el estudiante y la IA para convertirla en una experiencia genuinamente formativa.

Los beneficios de aplicar esta Regla de Oro son múltiples y afectan tanto a la calidad de la interacción con la IA como al proceso de aprendizaje en su conjunto.

En primer lugar, se reduce significativamente la confusión y vaguedad en la formulación de las preguntas. Cuando un estudiante pregunta sobre un

tema que ya domina, es capaz de construir interrogantes más precisos, más acotados y más pertinentes. Su familiaridad con el territorio conceptual le permite identificar con mayor claridad los aspectos específicos que desea explorar, evitando las preguntas excesivamente generales o mal definidas que a menudo surgen cuando se interroga desde la ignorancia completa. Esta mayor precisión en la pregunta se traduce directamente en una mejora sustancial de la calidad de las respuestas generadas por la IA, estableciendo así un primer círculo virtuoso: mejor conocimiento previo → mejor pregunta → mejor respuesta → expansión del conocimiento.

Además, el conocimiento previo del tema permite al estudiante ejercer un verdadero espíritu crítico frente a las respuestas recibidas. Cuando interrogamos a la IA sobre temas que ya conocemos, disponemos de los criterios necesarios para evaluar la calidad, precisión y pertinencia de sus respuestas. Podemos identificar errores factuales, detectar simplificaciones excesivas, cuestionar generalizaciones problemáticas o reconocer matices omitidos. Esta capacidad evaluativa enriquece el aprendizaje inmediato a la vez que desarrolla habilidades metacognitivas transferibles a otros contextos.

Otro beneficio particularmente relevante de esta aproximación es la reducción significativa del riesgo de alucinación aceptada. Las "alucinaciones" —esa tendencia de los modelos de IA a generar información incorrecta presentándola como factual— constituyen uno de los problemas más serios para el uso educativo de estas herramientas. Cuando un estudiante consulta sobre temas que desconoce completamente, carece de las herramientas cognitivas necesarias para detectar estos errores, pudiendo incorporarlos como verdades a su marco conceptual. Por el contrario, el conocimiento previo funciona como un filtro que permite identificar y descartar estas alucinaciones, protegiendo la integridad del proceso de aprendizaje.

De manera similar, esta práctica reduce el efecto Dunning-Kruger, ese sesgo cognitivo por el cual las personas con menor conocimiento sobre un tema tienden a sobreestimar su competencia en el mismo. Cuando un estudiante sin conocimiento

suficiente recibe una respuesta aparentemente sofisticada de la IA, puede desarrollar una falsa sensación de comprensión profunda, asumiendo que ha asimilado conceptos complejos cuando en realidad solo ha consumido pasivamente una explicación generada artificialmente. Preguntar desde el conocimiento mitiga este riesgo, ya que el estudiante dispone de un marco conceptual que le permite distinguir entre la comprensión auténtica y la ilusión de comprensión.

En este marco, el uso de la IA no sustituye la reflexión del estudiante, sino que la amplía y enriquece. Al interactuar con la herramienta desde una base de conocimiento ya establecida, el estudiante no busca que la IA "piense por él", sino que le ayude a expandir su propio pensamiento, a identificar conexiones no evidentes, a explorar implicaciones no consideradas previamente o a acceder a perspectivas alternativas sobre cuestiones ya reflexionadas.

Quizá el beneficio más profundo de esta aproximación es que sitúa al estudiante en la zona de preservación y promoción del pensamiento crítico. Cuando preguntamos sobre lo que ya conocemos, no estamos en una posición de dependencia o vulnerabilidad epistémica respecto a la respuesta recibida. Podemos evaluar, cuestionar y, eventualmente, rechazar lo que la IA nos ofrece. Esta postura activa y crítica es precisamente la que aspiramos a cultivar en todo proceso educativo: no la aceptación pasiva de la información recibida, sino su procesamiento crítico e integración selectiva en estructuras de pensamiento propias.

Conviene señalar que no se propone una aplicación rígida o absolutista de la Regla de Oro en el uso de la IAGen en el aprendizaje. El criterio fundamental sigue siendo preservar y promover el aprendizaje significativo de los estudiantes. En muchos casos, se tratará de estimular la exploración libre, la curiosidad intelectual o la creatividad. Con un buen diseño instruccional, el apoyo de herramientas de IAGen para adentrarse en territorios desconocidos y desarrollar capacidades cognitivas superiores puede convertirse, sin duda, en un aliado poderoso. Ese diseño no debe orientarse a fomentar "resultados creativos" generados directamente por la IA —que, como señalan Guzik *et al.* (2023), ya

puede producir más y mejor que los propios estudiantes—, pues esto implica riesgos de sustitución en el desarrollo de dichas capacidades (Habib *et al.*, 2024). Más bien, el foco debe estar en la hibridación entre estudiante y herramienta, de modo que el estudiante asuma desafíos más exigentes y logre resultados de aprendizaje más ambiciosos. Para ello, es clave que no delegue su pensamiento reflexivo y exploratorio, sino que lo expanda mediante el uso de la IA como un mentor. Cuanto más formado esté el criterio propio del estudiante, y mayor sea su alfabetización sobre el potencial, los límites y los sesgos de estas herramientas, mayores serán los beneficios que podrá obtener del uso de dinámicas exploratorias asistidas por IA.

Tomar en cuenta el criterio de la Regla de Oro constituye una ayuda práctica y pedagógica de primer orden para guiar al docente en el rediseño de las actividades formativas. El docente puede ahora diseñar tareas donde los estudiantes deban documentar no solo sus respuestas finales, sino el proceso de formulación de preguntas que han dirigido a la IA, evidenciando así tanto su conocimiento previo como su capacidad para expandirlo mediante un uso crítico y reflexivo de estas herramientas.

La aplicación de la Regla de Oro consigue así una integración doblemente valiosa de la IA en el proceso educativo: por un lado, potencia el uso de estas nuevas herramientas para la expansión del aprendizaje superior y profundo, convirtiendo la interacción con la IA en una experiencia genuinamente formativa; por otro, mitiga de manera efectiva muchos de los riesgos y limitaciones reales que estas tecnologías presentan en contextos educativos, particularmente aquellos relacionados con la verificación de información, el desarrollo de falsa confianza o la sustitución del pensamiento propio.

El cambio de paradigma es incipiente y todavía no se ha generalizado entre quienes integran el uso de la inteligencia artificial en la enseñanza y el aprendizaje. Aún se necesita tiempo para que emerjan evidencias científicas sólidas que respalden las promesas planteadas en este artículo sobre la expansión del aprendizaje y el desarrollo de capacidades superiores mediante un uso es-

tratégico de las nuevas funcionalidades de la IAG. Sin embargo, ya contamos con algunas evidencias iniciales valiosas. Por ejemplo, Yusuf *et al.* (2024) presentan un diseño instruccional centrado en el desarrollo del pensamiento crítico mediante el uso estructurado de contenidos generados por IA, que los estudiantes deben analizar y utilizar en tareas de creciente complejidad cognitiva. El análisis econométrico muestra que el grupo experimental alcanza resultados de mayor calidad y desarrolla en mayor medida capacidades de pensamiento crítico. De forma complementaria, Chang *et al.* (2025), mediante un diseño basado en chatbots para la simulación de roles, identifican mejoras en las actitudes hacia el aprendizaje, la empatía y las capacidades reflexivas superiores en el grupo experimental. Por su parte, Gonsalves (2024) encuentra que la interacción guiada con IAGen en estudiantes de máster en *marketing* genera efectos tanto positivos como negativos sobre el pensamiento crítico, dependiendo del diseño de la tarea. Finalmente, el metaanálisis de Sardi *et al.* (2025), que abarca 38 estudios, muestra que en el 71 por 100 de los casos se detecta un impacto positivo en el aprendizaje autorregulado, especialmente gracias al apoyo metacognitivo y al *feedback* adaptativo facilitado por herramientas de IA.

VIII. CONCLUSIÓN: NO ES TECNOLOGÍA, ES PEDAGOGÍA

Las reflexiones y análisis presentados a lo largo de este artículo convergen en una conclusión fundamental: la irrupción de la inteligencia artificial generativa en el ámbito educativo no es primariamente un desafío tecnológico, sino esencialmente pedagógico. La clave para integrar de manera efectiva y transformadora estas nuevas herramientas no reside en la sofisticación de los algoritmos ni en la calidad de sus respuestas, sino en nuestra capacidad para repensar y adaptar los fundamentos mismos de cómo enseñamos y cómo aprenden nuestros estudiantes. Las conclusiones que se derivan de este análisis son las siguientes:

1. La IAGen ha alterado irreversiblemente la ecuación proceso–resultado en el aprendizaje, creando una disociación entre el esfuerzo cognitivo

real y la calidad del producto evaluable. Esta ruptura invalida parcialmente los sistemas tradicionales de evaluación centrados exclusivamente en el resultado final.

2. La prohibición del uso de la IA es una solución superficial con efectos colaterales negativos: si bien la preocupación por la integridad académica es legítima, la prohibición no aborda el cambio de paradigma que la IA introduce y puede generar injusticias y limitar el desarrollo de habilidades necesarias para el futuro.
3. El foco exclusivo en las técnicas de prompting o en la verificación de resultados constituye una aproximación valiosa pero parcial y transitoria, que mantiene intacto el paradigma tradicional centrado en las respuestas y desaprovecha el potencial transformador de estas herramientas.
4. La verdadera oportunidad pedagógica radica en desplazar el centro de gravedad desde las respuestas hacia las preguntas, convirtiendo a estas últimas en elementos estructurales, evaluables y centrales del proceso formativo.
5. La "Regla de Oro" para el uso pedagógico de la IA —preguntar sobre lo que ya se sabe— ofrece un principio operativo claro que promueve el pensamiento crítico, reduce riesgos asociados a su uso superficial o inadecuado y posiciona al estudiante como agente activo en la construcción de su conocimiento.
6. Este nuevo paradigma no exige reinventar la pedagogía, sino recuperar y potenciar tradiciones educativas que siempre han situado la indagación y el cuestionamiento en el centro del proceso formativo, conectando con la esencia socrática del aprendizaje.
7. El rol docente se transforma, pero no se devalúa, evolucionando desde la transmisión y evaluación de conocimientos hacia el diseño estratégico de experiencias de aprendizaje donde la pregunta adquiere protagonismo estructural.
8. El verdadero reto no es tecnológico sino pedagógico: no se trata de adaptar superficialmente nuestras prácticas para "sobrevivir" a la IA, ni de

convertirse en expertos técnicos de uso de herramientas de IA, sino de aprovechar esta disrupción como catalizador para una transformación profunda que reconecte con los objetivos esenciales de la educación.

Por tanto, la integración efectiva de la IA en la educación no puede reducirse a una cuestión de adopción tecnológica o de desarrollo de habilidades instrumentales, sino que exige una reconsideración fundamental de qué valoramos como aprendizaje significativo y cómo estructuramos los procesos formativos para fomentarlo. El enfoque en la pregunta como elemento central constituye la vía más prometedora para armonizar el potencial de estas nuevas herramientas con los objetivos perennes de la educación: el desarrollo del pensamiento crítico, la autonomía intelectual y la capacidad de aprendizaje a lo largo de la vida.

BIBLIOGRAFIA

- Acree, J. (2021).** *Empowering Students as Questioners*. Corwin Press.
- Álvarez, A. (2025).** *Autoaprendizaje y educación universitaria en la era de la inteligencia artificial: desafíos y oportunidades*. Facultad de Ciencias Económicas Universidad de Navarra, Trabajo de fin de grado.
- Berger, W. (2019).** *The Book of Beautiful Questions: The Powerful Questions That Will Help You Decide, Create, Connect, and Lead*. Bloomsbury Publishing.
- Chang, C., Lin, H., Yin, C. y Yang, K. (2025).** Generative AI-assisted reflective writing for improving students' higher order thinking: Evidence from quantitative and epistemic network analysis. *Educational Technology & Society*, 28(1), 270-285.
- García Martínez, A. y Pujol, F. (2024).** *¿En qué consiste integrar la inteligencia artificial generativa en el aprendizaje?* Aula Magna 2.0. <https://cuedespyd.hypotheses.org/15259>
- Gonsalves, C. (2024).** Generative AI's Impact on Critical

Thinking: Revisiting Bloom's Taxonomy. *Journal of Marketing Education*, 1.

Guzik, E., Byrge, C. y Gilde, C. (2024). The originality of machines: AI takes the Torrance Test. *Journal of Creativity*, 33(3).

Habib, S., Vogel, T., Anli, X. y Thorne, E. (2024). How does generative artificial intelligence impact student creativity? *Journal of Creativity*, 34(1).

Ortiz, S. (2022). What is ChatGPT and why does it matter? Here's what you need to know. *ZDNET* (versión del 20 de diciembre de 2022).

Pérez, J. (2023). "Obligo a usar ChatGPT en mis clases". Así es la irrupción inexorable de la nueva IA a las aulas. *El País*, 22 de febrero de 2023. <https://elpais.com/tecnologia/2023-02-22/obligo-a-usar-chatgpt-en-mis-clases-asi-es-la-irrupcion-inexorable-de-la-nueva-ia-a-las-aulas.html>

Scarfe, P., Warcham K., Clarke A. y Roech E. (2024). A real-world test of artificial intelligence infiltration of a university examinations system: A "Turing Test" case study. *PLoS One*, 19(6).

Sciences Po (2023). Sciences Po Bans. The Use of ChatGPT Without Transparent Referencing. *Communiqué de Presse Sciences Po*, 27 de enero 2023.

Sardi, J., Darmansyah, Candra, O., Yuliana, D. F., Habibullah, Putra Yanto, D. T. y Eliza, F. (2025). How Generative AI

Influences Students' Self-Regulated Learning and Critical Thinking Skills? A Systematic Review. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 15(1), 94-108.

Shen-Berro, J. (2023). New York City schools blocked ChatGPT. Here's what other large districts are doing. *Chalkbeat*, 6 de enero de 2023. <https://www.chalkbeat.org/2023/1/6/23543039/chatgpt-school-districts-ban-block-artificial-intelligence-open-ai/>

Soper, T. (2023). Seattle Public Schools bans ChatGPT; district 'requires original thought and work from students. *Geekwire*, 16 de enero de 2023. <https://www.geekwire.com/2023/seattle-public-schools-bans-chatgpt-district-requires-original-thought-and-work-from-students/>

Swartz, R., Costa, A., Beyer, B., Reagan, R. y Kallick, B. (2013). *El aprendizaje basado en el pensamiento. Cómo desarrollar en los alumnos las competencias del siglo XXI*. Biblioteca Innovación educativa.

Tully, S., Longoni, C. y Appel, G. (2025). Lower Artificial Intelligence Literacy Predicts Greater AI Receptivity. *Journal of Marketing*, 0(0).

Yitzhaki, Sh (1974). A note on income tax evasion: A theoretical analysis. *Journal of Public Economics*, 3(2), 201-202.

Yusuf A., Bello, S., Pervin, N. y Tukur, A. (2024). Implementing a proposed framework for enhancing critical thinking skills in synthesizing AI-generated texts, *Thinking Skills and Creativity*, 53.

LA NAVAJA SUIZA DE LA IA EDUCATIVA: EMPODERANDO AL PROFESORADO CON HERRAMIENTAS MODULARES PARA LA MEJORA PEDAGÓGICA

Francisco Luis Machín Aragonés

CDAO en IE University

Resumen

Este artículo examina la estrategia integral desarrollada por IE University para integrar la inteligencia artificial generativa en la educación superior mediante un ecosistema modular de herramientas pedagógicas. Descrito como una “navaja suiza” de la Inteligencia artificial educativa, el enfoque incluye el uso de artefactos como AI Tutor, AI Feedback, casos interactivos socráticos y los GPT personalizados. A través de colaboraciones con OpenAI y startups innovadoras, la universidad ha impulsado una transformación pedagógica centrada en la personalización del aprendizaje, la evaluación formativa, la autonomía estudiantil y la integridad académica. La evidencia empírica interna y externa valida los beneficios de este modelo en cuanto a flexibilidad instruccional, compromiso estudiantil y empoderamiento docente. Se presentan implicaciones teóricas, éticas y políticas, junto con recomendaciones prácticas para otras instituciones.

Palabras clave: inteligencia artificial educativa, IA generativa, ecosistema pedagógico, personalización del aprendizaje, retroalimentación formativa, casos socráticos, GPT personalizado, integridad académica, innovación educativa, autonomía del estudiante.

Abstract

This article analyzes IE University's comprehensive strategy for integrating generative artificial intelligence into higher education through a modular ecosystem of pedagogical tools. Referred to as a “Swiss Army Knife” of educational AI, this approach includes artifacts such as AI Tutor, AI Feedback, Socratic interactive cases, and custom GPTs. Through strategic collaborations with OpenAI and agile engagement with startups, the university has fostered pedagogical transformation focused on personalized learning, formative assessment, student autonomy, and academic integrity. Internal and external empirical evidence validates the model's effectiveness in instructional flexibility, student engagement, and faculty empowerment. The article discusses theoretical, ethical, and policy implications, offering practical recommendations for institutional adoption.

Keywords: educational artificial intelligence, generative AI, pedagogical ecosystem, personalized learning, formative feedback, Socratic cases, custom GPTs, academic integrity, educational innovation, student autonomy.

JEL classification: C88, I23, I28, O33.

I. INTRODUCCIÓN

La educación superior está experimentando una transformación acelerada impulsada por tecnologías emergentes que están redefiniendo tanto el papel del profesorado como los procesos de aprendizaje del estudiantado. En particular, la inteligencia artificial generativa ha

emergido como una herramienta clave, revolucionando no solo la dinámica dentro del aula, sino también los paradigmas pedagógicos tradicionales. En este contexto, instituciones pioneras como IE University se sitúan a la vanguardia, desarrollando soluciones tecnológicas avanzadas para maximizar los resultados educativos y optimizar la interacción entre docentes y estudiantes.

El objetivo fundamental de este artículo es analizar cómo IE University ha concebido y desarrollado una estrategia holística de integración tecnológica en la educación superior, basada en un ecosistema diversificado de artefactos de inteligencia artificial. Este enfoque, descrito metafóricamente como la "navaja suiza" de las inteligencias artificiales, permite al profesorado identificar y utilizar la herramienta más adecuada para enriquecer la enseñanza y mejorar la experiencia estudiantil en distintos contextos educativos. Una propuesta de este tipo responde a la creciente necesidad de adaptación pedagógica frente a la diversidad de métodos de enseñanza y disciplinas académicas.

Si bien diversas instituciones académicas han comenzado a explorar la incorporación de la inteligencia artificial en sus programas educativos, en muchos casos dicha integración se lleva a cabo a través de soluciones tecnológicas aisladas, con escasa capacidad de adaptación, escalabilidad limitada y efectividad restringida en contextos variados (Narayanan y Kapoor, 2025). En cambio, el enfoque adoptado por IE University no se limita a tres herramientas concretas, sino que abarca un conjunto diversificado de artefactos de inteligencia artificial, incluyendo desarrollos internos como el AI Tutor, el AI Feedback y el AI Interactive Case, así como herramientas externas derivadas de su colaboración estratégica con OpenAI. Esta colaboración ha permitido el despliegue extensivo de un conjunto integral de servicios, entre los que destaca la posibilidad, tanto para el profesorado como para el estudiantado y el personal administrativo, de desarrollar *GPT* personalizados ajustados a necesidades pedagógicas, académicas u operativas específicas. Además, IE University ha impulsado colaboraciones ágiles con *startups* emergentes, lo que ha permitido realizar pruebas rápidas, iterar y validar nuevas tecnologías educativas basadas en IA, acelerando así la capacidad institucional de incorporar herramientas de vanguardia de manera efectiva.

La herramienta AI Tutor representa una propuesta tecnológica especialmente disruptiva. Este chatbot especializado se integra directamente en las plataformas *LMS* (learning management system, o sistema de gestión del aprendizaje) utilizadas por el profesorado, permitiendo una indexación precisa no solo de textos extensos, sino también de mate-

riales visuales como imágenes y vídeos. Así, cuando un estudiante consulta sobre un tema específico, recibe una respuesta enriquecida con contenido multimedia relevante. Esta capacidad de indexar y recuperar múltiples formatos de contenido de manera integrada supone un avance significativo frente a las soluciones comerciales actuales, que suelen estar limitadas al texto y ofrecen menor flexibilidad.

Paralelamente, IE University ha aprovechado su alianza institucional con OpenAI para ampliar las posibilidades docentes mediante la creación de *GPT* personalizados adaptados a distintas áreas del conocimiento. Esta estrategia permite al profesorado diseñar modelos ajustados a sus necesidades específicas y compartirlos directamente con los estudiantes, potenciando su *expertise* disciplinar y optimizando la experiencia educativa dentro y fuera del aula.

De forma complementaria, la herramienta conocida como AI Feedback aborda de manera directa un desafío crucial en la educación superior: fomentar el aprendizaje autónomo y prevenir el fraude académico. A través de la definición previa de rúbricas claras y documentación contextual, esta herramienta permite a los estudiantes realizar autoevaluaciones continuas y altamente precisas de sus trabajos académicos, eliminando la necesidad de validación docente en ejercicios preparatorios y reduciendo así el incentivo al plagio o la copia. De este modo, el alumnado puede practicar repetidamente con retroalimentación inmediata basada en los mismos criterios que determinarán su evaluación final. Este método ha mostrado resultados prometedores en asignaturas orientadas al desarrollo de competencias específicas como la escritura académica (El-Shara et al., 2025).

Por último, el AI Interactive Case se presenta como una solución educativa basada en el método socrático, ampliamente reconocido por promover la capacidad crítica y argumentativa del estudiantado. Utilizando una arquitectura agente avanzada, con múltiples agentes interactuando de forma coordinada (Liu et al., 2025), este chatbot es capaz de identificar cuándo un estudiante necesita una explicación conceptual o cuándo debe enfrentarse a un reto evaluativo concreto. Este enfoque bimodal no solo personaliza el aprendizaje según las necesidades

individuales, sino que también incrementa significativamente el nivel de compromiso del estudiante mediante interacciones constantes y adaptadas.

Estas iniciativas representan un cambio fundamental en la educación superior, situando a IE University como referente en el uso práctico, ético y pedagógicamente fundamentado de la inteligencia artificial generativa y los agentes inteligentes. Esta integración comprensiva contrasta notablemente con las implementaciones fragmentadas y restringidas de la IA, frecuentemente caracterizadas por su escasa escalabilidad y adaptabilidad en contextos educativos diversos (Narayanan y Kapoor, 2025).

A la luz de estos avances, este artículo no solo tiene como objetivo documentar el enfoque innovador de IE University, sino también evaluar críticamente la eficacia de su ecosistema integral de inteligencia artificial en la mejora de los resultados educativos. Explicaremos la mejora en la autonomía estudiantil, el compromiso académico y el rendimiento, además de analizar las implicaciones pedagógicas y posibles recomendaciones de política educativa derivadas de nuestras observaciones.

II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1. La IA generativa y su rol en la educación superior

Los modelos de inteligencia artificial generativa, especialmente los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs) como *GPT (generative pre-trained transformer)*, han introducido capacidades sin precedentes en la generación de texto y datos multimodales, permitiendo interacciones complejas y diálogos altamente contextuales (Liu *et al.*, 2025). Estas capacidades abarcan desde tareas básicas de generación textual hasta funciones cognitivas más sofisticadas, como el razonamiento estructurado, la creación de contenido creativo e incluso tareas elementales de planificación (*Artificial Intelligence Index Report*, 2025).

En el ámbito educativo, la IA generativa abre oportunidades significativas. Facilita una instruc-

ción personalizada y retroalimentación inmediata a gran escala, favoreciendo experiencias de aprendizaje adaptativas que se ajustan dinámicamente a las necesidades de cada estudiante (El-Shara *et al.*, 2025). Además, estos modelos destacan por su capacidad para fomentar el compromiso del alumnado y el aprendizaje activo, condiciones esenciales para una educación de alta calidad (Narayanan y Kapoor, 2025).

No obstante, a pesar de su potencial, la implementación de la IA generativa requiere una integración reflexiva dentro de marcos pedagógicos bien definidos. Sin una estructura adecuada y sin consideraciones éticas rigurosas, su uso puede derivar en consecuencias no deseadas, como la dependencia tecnológica, la pérdida del pensamiento crítico o una interacción superficial con los contenidos educativos (Kortemeyer, 2023). Por ello, es imprescindible aplicar principios sólidos de diseño pedagógico que permitan aprovechar la IA generativa de forma efectiva, equilibrando la innovación tecnológica con metodologías educativas bien fundamentadas.

2. Agentes inteligentes y arquitecturas inspiradas en el cerebro

El concepto de agentes inteligentes se ha convertido en un eje central de la investigación contemporánea en inteligencia artificial. En particular, aquellos estructurados sobre arquitecturas inspiradas en el cerebro humano buscan replicar aspectos de los procesos cognitivos, emocionales y conductuales para generar sistemas altamente autónomos capaces de razonar, aprender y tomar decisiones de forma adaptativa (Liu *et al.*, 2025).

Estos agentes se basan en principios derivados de la neurociencia cognitiva, como la modularidad, el procesamiento jerárquico y la plasticidad neuronal, lo que les confiere una notable capacidad de adaptación y robustez frente a entornos cambiantes (Foundation Agents Report, 2025). En el contexto educativo, los agentes inteligentes ofrecen oportunidades excepcionales para la personalización del aprendizaje, permitiendo una instrucción altamente individualizada que emula la naturaleza adaptativa y receptiva de un tutor humano.

La aplicación de agentes inteligentes en la educación superior puede potenciar significativamente las habilidades cognitivas y metacognitivas del estudiantado. Por ejemplo, sistemas basados en estas arquitecturas pueden evaluar el nivel de comprensión del estudiante en tiempo real, proponiendo intervenciones ajustadas con precisión a su nivel de competencia (El-Shara et al., 2025).

La herramienta AI Interactive Case de IE University ejemplifica este enfoque mediante el uso de una arquitectura multiagente sofisticada que facilita diálogos socráticos con los estudiantes. Este método no solo proporciona retroalimentación cualitativa inmediata, sino que también cultiva el pensamiento crítico, la reflexión argumentativa y la capacidad de resolución de problemas a través de interacciones estructuradas. En efecto, los diálogos socráticos mediados por agentes inteligentes reproducen de forma precisa los métodos de enseñanza humanos, y, en algunos casos, incluso pueden superar la efectividad de las tecnologías educativas tradicionales (Liu et al., 2025).

3. Mentalidad basada en fortalezas y la implementación de la IA educativa

La integración de la inteligencia artificial en la educación superior guarda una estrecha relación con el enfoque de la *mentalidad basada en fortalezas*, una perspectiva que prioriza la valorización de las capacidades intrínsecas del estudiante por encima de la mera corrección de sus carencias. Desde esta óptica, las intervenciones educativas —y muy especialmente las basadas en tecnología— no deben limitarse a subsanar déficits, sino fomentar de forma activa los intereses, talentos y competencias individuales (Fernández-Enguita, 2024; Jimeno, 2024).

En el ecosistema de IA de IE University, cada artefacto desarrollado refleja esta orientación hacia las fortalezas, al facilitar trayectorias personalizadas que permiten al alumnado interactuar con el contenido en función de sus competencias, preferencias de aprendizaje y necesidades particulares. Por ejemplo, la herramienta AI Feedback fomenta que los estudiantes reflexionen de manera autónoma sobre su trabajo, recibiendo retroalimentación constructiva y detallada basada en rúbricas

previamente definidas. Este enfoque fortalece la autoeficacia, la motivación intrínseca y el desarrollo académico continuo, elementos clave dentro de un modelo educativo centrado en las fortalezas (Conde-Ruiz, 2024).

Además, al dotar al profesorado de herramientas de IA flexibles como los modelos *GPT* personalizados, la estrategia de IE University permite amplificar las fortalezas docentes, crear narrativas pedagógicas a medida y diseñar experiencias de enseñanza alineadas con las necesidades educativas cambiantes de su alumnado.

4. El ecosistema de IA de IE University: la “navaja suiza” de las inteligencias artificiales como solución educativa integrada

El enfoque de IE University se caracteriza por la integración de múltiples soluciones educativas basadas en IA dentro de un ecosistema coherente, diseñado explícitamente para potenciar la práctica pedagógica en disciplinas diversas y metodologías de enseñanza variadas. Aunque cada artefacto conserva una funcionalidad especializada —ya sea generación de contenido, tutoría interactiva, provisión de retroalimentación o diálogo socrático—, la innovación clave radica en su capacidad conjunta para ofrecer una ampliación pedagógica integral (Narayanan y Kapoor, 2025).

Además, la colaboración proactiva de IE University con *startups* e innovadores tecnológicos acelera los ciclos de desarrollo, permitiendo una experimentación ágil, una validación continua y una adopción eficiente de soluciones emergentes. Este enfoque resalta la importancia de mantener un ecosistema tecnológico educativo adaptable y receptivo, en constante evolución frente a los desafíos pedagógicos emergentes y las oportunidades que surgen del avance de la IA.

Este ecosistema de IA integrado constituye así un marco potente para materializar el potencial educativo de la inteligencia artificial. Mediante un diseño estratégico, implementación cuidadosa e iteración continua, IE University demuestra el extraordinario poder transformador de la IA generativa y de las arquitecturas de agentes

inteligentes en la evolución de los paradigmas contemporáneos de la educación superior.

5. Retos y consideraciones éticas en la implementación de la IA en la educación superior

Aunque la inteligencia artificial generativa y las arquitecturas basadas en agentes inteligentes presentan un potencial significativo para transformar las metodologías docentes y mejorar los resultados del alumnado, su implementación plantea también importantes desafíos éticos y prácticos. Asegurar un uso responsable y ético de estas tecnologías exige el desarrollo de marcos integrales que equilibren la innovación tecnológica con la integridad educativa y el bienestar estudiantil.

Uno de los principales desafíos es mantener la integridad académica y prevenir el uso indebido de la tecnología de IA para fines como el plagio o el fraude académico. Las instituciones que adopten soluciones basadas en IA deben establecer medidas estrictas para salvaguardar la honestidad académica, delimitando de forma clara el uso aceptable de estas herramientas (Kortemeyer, 2023). IE University aborda explícitamente este problema mediante el diseño de su herramienta AI Feedback, que desincentiva el fraude al desplazar el foco evaluativo desde una lógica sumativa hacia actividades de aprendizaje formativo y autodirigido. Este modelo fomenta la motivación intrínseca y refuerza prácticas académicas éticas.

Otro reto esencial es garantizar la privacidad y seguridad de los datos. Los agentes inteligentes y los modelos de IA generativa suelen requerir acceso a grandes volúmenes de datos educativos para ofrecer retroalimentación personalizada y experiencias de aprendizaje adaptativas. Esta necesidad plantea inquietudes relevantes en torno a la gobernanza de datos, la privacidad y el uso ético de la información del estudiantado. Por tanto, resulta imprescindible establecer protocolos robustos y políticas claras para una integración ética de la IA, protegiendo los datos sensibles a la vez que se maximiza su valor educativo (Narayanan y Kapoor, 2025; Stanford AI Index, 2025).

Finalmente, la cuestión de la equidad e inclusión es fundamental. Una implementación eficaz de la

IA no debe agravar las desigualdades existentes ni generar nuevas disparidades en los resultados educativos. El ecosistema de IA de IE University aborda de manera deliberada este desafío mediante el desarrollo de tecnologías inclusivas que se adaptan con flexibilidad a la diversidad de orígenes, estilos de aprendizaje y capacidades individuales del estudiantado, promoviendo así un acceso equitativo a oportunidades educativas (Fernández-Enguita, 2024).

Pese al atractivo potencial de la IA generativa, varios estudios señalan riesgos importantes. Por ejemplo, Kortemeyer (2023) advierte sobre el peligro de dependencia cognitiva que puede surgir del uso intensivo de estas herramientas, al disminuir inadvertidamente la capacidad de pensamiento crítico y de resolución autónoma de problemas en los estudiantes. Sostiene que, si bien estos sistemas destacan por ofrecer soluciones inmediatas, su uso continuado podría debilitar la capacidad intrínseca del alumnado para sostener un razonamiento analítico profundo y autónomo. Esto resalta la necesidad de un diseño pedagógico cuidadoso que equilibre la asistencia de la IA con el fomento de habilidades cognitivas independientes.

Adicionalmente, Zawacki-Richter *et al.* (2019) realizaron una revisión sistemática sobre aplicaciones de IA en educación superior, identificando importantes brechas institucionales en la implementación. Su investigación revela disonancias entre las aspiraciones institucionales en torno a la integración de IA y las capacidades prácticas requeridas, como deficiencias en infraestructura tecnológica, formación insuficiente de docentes y estudiantes, y marcos normativos inconsistentes entre departamentos. Esta evidencia sugiere que, sin estrategias institucionales deliberadas y coherentes, la promesa de la IA educativa podría no cumplirse e incluso acentuar desigualdades o ineficiencias preexistentes.

Estos estudios ofrecen un necesario equilibrio teórico, abordando posibles sesgos de confirmación al examinar críticamente las limitaciones y riesgos de la IA generativa en contextos educativos.

En resumen, la integración exitosa de la IA en la educación superior –como demuestra la ex-

perencia de IE University— depende de afrontar proactivamente los retos éticos y prácticos. Esta aproximación requiere un monitoreo continuo, mejoras iterativas y una implicación activa de todos los actores involucrados, para asegurar una innovación responsable y una excelencia educativa sostenida.

6. Retos críticos y estrategias de mitigación en la integración de la IA educativa

Si bien la incorporación de herramientas de inteligencia artificial en la educación superior ofrece un gran potencial para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, este proceso no está exento de desafíos significativos. Entre ellos, destacan dos problemas críticos: el sesgo algorítmico en los modelos generativos como *GPT*, y el riesgo de dependencia tecnológica entre el profesorado.

Sesgo algorítmico en los GPT personalizados

Los modelos de IA generativa —en particular los modelos de lenguaje de gran escala (*LLMs*)— reflejan, inherentemente, los datos con los que han sido entrenados. En consecuencia, pueden reproducir e incluso amplificar los sesgos presentes en esos conjuntos de datos (Kortemeyer, 2023). En contextos educativos, este fenómeno constituye una preocupación seria, ya que puede afectar negativamente la equidad, la inclusión y la imparcialidad de las interacciones y evaluaciones académicas. Por ejemplo, ciertos sesgos podrían traducirse en diferencias en la calidad de las respuestas según el grupo demográfico, perjudicando involuntariamente a unos estudiantes mientras se favorece a otros.

La mitigación de estos sesgos requiere esfuerzos institucionales deliberados, que incluyan auditorías rigurosas, evaluaciones periódicas de sesgo y mecanismos de transparencia. El profesorado que emplea los *GPT* personalizados debe recibir formación específica para identificar, evaluar y corregir posibles sesgos. Estrategias como ciclos iterativos de retroalimentación con grupos diversos, evaluaciones continuas basadas en métricas de equidad, y la comunicación transparente sobre las limitaciones de los modelos, pueden mejorar notablemente la equidad en entornos educativos potenciados por IA.

Riesgo de dependencia tecnológica del profesorado

Otro desafío importante en la integración de la IA en contextos educativos es la posible dependencia tecnológica del profesorado. Una confianza excesiva en herramientas generativas para tareas rutinarias —como la creación de contenido, la evaluación formativa o la interacción con el alumnado— puede reducir la autonomía docente, limitar la creatividad pedagógica y erosionar competencias didácticas esenciales (Kortemeyer, 2023).

Esta dependencia puede generar vulnerabilidades en la prestación educativa, especialmente si los sistemas tecnológicos sufren interrupciones, errores o malfunciones. En tales casos, la capacidad del profesorado para impartir clases con eficacia podría verse comprometida, poniendo en riesgo la calidad y la integridad del proceso educativo.

Para mitigar estos riesgos, las instituciones deben fomentar un uso equilibrado de la IA, enfatizando su rol como herramienta complementaria y no sustitutiva del trabajo docente. La organización de sesiones regulares de formación profesional, centradas en la integración estratégica y crítica de la IA, puede ayudar a preservar la autonomía pedagógica. Asimismo, es clave cultivar una cultura institucional de reflexión y resiliencia docente, que impulse al profesorado a evaluar críticamente cuándo y cómo utilizar estas herramientas, manteniendo así su independencia metodológica y su desarrollo profesional.

Respuestas institucionales estratégicas

La investigación empírica destaca importantes brechas que enfrentan las instituciones al implementar tecnologías de IA. Según Zawacki-Richter *et al.* (2019), una implementación efectiva requiere una infraestructura tecnológica robusta, marcos normativos coherentes y mecanismos de apoyo docente continuos. Las instituciones deben abordar proactivamente estas carencias mediante inversiones sostenidas en infraestructura, desarrollo de políticas claras sobre el uso de IA y programas continuos de formación y acompañamiento al profesorado.

Estos desafíos subrayan la importancia de adoptar estrategias institucionales sistemáticas y coherentes para la integración de la IA en educación. Superar con éxito los riesgos asociados al sesgo algorítmico y a la dependencia tecnológica demanda una supervisión rigurosa, una implicación continua de los actores educativos y una constante revisión de las políticas institucionales. Estrategias deliberadas y proactivas en estos ámbitos pueden mejorar significativamente la efectividad, equidad y sostenibilidad de las prácticas educativas potenciadas por inteligencia artificial.

III. METODOLOGÍA: EL ECOSISTEMA DE IA DE IE UNIVERSITY PARA UNA EDUCACIÓN MEJORADA

1. Visión general del enfoque estratégico de IE University para la integración de la IA

IE University ha desarrollado de manera sistemática un ecosistema educativo robusto, compuesto por múltiples artefactos de inteligencia artificial, con el propósito de potenciar la eficacia pedagógica, empoderar al profesorado y aumentar el compromiso del estudiantado. El diseño de este ecosistema se centra explícitamente en tres principios clave: adaptabilidad, modularidad y escalabilidad, lo que permite ofrecer experiencias pedagógicas personalizadas que se ajustan a diversas disciplinas académicas y metodologías de enseñanza.

El marco metodológico que sustenta la integración de la IA en IE University se puede clasificar en tres componentes complementarios:

- *Innovación interna*: desarrollo de artefactos educativos personalizados, diseñados específicamente para responder a necesidades instruccionales concretas previamente identificadas.
- *Colaboración externa*: alianza estratégica con OpenAI, que proporciona al profesorado y al estudiantado acceso integral a herramientas avanzadas, incluyendo modelos *GPT*.
- *Pilotaje ágil y validación*: colaboración activa con *startups* innovadoras para llevar a cabo

prototipado rápido, pruebas piloto y escalado de soluciones educativas basadas en IA de última generación.

1.1. Coherencia sistémica e integración de herramientas modulares de IA

Una preocupación central en la adopción de herramientas de inteligencia artificial modulares en el ámbito de la educación superior es garantizar la coherencia sistémica. Esto implica asegurar que cada artefacto funcione en armonía con los demás, evitando la fragmentación pedagógica. En IE University, este enfoque modular se diseña desde su origen con los principios de integración y coherencia, permitiendo al profesorado orquestar múltiples herramientas de IA dentro de experiencias educativas fluidas y pedagógicamente sólidas.

Marco pedagógico integrador

IE University aplica un marco pedagógico integrador claramente articulado, que define explícitamente el rol, la funcionalidad y la interacción de cada artefacto de IA. Este marco promueve la flexibilidad instruccional sin comprometer la coherencia pedagógica, alineando cada herramienta con distintas fases del proceso educativo. Las fases son:

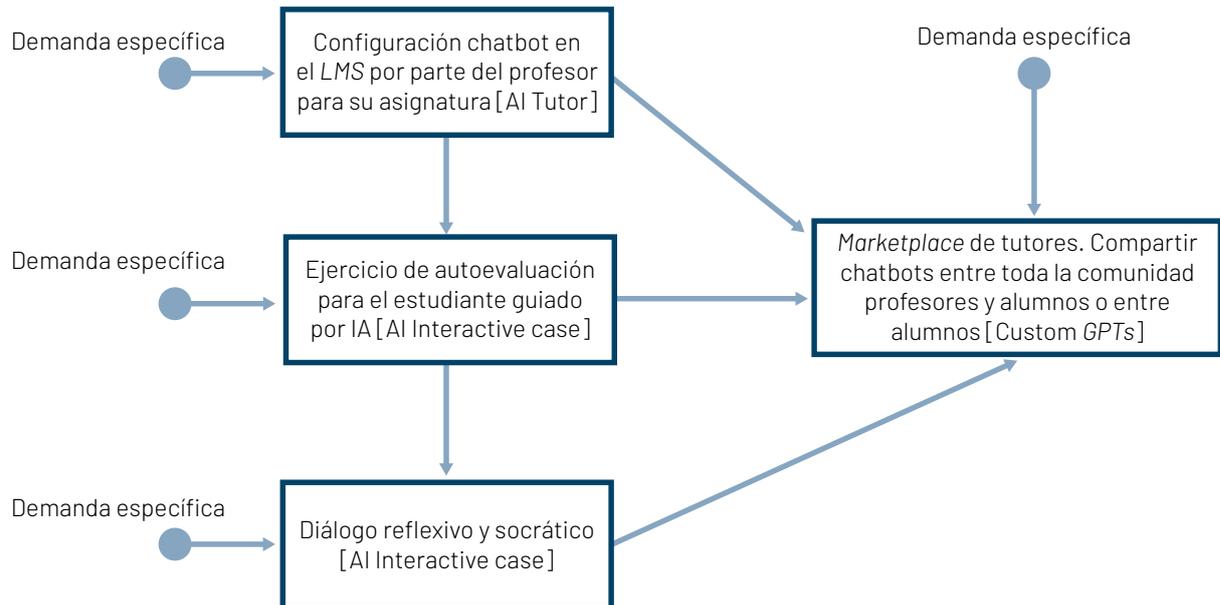
1. Exploración conceptual inicial (AI Tutor)

En las etapas iniciales del aprendizaje, el estudiantado utiliza el AI Tutor, integrado en la plataforma *LMS*, para explorar conceptos fundamentales. Esta herramienta indexa recursos educativos multimodales —incluyendo textos, imágenes y vídeos—, permitiendo construir una comprensión conceptual amplia antes de abordar tareas más complejas.

2. Práctica formativa iterativa (AI Feedback)

Una vez adquiridos los conceptos básicos, el alumnado se involucra en prácticas formativas facilitadas por la herramienta AI Feedback. Mediante el uso de rúbricas predefinidas y documentación contextual, esta herramienta proporciona retroalimentación inmediata, precisa y alineada con los criterios evaluativos. Esta etapa fomenta ac-

GRÁFICO 1
MODELO PIM



tivamente la autonomía del estudiante y refuerza comportamientos de aprendizaje formativo.

3. Diálogo crítico y reflexivo (AI Interactive Case)

Para la aplicación avanzada del conocimiento y el desarrollo del pensamiento de orden superior, los estudiantes interactúan con el AI Interactive Case, que opera mediante una arquitectura multiagente basada en principios del diálogo socrático. En esta fase, el alumnado aplica y evalúa críticamente sus conocimientos, desarrollando habilidades de razonamiento analítico, pensamiento crítico y reflexión estructurada.

4. Especialización y profundización personalizada (GPT personalizados)

Finalmente, para profundizar en la especialización y fortalecer la experiencia en contextos académicos específicos, el profesorado y el alumnado trabajan con modelos GPT personalizados, entrenados específicamente con contenidos de curso,

marcos disciplinares y necesidades educativas particulares. Estos modelos incrementan la especificidad instruccional y facilitan la exploración dirigida de temas avanzados, completando así un ciclo pedagógico coherente.

Modelo de integración pedagógica (PIM)

Las interacciones entre estas herramientas modulares pueden visualizarse a través de un modelo de integración pedagógica (PIM). Este modelo representa de forma explícita cómo cada artefacto complementa a los demás dentro de una estrategia educativa integral, diseñada para maximizar los resultados de aprendizaje y asegurar la coherencia instruccional en todo el proceso.

2. AI Tutor: aprendizaje enriquecido dentro del entorno LMS

El AI Tutor de IE University representa una innovación significativa en el ámbito de la inteligencia

artificial educativa, ya que se integra de manera fluida en los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS) existentes. Su principal fortaleza radica en su capacidad para indexar y recuperar de forma inteligente diversos formatos de contenido —incluyendo textos extensos, imágenes y vídeos—, lo que mejora considerablemente la accesibilidad a los materiales y la flexibilidad pedagógica.

Desde una perspectiva metodológica, el AI Tutor opera mediante un sofisticado proceso de *backend* compuesto por múltiples agentes inteligentes. Estos agentes gestionan de manera colaborativa la ingesta de datos, la indexación semántica, el análisis de contenido multimodal y la comprensión contextual. De este modo, cuando los estudiantes plantean consultas, el sistema identifica y presenta respuestas relevantes enriquecidas con contenido multimedia, ampliando de forma sustancial las capacidades tradicionales del LMS.

La evidencia inicial sugiere que este entorno enriquecido no solo incrementa el compromiso del alumnado, sino que también promueve un aprendizaje más profundo y una mejor retención de conceptos académicos complejos. Al integrar múltiples modalidades instruccionales en una sola plataforma cohesionada, el AI Tutor de IE University mejora simultáneamente las dimensiones pedagógicas y tecnológicas del aprendizaje digital (Liu et al., 2025).

3. AI Feedback: fomento de la autonomía y la integridad en el aprendizaje

La herramienta AI Feedback, otra innovación clave desarrollada internamente por IE University, aborda desafíos pedagógicos esenciales: la autonomía del estudiante, la evaluación formativa y la integridad académica. Su metodología parte de una fase inicial en la que el profesorado define rúbricas de evaluación claras y precisas, junto con documentación contextual adaptada a actividades educativas específicas.

Posteriormente, el sistema utiliza estas rúbricas y documentos para generar evaluaciones formativas automatizadas, altamente precisas y personalizadas, que permiten al estudiantado autoevaluarse y perfeccionar sus trabajos de forma iterativa e independiente. Al fomentar el aprendizaje autodirigido y la reflexión constante, AI Feedback no solo

reduce los incentivos para el fraude académico, sino que también refuerza la motivación intrínseca, la autoeficacia y el desarrollo académico integral.

Las validaciones empíricas derivadas de los estudios piloto iniciales en IE University muestran resultados prometedores. El estudiantado reportó aumentos significativos en su confianza y competencia percibida en asignaturas tradicionalmente asociadas con ansiedad o resistencia, como la escritura académica y el razonamiento cuantitativo (El-Shara et al., 2025). Esta metodología se alinea claramente con las mejores prácticas pedagógicas contemporáneas, evidenciando la eficacia de la evaluación formativa y el aprendizaje autorregulado para fomentar un compromiso educativo más profundo.

4. AI Interactive Case: fomento del pensamiento crítico a través del diálogo socrático

El tercer artefacto desarrollado internamente —AI Interactive Case— encarna un enfoque socrático sofisticado sustentado por arquitecturas avanzadas de agentes inteligentes. La base metodológica de esta herramienta se apoya en un sistema multiagente diseñado para simular intercambios instruccionales interactivos, reflexivos y dinámicos, inspirados en los diálogos socráticos tradicionales.

El AI Interactive Case opera en dos modos distintos, adaptados al contexto:

- *Modo evaluativo:* los agentes inteligentes analizan las respuestas del estudiante y valoran su adecuación cualitativa, proporcionando retroalimentación significativa e indicadores de progreso.
- *Modo explicativo:* si los agentes detectan dudas o confusión en las respuestas, el sistema cambia dinámicamente al modo explicativo, ofreciendo aclaraciones contextualizadas, ejemplos ilustrativos y preguntas orientadoras que faciliten la comprensión conceptual.

Las pruebas iniciales realizadas en IE University indican mejoras sustanciales en el compromiso del alumnado, el razonamiento analítico y la reflexión

crítica mediante el uso de esta herramienta. Gracias a una interacción personalizada y continua basada en el diálogo, este enfoque potencia eficazmente el pensamiento crítico y los procesos de aprendizaje profundo, reflejando los beneficios del método socrático clásico (Liu *et al.*, 2025; Stanford AI Index, 2025).

5. Colaboración estratégica con OpenAI: los GPT personalizados y acceso integral a herramientas

Un aspecto diferenciador clave del ecosistema de IA de IE University es su extensa colaboración estratégica con OpenAI. Esta alianza va mucho más allá del acceso genérico a recursos de IA, permitiendo el uso integral de un conjunto diverso de herramientas avanzadas, incluyendo la creación de modelos GPT personalizados ajustados a requisitos académicos, pedagógicos y administrativos específicos.

La metodología de creación de los GPT personalizados desarrollada en IE University es particularmente innovadora, ya que empodera a docentes, estudiantes y personal administrativo para desarrollar y desplegar modelos generativos adaptados a asignaturas concretas, necesidades departamentales o prioridades institucionales. El profesorado puede incorporar conjuntos de datos disciplinares, materiales didácticos y marcos pedagógicos directamente en estos modelos, codificando así el conocimiento institucional y la experiencia docente.

El proceso metodológico comprende:

- *Creación de conjuntos de datos contextuales:* recopilación y estructuración de materiales relevantes —como apuntes de clase, artículos académicos fundamentales, contenido multimedia y documentación instruccional— por parte del profesorado.
- *Ajuste fino de los modelos GPT:* aplicación de técnicas de *fine-tuning* para adaptar los modelos generales a la terminología disciplinar, estilo docente, objetivos pedagógicos y contexto educativo específico.
- *Despliegue e integración:* una vez entrenados, los GPT personalizados se integran sin fisuras en las infraestructuras digitales existentes, in-

cluyendo LMS, portales educativos o entornos de aprendizaje interactivos.

El resultado es una serie de modelos generativos altamente personalizados y contextualizados, capaces de responder eficazmente a retos pedagógicos y operativos concretos. Evidencias preliminares, basadas en la retroalimentación de docentes y estudiantes, destacan la utilidad de estos modelos para mejorar la relevancia instruccional, el compromiso del alumnado y los resultados de aprendizaje (Narayanan y Kapoor, 2025).

Además, permitir que los estudiantes interactúen directamente con estos modelos fomenta la exploración, la curiosidad y el aprendizaje independiente, en consonancia con la misión educativa de IE University y su enfoque centrado en las fortalezas individuales.

6. Metodología ágil de pilotaje con startups innovadoras

Otro componente clave del ecosistema de IA de IE University es la colaboración ágil y proactiva con *startups tecnológicas innovadoras*. Esta estrategia fortalece la capacidad institucional para experimentar, validar e incorporar rápidamente nuevas tecnologías educativas.

IE University emplea una metodología ágil de pilotaje diseñada para minimizar riesgos y maximizar beneficios educativos, a través de fases estructuradas:

- *Detección e identificación:* exploración continua y contacto con startups prometedoras que ofrezcan soluciones educativas basadas en IA.
- *Prototipado rápido y testeo:* implementación inicial en cursos o departamentos seleccionados para evaluar su eficacia, escalabilidad y experiencia de usuario en entornos controlados.
- *Ciclos iterativos de retroalimentación:* evaluaciones continuas y refinamientos sucesivos basados en resultados cuantitativos y comentarios cualitativos, orientando la evolución de las tecnologías hacia su máxima efectividad educativa.

- *Escalado e integración*: una vez validadas, las soluciones exitosas se escalan sistemáticamente e integran en contextos institucionales más amplios, maximizando su impacto pedagógico y valor estratégico.

Esta metodología demuestra el compromiso de IE University con la agilidad innovadora, permitiendo a la institución mantenerse a la vanguardia de la implementación educativa de la IA y responder de manera efectiva a las demandas tecnológicas y pedagógicas emergentes.

7. Síntesis del enfoque metodológico: un ecosistema de IA holístico

En resumen, el enfoque metodológico adoptado por IE University para la integración de la inteligencia artificial en la educación representa una estrategia holística y multifacética, que combina el desarrollo interno de artefactos, alianzas externas sólidas y procesos de pilotaje ágil. Cada componente —AI Tutor, AI Feedback, AI Interactive Case, los *GPT* personalizados y colaboraciones con *startups*— opera de manera sinérgica para conformar un ecosistema educativo integral y altamente adaptable.

El diseño deliberado de este ecosistema promueve la flexibilidad instruccional, empodera al profesorado y fortalece el compromiso estudiantil. Además, garantiza un uso ético, escalable y eficaz de la IA, respondiendo con solvencia a los retos y oportunidades de la educación contemporánea. A través de la mejora continua, la evaluación iterativa y la innovación pedagógica, IE University establece un referente de buenas prácticas en la integración educativa de la inteligencia artificial (*Artificial Intelligence Index Report*, 2025).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Evidencias empíricas sobre el impacto del ecosistema de IA de IE University

Esta sección analiza críticamente los resultados empíricos iniciales derivados de la implementación del ecosistema integral de inteligencia artificial de IE University en diversos contextos

educativos. Se presentan evidencias procedentes de evaluaciones internas, encuestas de satisfacción estudiantil, reflexiones del profesorado y resultados de estudios piloto, que ilustran hallazgos clave relacionados con el compromiso del alumnado, la eficacia instruccional, la autonomía en el aprendizaje y la integridad académica.

Los datos preliminares indican varias mejoras significativas en los resultados educativos. En particular, los estudiantes reportan de manera constante mayores niveles de autonomía y motivación intrínseca al interactuar con herramientas de IA como AI Feedback y AI Interactive Case. Esta autonomía se manifiesta en una mayor apropiación de los procesos de aprendizaje por parte del estudiante y en una menor dependencia de la intervención directa del profesorado, facilitando estrategias de aprendizaje autorregulado y reflexivo.

2. Aumento del compromiso estudiantil y la motivación

Las encuestas iniciales realizadas en IE University revelan aumentos significativos en el compromiso del estudiantado al participar en actividades didácticas enriquecidas por inteligencia artificial. Las métricas de compromiso incluyeron la frecuencia e intensidad de interacción con el *LMS*, reflexiones cualitativas del alumnado y observaciones del profesorado sobre la dinámica del aula.

Los estudiantes destacaron con frecuencia la relevancia percibida y la eficacia de la retroalimentación multimodal proporcionada por AI Tutor, subrayando el valor del apoyo instruccional inmediato, personalizado y contextual. Asimismo, los diálogos socráticos facilitados por AI Interactive Case fueron especialmente valorados por su nivel de interactividad, desafío y capacidad para mantener el interés, impulsando un compromiso cognitivo más profundo y una participación activa.

3. Mayor flexibilidad pedagógica y empoderamiento docente

Las respuestas del profesorado fueron positivas en relación con su experiencia al integrar modelos *GPT* personalizados y herramientas internas

de IA en sus metodologías docentes. El profesorado reportó una mayor flexibilidad pedagógica y una mayor capacidad para ofrecer enseñanza personalizada, particularmente mediante el uso de los *GPT* adaptados a los contextos disciplinares específicos gracias a la colaboración con OpenAI.

La posibilidad de iterar rápidamente sobre el contenido instruccional y de integrar recursos multimodales —facilitada por AI Tutor y los *GPT* personalizados— amplió aún más las capacidades didácticas del profesorado, permitiéndole ajustar con agilidad su enfoque ante cambios en la dinámica del aula, en las demandas curriculares o en las necesidades del estudiantado.

4. Síntesis de resultados preliminares e implicaciones para la innovación educativa

Los resultados empíricos preliminares sugieren con fuerza que el ecosistema de IA integrado de IE University mejora efectivamente la calidad educativa, el compromiso estudiantil y la eficacia instruccional. Estos hallazgos apuntan a un gran potencial para la adopción más amplia de metodologías basadas en IA en otras instituciones de educación superior a nivel global.

Los análisis futuros deberían centrarse en evaluaciones longitudinales, estudios comparativos detallados con metodologías pedagógicas tradicionales y análisis más profundos sobre los efectos cognitivos y metacognitivos de los entornos de aprendizaje enriquecidos por IA.

5. Fomento de la autonomía a través de la evaluación formativa potenciada por IA

Uno de los hallazgos clave derivados de la implementación del ecosistema de IA de IE University está vinculado al impacto transformador de los mecanismos de evaluación formativa proporcionados por la herramienta AI Feedback. Evaluaciones internas realizadas en varias disciplinas académicas revelan un aumento sustancial en el aprendizaje autodirigido y la autonomía del estudiantado, directamente relacionados con la retroalimentación inmediata, consistente y basada en rúbricas que ofrece el sistema.

Según los análisis iniciales y la retroalimentación cualitativa recogida, los estudiantes destacaron repetidamente el efecto positivo de una evaluación formativa continua sobre su confianza, motivación intrínseca y compromiso con contenidos académicos complejos o desafiantes. Estos hallazgos se alinean con la literatura especializada, que señala de forma consistente a la evaluación formativa como uno de los principales impulsores del compromiso educativo sostenido y del desarrollo cognitivo profundo (El-Shara *et al.*, 2025; Liu *et al.*, 2025).

Los resultados cuantitativos obtenidos en las implementaciones piloto indican una mejora en el rendimiento estudiantil, especialmente en escenarios evaluativos formativos. Este avance refleja una mayor capacidad del alumnado para identificar y corregir errores de manera autónoma, iterar sobre su trabajo académico y participar activamente en su propio proceso de aprendizaje. Dichos resultados refuerzan los marcos teóricos existentes que subrayan el papel crucial de la retroalimentación formativa en el fomento del aprendizaje autónomo (El-Shara *et al.*, 2025).

6. Metodología socrática para el desarrollo del pensamiento crítico y el aprendizaje profundo

La herramienta AI Interactive Case, que utiliza arquitecturas multiagente avanzadas para facilitar diálogos socráticos, ha demostrado una efectividad notable en el fomento del pensamiento crítico y el aprendizaje profundo entre los estudiantes. Análisis comparativos realizados entre métodos tradicionales de enseñanza y casos interactivos potenciados por IA en IE University revelan ventajas sustanciales de estos últimos, particularmente en indicadores cualitativos como el razonamiento crítico, las capacidades analíticas y la reflexión.

Las evaluaciones del profesorado indican que los estudiantes que utilizaron AI Interactive Case mejoraron notablemente su capacidad para articular argumentos complejos, identificar supuestos implícitos y cuestionar de forma sistemática la información presentada. Asimismo, se observó un incremento significativo en la capacidad de reflexión metacognitiva, un indicador clave del aprendizaje profundo y del compromiso cognitivo (Narayanan y Kapoor, 2025; Liu *et al.*, 2025).

Estos resultados coinciden plenamente con la investigación existente sobre metodologías socráticas. La instrucción basada en el diálogo socrático ha sido reconocida durante décadas como una de las formas más eficaces de promover el rigor intelectual, la práctica reflexiva y la comprensión conceptual profunda. El éxito de la adaptación basada en IA implementada por IE University valida empíricamente estos fundamentos teóricos.

7. Eficacia comparativa de AI Tutor y los GPT personalizados en la mejora instruccional

La integración de *AI Tutor* y de *GPT personalizados* en IE University —ambas herramientas diseñadas para potenciar la eficacia y la personalización didáctica— también ha mostrado resultados iniciales prometedores. Los datos comparativos recogidos a partir del rendimiento estudiantil y de métricas de compromiso en diferentes disciplinas indican beneficios claros asociados a una instrucción multimodal y contextualmente adaptada.

Los estudiantes reportaron niveles más altos de satisfacción, relevancia y calidad percibida en la enseñanza al interactuar con las respuestas enriquecidas en formato multimedia de *AI Tutor*. Igualmente, los *GPT* personalizados desarrollados por el profesorado para cursos específicos recibieron valoraciones muy positivas en términos de precisión, pertinencia y capacidad para agilizar tareas instruccionales complejas, como la creación de ejercicios personalizados, cuestionarios y recursos de aprendizaje complementarios.

Estos hallazgos se alinean con una amplia base de investigación educativa que destaca el potencial de la IA generativa para mejorar la personalización, flexibilidad y escalabilidad de la enseñanza. La literatura enfatiza que los modelos generativos —en particular sus versiones personalizadas, como las habilitadas por la colaboración entre IE University y OpenAI— incrementan de manera significativa la coherencia, relevancia y efectividad global de la instrucción, especialmente en contextos de aprendizaje a gran escala (Foundation Agents Report, 2025; *Artificial Intelligence Index Report*, 2025).

8. Fomento de la integridad académica mediante inteligencia artificial

Una de las ventajas más destacadas de la herramienta *AI Feedback* y de otros artefactos potenciados por IA desarrollados por IE University es su impacto directo sobre la integridad académica. La evidencia empírica recopilada a través de estudios piloto sugiere con firmeza que una evaluación formativa basada en rúbricas reduce significativamente los incentivos para la deshonestidad académica, el plagio y las prácticas de aprendizaje superficiales.

Los estudiantes que participaron en las implementaciones piloto señalaron una disminución de la ansiedad ante las evaluaciones y una mayor confianza en su capacidad para alcanzar los estándares académicos sin recurrir al fraude. Este cambio de comportamiento refleja el diseño estratégico del ecosistema de IA de IE University, en el que los modelos de evaluación formativa —integrados directamente en la estructura pedagógica— desalientan las prácticas deshonestas al enfatizar la reflexión, la autoevaluación y la mejora iterativa.

Asimismo, las evaluaciones cualitativas internas realizadas con docentes revelaron reducciones significativas en los casos de plagio reportados dentro de contextos de evaluación formativa apoyada por IA, en comparación con modelos tradicionales de evaluación sumativa. Estos resultados preliminares respaldan con fuerza la integración más amplia de mecanismos de evaluación formativa potenciados por IA en los marcos educativos superiores para reforzar la integridad académica y fomentar comportamientos éticos de aprendizaje (Narayanan & Kapoor, 2025).

9. Empoderamiento docente y mayor flexibilidad pedagógica

Otro componente esencial del ecosistema de IA de IE University —su enfoque en el empoderamiento del profesorado— también se refleja claramente en las evaluaciones empíricas. Los docentes que participaron en las primeras fases de implementación destacaron la mayor flexibilidad, adaptabilidad y eficacia pedagógica habilitada por herramientas como los *GPT* personalizados y el *AI Tutor*.

En particular, la metodología de desarrollo de los *GPT* personalizados fue considerada por el profesorado como una herramienta de empoderamiento, al permitir una mayor creatividad pedagógica, autonomía y precisión en el diseño instruccional. Los docentes describieron su capacidad para desarrollar y perfeccionar recursos de aprendizaje altamente personalizados, aprovechando las capacidades de la IA generativa sin comprometer el rigor disciplinar, la relevancia contextual ni la coherencia pedagógica.

Estas observaciones coinciden plenamente con la literatura educativa, que subraya la importancia del empoderamiento docente para una integración tecnológica eficaz. La implementación exitosa de IA exige implicación, autonomía y participación activa del profesorado —exactamente las condiciones que favorece el enfoque metodológico integral adoptado por IE University (*Artificial Intelligence Index Report*, 2025; *Foundation Agents Report*, 2025).

10. Validación empírica externa sobre IA en educación superior

Los hallazgos positivos obtenidos en los estudios piloto internos de IE University se alinean estrechamente con investigaciones empíricas más amplias en el campo de la inteligencia artificial educativa. Varios estudios recientes destacan la efectividad de herramientas de IA —como los modelos *GPT* y los agentes inteligentes— para fomentar la autonomía del aprendizaje, el compromiso del estudiantado y un procesamiento cognitivo más profundo.

Por ejemplo, estudios recientes de El-Shara *et al.* (2025) en la Universidad de Jordania ofrecen evidencia empírica rigurosa sobre el impacto transformador de la IA generativa (específicamente *MatGPT*, integrado en MATLAB) en la enseñanza de ecuaciones diferenciales. Sus resultados muestran mejoras significativas en múltiples dimensiones de la competencia matemática: comprensión conceptual (media ajustada: 75,04), fluidez procedimental (63,76), competencia estratégica (34,24) y razonamiento adaptativo (49,02), en comparación con métodos tradicionales y apoyados solo en MATLAB. Estos hallazgos refuerzan las experiencias observadas en IE University, subrayando el potencial transformador de la IA generativa en contextos disciplinares diversos, especialmente

cuando su integración está alineada pedagógicamente con objetivos educativos específicos.

De manera similar, el *Artificial Intelligence Index Report* (2025) de la Universidad de Stanford aporta una sólida base estadística a partir de encuestas globales y estudios de caso que demuestran importantes mejoras en productividad y calidad educativa derivadas de la integración de IA. Según este informe, las instituciones que adoptan tecnologías generativas de IA reportan avances sustanciales en el compromiso estudiantil, la motivación académica y los resultados de aprendizaje, en consonancia con las evaluaciones internas de IE University.

11. Alineación con arquitecturas de agentes inteligentes inspiradas en el cerebro

La metodología aplicada por IE University, que incorpora arquitecturas de agentes inteligentes y sistemas multiagente en contextos educativos, encuentra apoyo en la literatura científica contemporánea. El reciente informe titulado *Advances and Challenges in Foundation Agents* (Liu *et al.*, 2025) destaca cómo estas arquitecturas modulares inspiradas en el cerebro facilitan funcionalidades cognitivas y adaptativas altamente relevantes para la educación.

Estas arquitecturas permiten a los agentes inteligentes emular procesos cognitivos humanos —como el razonamiento contextual, la retroalimentación adaptativa y las interacciones responsivas—, precisamente las capacidades integradas en la herramienta AI Interactive Case. Los resultados empíricos de los pilotos en IE University —especialmente en lo relativo al pensamiento crítico, la reflexión metacognitiva y la autonomía estudiantil— encuentran así respaldo teórico robusto en esta literatura, validando la solidez y pertinencia del enfoque metodológico adoptado.

12. Lecciones del paradigma

El marco estratégico de IE University también se alinea con el paradigma conceptual propuesto por Narayanan y Kapoor (2025) bajo el título *AI as Normal Technology*. Esta perspectiva defiende que la integración exitosa de la IA debe entenderse como un proceso evolutivo e incremental, que prioriza

la usabilidad práctica, la adaptabilidad continua y la coherencia con las prácticas educativas consolidadas y los valores institucionales.

Las metodologías proactivas, iterativas y colaborativas empleadas por IE University encarnan precisamente estos principios. Gracias a su alianza estratégica con OpenAI, el uso de metodologías ágiles con *startups*, y el perfeccionamiento constante de herramientas internas, IE University constituye un ejemplo claro de cómo la IA generativa puede convertirse en un componente normalizado e integral de los ecosistemas educativos contemporáneos —transformando progresivamente, en lugar de interrumpir abruptamente, las metodologías de enseñanza tradicionales y la cultura institucional—.

13. Marco ético e inclusivo integral

La evidencia empírica y cualitativa recopilada en IE University resalta la importancia de adoptar un marco ético e inclusivo sólido para el despliegue de tecnologías de IA. Las primeras valoraciones de docentes y estudiantes revelan altos niveles de confianza y satisfacción, atribuibles a la transparencia, al uso responsable de la IA y a directrices éticas claramente establecidas.

Además, la retroalimentación estudiantil destaca de forma específica la percepción de inclusividad de las herramientas de IA desarrolladas por IE University, lo que refleja el enfoque estratégico de la institución en garantizar el acceso equitativo y la efectividad de la IA para diversas poblaciones estudiantiles. Estos hallazgos están en sintonía con debates globales impulsados por la OCDE y otras organizaciones sobre gobernanza ética y despliegue responsable de la IA en educación (*Artificial Intelligence Index Report*, 2025).

14. Implicaciones pedagógicas e institucionales más amplias

Las implicaciones del ecosistema de IA de IE University trascienden ampliamente el contexto institucional local. Los hallazgos presentados contribuyen de manera directa al debate internacional sobre el potencial transformador de la IA en la educación superior. En particular, las meto-

dologías implementadas ofrecen ejemplos claros y prácticos de cómo la IA generativa y los agentes inteligentes pueden mejorar de manera efectiva la calidad pedagógica, el compromiso estudiantil, la autonomía, la integridad académica y la eficacia instruccional.

Además, el enfoque estratégico de IE University —que combina alianzas externas proactivas, metodologías ágiles de pilotaje e integración holística de herramientas de IA— ofrece un modelo replicable para otras instituciones que buscan una integración eficaz de estas tecnologías. Esta estrategia representa un referente de buenas prácticas en innovación educativa, alineado con la investigación global y las políticas emergentes (Narayanan y Kapoor, 2025; Liu *et al.*, 2025; *Artificial Intelligence Index Report*, 2025).

15. Futuras líneas de investigación empírica e innovación en IA educativa

Aunque los resultados iniciales en IE University son alentadores, las investigaciones futuras deberían priorizar estudios longitudinales, análisis comparativos en contextos institucionales diversos, y exploraciones rigurosas sobre los efectos cognitivos y metacognitivos del uso de la IA en el aprendizaje. Además, sería relevante indagar en las percepciones de estudiantes y docentes sobre la integración de la IA, sus implicaciones éticas, la privacidad de datos y los mecanismos institucionales de apoyo.

De igual manera, futuras investigaciones podrían evaluar sistemáticamente el impacto diferencial de cada tipo de artefacto o metodología basada en IA, identificando qué herramientas —como los *GPT* personalizados, tutores inteligentes o mecanismos so-cráticos— resultan más eficaces según el tipo de estudiante o el contexto educativo en el que se apliquen.

16. Síntesis de resultados y discusión

En conclusión, los análisis empíricos iniciales y las observaciones cualitativas recopiladas en IE University confirman beneficios educativos sustanciales derivados de su ecosistema integral de inteligencia artificial. Entre estos destacan: una mayor implicación del alumnado, una mejora

en la calidad de la instrucción, el fortalecimiento de la autonomía en el aprendizaje, el refuerzo de la integridad académica, y un empoderamiento significativo del profesorado.

El enfoque de IE University representa un modelo de innovación educativa de vanguardia, estrechamente alineado con los marcos teóricos actuales, la evidencia empírica disponible y las recomendaciones internacionales sobre una integración efectiva y responsable de la IA en la educación superior. Estos resultados iniciales ofrecen una base sólida para seguir experimentando, perfeccionando y ampliando el uso institucional de metodologías educativas potenciadas por IA.

V. EVIDENCIA EMPÍRICA EXTERNA SOBRE LA IA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

1. Introducción a la evidencia empírica de investigaciones recientes

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación superior ha generado un volumen significativo de investigaciones empíricas destinadas a comprender su potencial para mejorar las metodologías de enseñanza, las experiencias de aprendizaje y los resultados educativos. Numerosos estudios recientes validan los hallazgos internos de IE University, destacando los beneficios sustanciales de la IA, especialmente en áreas como la instrucción personalizada, la evaluación formativa y el aumento del compromiso estudiantil (El-Shara *et al.*, 2025; Stanford AI Index, 2025; Liu *et al.*, 2025).

Esta sección sintetiza la evidencia empírica externa clave que respalda la integración de la IA en contextos educativos, con un enfoque específico en tecnologías de IA generativa, agentes inteligentes inspirados en el cerebro y mecanismos de diálogo socrático.

2. Impacto de la IA generativa en la educación matemática y técnica: el caso de MatGPT

Un estudio reciente de El-Shara *et al.* (2025), realizado en la Universidad de Jordania, proporciona evidencia empírica rigurosa sobre el impacto

transformador de la IA generativa —concretamente MatGPT, integrado en MATLAB— en la competencia matemática de estudiantes universitarios. Empleando un diseño cuasiexperimental, el estudio analizó el desempeño del alumnado en tres modalidades instruccionales: enseñanza tradicional, aprendizaje asistido con MATLAB, y aprendizaje apoyado por IA (MatGPT).

Los resultados fueron claros y significativos: el grupo apoyado por IA demostró un rendimiento notablemente superior en múltiples dimensiones de la competencia matemática, incluyendo comprensión conceptual (media ajustada: 75,04), fluidez procedimental (63,76), competencia estratégica (34,24) y razonamiento adaptativo (49,02), en comparación con los grupos tradicionales y los que utilizaron solo MATLAB. En conjunto, la integración de IA elevó el promedio de competencia matemática de 40,22 a un notable 59,03. Estos hallazgos refuerzan la experiencia de IE University con AI Feedback y los GPT personalizados, subrayando la efectividad de la IA generativa para fomentar la comprensión conceptual profunda, la resolución de problemas y el aprendizaje autónomo.

3. Evidencia global del informe de Stanford sobre IA 2025

En complemento a las evaluaciones internas de IE University, el *Artificial Intelligence Index Report* (2025) de la Universidad de Stanford ofrece evidencia global extensa que respalda los beneficios educativos de la IA. Según este informe, la integración de IA en contextos educativos diversos ha mejorado de forma constante la motivación del estudiantado, su compromiso, productividad y la calidad educativa general.

Un hallazgo especialmente relevante fue el rápido aumento en la adopción de IA por parte de instituciones educativas: solo en 2024, el 78 por 100 de las organizaciones encuestadas indicaron estar utilizando IA en entornos educativos, frente al 55 por 100 registrado el año anterior. Esta aceleración se alinea con las mejoras reportadas en el compromiso estudiantil, la implicación cognitiva y el rendimiento académico general, resultados que también se reflejan en las evaluaciones internas de IE University.

Además, el informe de Stanford destaca la capacidad de la IA generativa para mejorar la eficacia educativa, señalando importantes inversiones globales en tecnologías educativas basadas en modelos generativos. Estos hallazgos proporcionan una sólida validación externa de la apuesta estratégica de IE University por la IA generativa y los *GPT* personalizados como componentes centrales de su ecosistema de innovación educativa.

4. Arquitecturas de agentes inteligentes y pedagogías socráticas: evidencia empírica

Las investigaciones recientes sobre arquitecturas de agentes inteligentes —especialmente sistemas multiagente inspirados en procesos cognitivos humanos— respaldan aún más la implementación del AI Interactive Case de IE University. En su análisis exhaustivo *Advances and Challenges in Foundation Agents*, Liu et al. (2025) destacan la capacidad de los agentes inteligentes para emular conductas cognitivas humanas complejas, incluyendo el razonamiento adaptativo, la reflexión crítica y la retroalimentación contextualizada.

La evidencia empírica presentada por estos autores señala importantes ventajas cognitivas y educativas asociadas al uso de arquitecturas multiagente en contextos pedagógicos. Entre ellas se incluyen mejoras significativas en el pensamiento crítico, el razonamiento analítico y la reflexión metacognitiva, en perfecta consonancia con los resultados obtenidos en IE University con el uso del AI Interactive Case.

Además, el estudio enfatiza las ventajas pedagógicas de los mecanismos de diálogo socrático integrados en sistemas multiagente. Los hallazgos empíricos confirman que estas interacciones estructuradas fomentan el compromiso sostenido, la curiosidad cognitiva y una mejora notable en los resultados de aprendizaje, todos ellos elementos centrales del enfoque implementado por IE University.

5. Evidencia empírica sobre evaluación formativa mediante IA

Otro ámbito relevante de validación empírica externa se refiere a la evaluación formativa potenciada por IA. La literatura internacional ha

demostrado de manera constante los beneficios educativos de la evaluación formativa, destacando su papel crucial en el fomento del aprendizaje autónomo, la motivación intrínseca y una implicación educativa más profunda.

Estudios recientes incluidos en el Informe de Stanford sobre IA (2025) subrayan de forma específica el potencial único de la IA generativa para enriquecer las prácticas de evaluación formativa. Los mecanismos de retroalimentación automatizada apoyados por IA aumentaron de forma significativa el compromiso del estudiantado, su autonomía y sus comportamientos de mejora continua, validando así la experiencia interna de IE University con la herramienta AI Feedback.

Además, investigaciones internacionales confirman que la evaluación formativa respaldada por IA contribuye a reducir el plagio y las malas prácticas académicas, reflejando los mismos resultados observados por IE University en sus contextos piloto. Estos hallazgos confirman el valor estratégico del enfoque de evaluación formativa basada en IA adoptado por la universidad.

6. Despliegue ético e inclusivo de la IA: evidencia internacional

El despliegue ético e inclusivo de tecnologías de IA en educación también cuenta con una base empírica externa sólida. La OCDE y otras organizaciones internacionales de política educativa han subrayado de forma reiterada la necesidad de una gobernanza responsable de la IA, así como la importancia de la equidad, la transparencia y el diseño inclusivo como principios fundamentales para una integración exitosa.

El AI Index Report (2025) de Stanford aporta evidencia empírica clara de que las instituciones que priorizan la implementación ética, transparente e inclusiva de la IA alcanzan sistemáticamente mejores resultados educativos y mayores niveles de satisfacción tanto del alumnado como del profesorado. Estos hallazgos refuerzan el enfoque proactivo de IE University en el uso responsable de la IA, mostrando una clara alineación con *las mejores prácticas internacionales y principios éticos globales*.

7. Síntesis de la evidencia empírica externa

En síntesis, una amplia base de evidencia empírica externa valida los hallazgos internos de IE University, demostrando beneficios educativos consistentes derivados de la integración de tecnologías de IA generativa, arquitecturas de agentes inteligentes y mecanismos de diálogo socrático potenciados por IA. Entre los resultados clave destacan:

- Mayor autonomía estudiantil.
- Incremento en el compromiso cognitivo.
- Mejora de la eficacia instruccional.
- Fortalecimiento de la integridad académica.

Estos beneficios coinciden plenamente con la experiencia institucional de IE University y con las tendencias identificadas en la investigación global sobre IA en la educación.

Esta base empírica sólida ofrece una justificación clara para la adopción institucional a gran escala de metodologías educativas potenciadas por IA, reforzando el compromiso estratégico de IE University con la innovación pedagógica y la excelencia educativa.

8. Evidencia adicional: IA generativa y transferencia del conocimiento

La efectividad de la inteligencia artificial generativa para mejorar los resultados educativos va más allá de la instrucción directa de contenidos o de la retroalimentación formativa; también influye de manera significativa en la transferencia y aplicación del conocimiento. Investigaciones recientes, incluidas las presentadas en el *Artificial Intelligence Index Report* (2025) de Stanford, indican que la IA generativa posee una fortaleza particular en la generalización del conocimiento, la transferencia de habilidades y la aplicación del aprendizaje en contextos diversos.

Las instituciones que integran IA generativa informan sistemáticamente mejoras en la capacidad de los estudiantes para transferir conocimientos y habilidades adquiridas a situaciones educativas heterogéneas y escenarios del mundo real. Estas

observaciones empíricas coinciden plenamente con la experiencia de IE University, donde el aprendizaje asistido por IA —en particular mediante AI Tutor y herramientas basadas en los *GPT* personalizados— ha potenciado la habilidad del alumnado para aplicar conceptos aprendidos de manera efectiva en nuevas situaciones, contextos complejos y entornos de resolución de problemas.

Estos resultados encuentran un respaldo teórico sólido en investigaciones en ciencias cognitivas, que subrayan que la IA generativa favorece el desarrollo de la flexibilidad cognitiva, la capacidad de abstracción y la generalización del conocimiento—atributos fundamentales para un aprendizaje efectivo y transferible (Narayanan y Kapoor, 2025).

VI. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INTEGRACIÓN DE LA IA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

1. Introducción a las perspectivas teóricas

Tras haber revisado en detalle la evidencia empírica que respalda la integración de la inteligencia artificial en contextos educativos, esta sección explora los fundamentos teóricos que sustentan su implementación efectiva en la educación superior. En particular, se examinan las siguientes perspectivas clave:

- Las arquitecturas de agentes inteligentes inspiradas en el cerebro.
- Las metodologías de IA generativa.
- La pedagogía socrática.
- Los modelos educativos basados en fortalezas.

Cada una de estas perspectivas se analiza en función de su relevancia dentro del ecosistema estratégico de IA desarrollado por IE University.

2. Agentes inteligentes inspirados en el cerebro: fundamentos cognitivos y educativos

Las arquitecturas de agentes inteligentes inspiradas en el cerebro se basan ampliamente en la

neurociencia cognitiva, haciendo énfasis en principios como la modularidad, la plasticidad neuronal, el razonamiento adaptativo y el procesamiento jerárquico de la información. Estas propiedades permiten que los agentes inteligentes repliquen de forma cercana las dinámicas del aprendizaje humano, brindando instrucción adaptativa y respuestas personalizadas—factores críticos para una educación individualizada (Liu *et al.*, 2025)—.

La relevancia teórica de estas arquitecturas en la educación superior es profunda. Gracias a su capacidad de adaptación cognitiva e interacción contextual, los agentes inteligentes imitan las competencias de tutores humanos expertos, ofreciendo retroalimentación inmediata, apoyo personalizado e intervenciones pertinentes según las necesidades del estudiante. Esta funcionalidad se alinea estrechamente con los modelos teóricos consolidados de educación efectiva, especialmente aquellos que destacan el valor de la retroalimentación formativa inmediata, el andamiaje pedagógico y la instrucción reactiva y contextual.

La implementación de estas arquitecturas por parte de IE University —en particular a través de su herramienta AI Interactive Case— se fundamenta en estos principios. La capacidad del sistema para alternar dinámicamente entre modos evaluativos y explicativos, responder al contexto de aprendizaje y simular diálogos socráticos con características humanas constituye una aplicación sólida y teóricamente alineada de las arquitecturas cognitivas inspiradas en el cerebro (Foundation Agents Report, 2025).

3. Metodologías de IA generativa: alineación con los marcos constructivistas y conectivistas

Las metodologías de IA generativa, especialmente aquellas basadas en modelos *GPT*, utilizadas extensamente por IE University, se alinean de manera natural con las teorías educativas constructivistas y conectivistas.

Desde el constructivismo, se entiende que el aprendizaje efectivo ocurre cuando el estudiante se involucra activamente en la construcción del conocimiento mediante la exploración, la indagación y la interacción con materiales de aprendizaje significati-

vos. La IA generativa potencia este enfoque al ofrecer contenido instruccional dinámico y contextualizado, posibilitando una exploración personalizada y un alto grado de implicación activa por parte del estudiante.

El conectivismo, por su parte —una teoría más reciente—, destaca la importancia del aprendizaje en red y la adquisición de conocimiento a través de nodos interconectados de información. Los modelos *GPT*, gracias a su capacidad para comprender el contexto semántico, generar contenido en tiempo real y establecer conexiones conceptuales, reflejan de forma eficaz los principios conectivistas y facilitan experiencias de aprendizaje interconectadas.

La metodología empleada por IE University para crear los *GPT* personalizados, ajustados a marcos disciplinares específicos y objetivos instruccionales definidos, representa una aplicación ejemplar de estos fundamentos teóricos. Esta estrategia incrementa la personalización, la participación activa y la construcción autónoma del conocimiento, alineándose de manera robusta con los marcos contemporáneos del constructivismo y el conectivismo (*Artificial Intelligence Index Report*, 2025; Narayanan y Kapoor, 2025).

4. Pedagogía socrática: fundamentos clásicos y potenciación mediante IA

La herramienta AI Interactive Case de IE University se fundamenta explícitamente en marcos pedagógicos socráticos, ampliamente reconocidos por promover el pensamiento crítico, la práctica reflexiva y una comprensión conceptual profunda. La metodología socrática clásica se basa en el diálogo orientado por la indagación, el cuestionamiento crítico, el análisis reflexivo y la exploración sistemática de supuestos—métodos que han demostrado, empíricamente, fomentar una mayor implicación cognitiva y habilidades analíticas superiores.

Los diálogos socráticos potenciados por IA, apoyados en arquitecturas multiagente avanzadas, mejoran significativamente estas metodologías tradicionales al incorporar:

- Interacciones continuas y sensibles al contexto.
- Retroalimentación inmediata.

- Cuestionamientos adaptativos personalizados a cada respuesta del estudiante.

La relevancia teórica de esta pedagogía socrática aumentada por IA es evidente, ya que se alinea con teorías cognitivas bien establecidas que enfatizan la indagación estructurada, el andamiaje adaptativo y el compromiso activo del estudiante como condiciones óptimas para el aprendizaje significativo.

Las evaluaciones empíricas realizadas por IE University sobre AI Interactive Case respaldan estas predicciones teóricas, demostrando mejoras sustanciales en la capacidad analítica, la reflexión crítica y el razonamiento complejo del alumnado, resultados que constituyen pilares esenciales de una pedagogía socrática eficaz (Liu *et al.*, 2025).

5. Paradigmas educativos basados en fortalezas e integración de la IA

El ecosistema integral de IA desarrollado por IE University se alinea de manera sólida con los paradigmas educativos basados en fortalezas, que priorizan el aprovechamiento de los intereses, competencias e inteligencias individuales del estudiantado, en lugar de enfocarse únicamente en la corrección de déficits.

Las teorías educativas centradas en las fortalezas hacen énfasis en la instrucción personalizada, el apoyo adaptativo y la autoevaluación reflexiva como elementos críticos para potenciar la autonomía del estudiante, su autoeficacia, motivación intrínseca y compromiso sostenido con el aprendizaje. Los artefactos de IA desarrollados por IE University —como AI Feedback, AI Tutor, los GPT personalizados y los casos interactivos socráticos— reflejan explícitamente estos principios, al ofrecer experiencias instruccionales altamente personalizadas, retroalimentación contextualizada y prácticas formativas centradas en la reflexión.

La evidencia empírica recopilada por IE University respalda con claridad estas predicciones teóricas, demostrando un empoderamiento significativo del alumnado, un aumento de su autonomía, mejoras

en la autoeficacia y una motivación intrínseca más sólida. Estos resultados validan tanto la relevancia teórica como la eficacia pedagógica de integrar metodologías de IA dentro de paradigmas educativos centrados en las fortalezas (Fernández-Enguita, 2024; Conde-Ruiz, 2024).

6. Síntesis de los fundamentos teóricos

En síntesis, el ecosistema de IA de IE University se apoya firmemente en múltiples marcos teóricos que sustentan una educación efectiva. Las arquitecturas de agentes inteligentes inspiradas en el cerebro, las metodologías de IA generativa, los marcos pedagógicos socráticos y los paradigmas centrados en fortalezas proporcionan, en conjunto, una justificación teórica clara y una validación empírica robusta del enfoque estratégico de IE University hacia la integración de la IA en la educación superior.

Estos fundamentos teóricos destacan las dimensiones cognitivas, pedagógicas y éticas que son esenciales para un despliegue exitoso de la IA en entornos educativos. El enfoque integral de IE University —que combina artefactos de IA, modelos generativos personalizados, agentes inteligentes responsivos e interacciones socráticas estructuradas— refleja de manera explícita estos principios y ejemplifica estándares de buenas prácticas en innovación educativa contemporánea.

VII. RECOMENDACIONES DE POLÍTICA Y CONSIDERACIONES ÉTICAS PARA LA IA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

1. Introducción a los marcos de política y ética

La integración de la inteligencia artificial en la educación superior requiere el desarrollo de marcos de política sólidos y con visión de futuro, acompañados de normativas éticas rigurosas. La experiencia práctica y la evidencia empírica de IE University subrayan la necesidad de establecer políticas institucionales proactivas y estándares éticos integrales para maximizar los beneficios educativos de la IA y mitigar eficazmente sus riesgos y desafíos potenciales.

2. Establecimiento de políticas institucionales claras para la integración de la IA

Las instituciones de educación superior deberían adoptar políticas explícitas y transparentes que guíen la implementación, el uso y la gobernanza de la IA tanto en entornos académicos como administrativos. A partir de las prácticas exitosas de IE University, se recomiendan las siguientes acciones clave:

- *Transparencia y divulgación:* comunicar de forma clara el uso de tecnologías de IA en contextos educativos, detallando sus propósitos, utilización de datos, medidas de privacidad y consecuencias sobre la evaluación.
- *Directrices sobre integridad académica:* definir límites precisos sobre el uso aceptable de la IA en tareas y evaluaciones académicas, alineándolos con los valores institucionales de honestidad y rigor académico.
- *Desarrollo profesional continuo:* proporcionar formación regular a docentes, estudiantes y personal administrativo sobre tecnologías de IA, guías de uso, principios éticos y buenas prácticas pedagógicas.
- *Revisión iterativa de políticas:* evaluar y actualizar periódicamente las políticas sobre IA, adaptándolas de manera proactiva a los avances tecnológicos, a consideraciones éticas emergentes y a las prioridades institucionales.

3. Implementación ética de la IA: privacidad, equidad e inclusión

Junto con las políticas institucionales explícitas, las consideraciones éticas deben ocupar un lugar central en el despliegue de la IA en la educación. El enfoque proactivo de IE University hacia el uso responsable de estas tecnologías destaca tres dimensiones clave:

- *Privacidad y seguridad de los datos:* establecer estándares estrictos que regulen el uso de datos en entornos educativos potenciados por IA, incluyendo definiciones claras de uso per-

mitido, almacenamiento seguro y protección de la información personal y académica del alumnado.

- *Equidad algorítmica y transparencia:* priorizar la equidad, la transparencia y la explicación de los algoritmos, especialmente cuando la IA influye en evaluaciones, procesos de retroalimentación o decisiones educativas de alto impacto.
- *Equidad e inclusión educativa:* asegurar que la integración de la IA favorezca la inclusión, permitiendo que las tecnologías educativas se adapten de forma flexible a distintos perfiles estudiantiles, capacidades diversas y estilos de aprendizaje, mitigando de forma activa el riesgo de exclusión digital o desigualdad.

4. Lecciones del despliegue ético de la IA en IE University

El ecosistema integral de IA de IE University incorpora, explícitamente, estos principios éticos, ofreciendo rutas prácticas claras para una integración responsable de la IA en educación. Las evaluaciones internas confirman niveles elevados de satisfacción entre estudiantes y docentes, atribuidos directamente a la transparencia, la equidad y las prácticas inclusivas adoptadas por la institución.

Estos resultados refuerzan la importancia de establecer una gobernanza ética proactiva como condición fundamental para una implementación exitosa de la IA en el ámbito educativo, y proporcionan pautas concretas para otras instituciones interesadas en adoptar estas tecnologías de forma responsable.

5. Implicaciones para la innovación educativa a escala institucional

Los hallazgos empíricos, la coherencia teórica y las buenas prácticas éticas implementadas por IE University tienen implicaciones claras para la innovación educativa en el sector de la educación superior:

- *Mayor personalización pedagógica:* las tecnologías de IA permiten experiencias de aprendizaje altamente personalizadas, ajustadas a

competencias, estilos de aprendizaje y necesidades específicas del alumnado.

- *Mayor flexibilidad y escalabilidad instruccional:* las instituciones que integran IA obtienen una notable flexibilidad para adaptar sus prácticas pedagógicas a cambios en el currículo, necesidades emergentes del alumnado o nuevos contextos educativos.
- *Empoderamiento docente:* la integración de IA favorece una mayor autonomía y creatividad en el diseño instruccional, posibilitando la innovación pedagógica continua y el fortalecimiento del rol docente.
- *Refuerzo de la integridad académica:* las prácticas de evaluación formativa potenciadas por IA contribuyen a fortalecer la honestidad académica, reduciendo el plagio, el engaño y el aprendizaje superficial.

Estas implicaciones reflejan el potencial transformador de la integración estratégica de la IA en la educación superior, confirmando la relevancia y el valor institucional del ecosistema desarrollado por IE University.

6. Recomendaciones para instituciones de educación superior

Con base en la experiencia de IE University, se proponen las siguientes recomendaciones para aquellas instituciones que busquen una integración efectiva de la IA:

- *Estrategia integral y holística:* evitar soluciones fragmentadas e impulsar estrategias globales que combinen innovación interna, alianzas externas y metodologías de pilotaje ágil.
- *Colaboración proactiva y alianzas estratégicas:* establecer acuerdos con líderes del sector tecnológico, *startups* e investigadores para validar soluciones, ampliar su alcance y asegurar su relevancia pedagógica.
- *Gobernanza ética robusta y transparencia:* priorizar la comunicación clara de políticas, prácti-

cas y medidas de protección ante estudiantes, profesorado y personal institucional.

- *Desarrollo iterativo y mejora continua:* comprometerse institucionalmente con la evaluación y actualización constante de las prácticas relacionadas con la IA, respondiendo a nueva evidencia empírica y cambios tecnológicos o pedagógicos.

7. Futuras directrices de política y responsabilidades institucionales

El desarrollo futuro de políticas sobre IA educativa debe enfocarse explícitamente en las responsabilidades institucionales de largo plazo, la gobernanza ética, la transparencia y la evaluación empírica continua. Áreas clave a priorizar incluyen:

- *Monitoreo empírico longitudinal:* evaluar de manera sistemática el impacto de la integración de IA en resultados educativos, procesos cognitivos y dinámicas institucionales a lo largo del tiempo.
- *Revisión ética permanente y adaptación:* comprometerse con procesos de revisión ética constante, ajustando las políticas institucionales a los nuevos retos, avances tecnológicos y expectativas sociales.
- *Prácticas inclusivas y equitativas de despliegue de IA:* asegurar que las políticas institucionales prioricen permanentemente la inclusión, la equidad y la justicia educativa en todas las aplicaciones tecnológicas.

8. Resumen de recomendaciones éticas y de política

La integración integral de la inteligencia artificial por parte de IE University ofrece una justificación empírica y teórica clara para el desarrollo de marcos de política y gobernanza ética sólidos y proactivos que orienten las futuras implementaciones de IA en educación superior. La existencia de políticas institucionales explícitas, una gobernanza ética rigurosa, transparencia activa y prácticas inclusivas son elementos críticos para

garantizar una integración exitosa de la IA en entornos educativos.

Estas recomendaciones establecen rutas claras para que las instituciones de educación superior maximicen los beneficios educativos derivados de la IA, al mismo tiempo que mitigan eficazmente los riesgos y abordan los desafíos éticos, ejemplificando los estándares de buenas prácticas promovidos por IE University en materia de innovación educativa y despliegue responsable de IA.

9. Aplicabilidad general y recomendaciones para otras instituciones

Aunque el enfoque modular e integrador adoptado por IE University constituye un caso ejemplar, los principios y estrategias descritos en este artículo poseen una alta aplicabilidad a contextos institucionales diversos. Las universidades que consideren integrar IA en sus prácticas educativas pueden adoptar y adaptar el modelo de IE University según sus características, recursos y prioridades pedagógicas específicas.

Recomendaciones estratégicas generales

1. Comenzar en pequeño, escalar gradualmente

Las instituciones que recién inician la integración de IA deben lanzar proyectos piloto en cursos o departamentos específicos, permitiendo así una evaluación cuidadosa, validación y mejora progresiva antes de escalar su implementación.

2. Priorizar la formación y participación docente

Una integración sostenible de la IA requiere una implicación sustancial del profesorado. Se deben establecer programas continuos de desarrollo profesional enfocados en buenas prácticas pedagógicas para el uso de IA, garantizando así la autonomía y competencia de los docentes.

3. Personalizar soluciones de IA al contexto institucional

Dado que no todas las instituciones poseen la misma infraestructura ni necesidades, los modelos GPT y otras herramientas de IA deben adaptarse

específicamente a los marcos curriculares, pedagógicos y disciplinares de cada institución.

4. Fomentar la coherencia institucional y la integración sistémica

Para evitar la fragmentación pedagógica, es necesario diseñar marcos de integración que aseguren la coherencia entre herramientas modulares de IA, siguiendo modelos como el *PIM (pedagogical integration model)* de IE University.

5. Establecer marcos éticos y normativos sólidos

Las instituciones deben definir políticas claras sobre el uso de IA, abordando explícitamente aspectos como el sesgo algorítmico, la privacidad de datos, la integridad académica y la dependencia tecnológica.

6. Promover la colaboración interinstitucional

Las alianzas con otras universidades, empresas tecnológicas y centros de investigación pueden potenciar la implementación de IA, mediante intercambio de conocimientos, recursos y buenas prácticas.

Estrategias de adaptación según tipo de institución

- Universidades públicas grandes:

Implementar gradualmente herramientas de IA en diferentes departamentos, comenzando por cursos troncales de alta matrícula. Usar recursos centralizados para formación y política institucional.

- Instituciones pequeñas de artes liberales:

Aprovechar su flexibilidad organizativa para pilotar rápidamente soluciones innovadoras, enfocándose en evaluación formativa basada en IA y herramientas socráticas interactivas.

- Instituciones con recursos limitados:

Priorizar integraciones asequibles como servicios de IA en la nube o plataformas de código abierto. Crear consorcios con otras instituciones para compartir costos y conocimiento.

- Universidades técnicas o especializadas:

Utilizar asistentes técnicos basados en IA, los *GPT* adaptados a contenidos especializados y arquitecturas inteligentes avanzadas para facilitar el aprendizaje disciplinar complejo.

Estas recomendaciones prácticas y estrategias de adaptación hacen de este artículo no solo una documentación detallada del enfoque de IE University, sino también una guía útil para otras instituciones que buscan mejorar su efectividad educativa mediante la integración estratégica de la inteligencia artificial.

VIII. CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS FUTURAS

1. Resumen de los principales hallazgos

La integración de la inteligencia artificial en la educación superior ofrece oportunidades sustanciales para mejorar la pedagogía, innovar en la instrucción y elevar los resultados académicos. El enfoque estratégico de IE University —que abarca el desarrollo interno de herramientas como AI Tutor, AI Feedback y AI Interactive Case, alianzas externas con OpenAI y procesos ágiles de pilotaje con *startups*— ha demostrado beneficios empíricos claros y una alineación teórica significativa.

La evidencia recogida en los estudios piloto realizados por IE University destaca beneficios clave como el aumento de la autonomía del estudiante, el mayor compromiso cognitivo, la flexibilidad instruccional, la fortalecida integridad académica y el empoderamiento del profesorado. Estos hallazgos han sido validados externamente por investigaciones como las de El-Shara *et al.* (2025), el *Artificial Intelligence Index Report* (2025) y estudios sobre arquitecturas inteligentes y pedagogías socráticas (Liu *et al.*, 2025).

2. Alineación teórica y relevancia pedagógica

La integración de IA en IE University se encuentra sólidamente alineada con múltiples marcos teóricos fundamentales para una educación efectiva, incluyendo:

- Arquitecturas de agentes inteligentes inspiradas en el cerebro.
- Metodologías generativas de IA (especialmente dentro de marcos constructivistas y conectivistas).
- Pedagogía socrática.
- Modelos educativos basados en fortalezas.

Cada uno de estos enfoques ofrece justificación pedagógica clara y validación empírica sólida para el despliegue estratégico de la IA, destacando la adaptabilidad cognitiva, la personalización, la indagación estructurada, la evaluación reflexiva y la motivación intrínseca como elementos clave para alcanzar la excelencia educativa.

3. Implicaciones éticas e institucionales

La integración exitosa de la IA en la educación superior requiere políticas institucionales proactivas y marcos éticos rigurosos que maximicen sus beneficios educativos y mitiguen eficazmente los riesgos asociados. La experiencia de IE University destaca la necesidad de:

- Transparencia explícita.
- Normas sólidas de privacidad de datos.
- Justicia algorítmica.
- Prácticas educativas inclusivas.

Además, se debe priorizar el desarrollo profesional continuo, la revisión iterativa de políticas, y una asunción clara de responsabilidades institucionales, para garantizar que la integración de IA sea sostenible, efectiva y éticamente responsable.

4. Innovación educativa ampliada y relevancia institucional

El ecosistema integral de IA desarrollado por IE University constituye un modelo avanzado de innovación educativa, ofreciendo estándares replicables y rutas prácticas para su adopción en otras institu-

ciones. Las principales innovaciones alcanzables mediante la integración estratégica de IA incluyen:

- Personalización pedagógica avanzada.
- Escalabilidad y flexibilidad instruccional.
- Empoderamiento docente.
- Mejora de la integridad académica a través de evaluación formativa.

Estos beneficios consolidan el valor institucional y la relevancia educativa de la IA, sirviendo de impulso para la investigación empírica continua, la mejora iterativa y la adopción más amplia en la educación superior global.

5. Recomendaciones para investigación futura y prácticas institucionales

Aunque los resultados iniciales son prometedores, las futuras investigaciones deben centrarse en:

- *Monitoreo empírico longitudinal*: para evaluar el impacto educativo, institucional y cognitivo a largo plazo.
- *Evaluaciones comparativas sistemáticas*: entre contextos institucionales, áreas disciplinares y enfoques metodológicos.
- *Investigación cognitiva y metacognitiva en profundidad*: que identifique mecanismos específicos detrás del pensamiento crítico, la reflexión y la transferencia del conocimiento.
- *Análisis de escalabilidad y sostenibilidad institucional*: para abordar los desafíos de implementación y expansión de soluciones educativas basadas en IA.

6. Tecnologías emergentes y oportunidades educativas

A medida que la IA generativa y las tecnologías de agentes inteligentes continúan evolucionando rápidamente, las instituciones deben permanecer ágiles, receptivas y proactivas en la exploración de nuevas oportunidades pedagógicas.

Tecnologías emergentes con implicaciones educativas significativas incluyen:

- Modelos generativos multimodales avanzados.
- Agentes inteligentes cada vez más sofisticados.
- Analítica de aprendizaje adaptativo.
- Intervenciones didácticas en tiempo real apoyadas por IA.

Las instituciones que adopten e integren proactivamente estas tecnologías estarán mejor posicionadas para mejorar continuamente sus resultados educativos y su relevancia institucional.

7. Liderazgo institucional en la integración educativa de IA

Las instituciones de educación superior deben asumir un rol de liderazgo explícito en la gobernanza ética, la integración pedagógica y la innovación responsable de la IA. Dicho liderazgo debe priorizar:

- La transparencia proactiva.
- La participación continua de los actores institucionales.
- Prácticas inclusivas alineadas con los valores educativos.

Aquellas instituciones que demuestren un liderazgo eficaz en IA —combinando innovación, ética y responsabilidad— estarán mejor posicionadas para mantener la excelencia educativa, fortalecer su relevancia institucional y contribuir activamente al desarrollo de la sociedad, como ejemplifica IE University en su compromiso estratégico con la innovación educativa integral.

8. Reflexiones finales

En conclusión, la integración integral de la inteligencia artificial llevada a cabo por IE University demuestra una efectividad empírica sustancial, una sólida alineación teórica y claras implicaciones institucionales y éticas. La implementación de me-

tecnologías de IA —incluyendo IA generativa, arquitecturas de agentes inteligentes, mecanismos de diálogo socrático y marcos pedagógicos basados en fortalezas— ofrece caminos claros hacia una innovación educativa significativa, una mejora en la instrucción y mejores resultados para el estudiantado.

Las instituciones de educación superior que adopten estrategias de integración de IA completas, éticas y validadas empíricamente estarán mejor posicionadas para mejorar de manera continua la calidad educativa, fomentar la innovación pedagógica y consolidar su relevancia institucional. La experiencia de IE University constituye un ejemplo práctico y robusto para aquellas instituciones que buscan implementar la IA educativa de manera efectiva, responsable e innovadora.

9. Visión estratégica para una integración sostenible de la IA

La visión estratégica para una integración sostenible de la IA en la educación superior requiere una visión prospectiva clara, el desarrollo iterativo de políticas y un compromiso institucional firme con la mejora continua. El ecosistema integral de IA de IE University representa un modelo exitoso basado en la colaboración proactiva, el perfeccionamiento constante y la innovación pedagógica.

Las estrategias institucionales futuras deben centrarse en la sostenibilidad a largo plazo, la escalabilidad operativa y la revisión ética permanente, garantizando que la integración de la IA se mantenga adaptativa, receptiva y alineada con la evolución de los contextos educativos y las expectativas sociales. Esto implica una apuesta decidida por:

- La implicación activa de los grupos de interés.
- La evaluación continua.
- La adaptación proactiva de políticas institucionales.

10. Cultura institucional de innovación y aprendizaje continuo

El éxito de la integración de la IA en IE University subraya la importancia de cultivar una cultura insti-

tucional que priorice explícitamente la innovación, la colaboración y el aprendizaje continuo. Las instituciones que integran eficazmente la IA fomentan culturas organizativas ágiles, que incentivan la experimentación pedagógica, la mejora iterativa y la capacitación continua de docentes, personal y demás actores institucionales.

El establecimiento de culturas institucionales centradas en la innovación y el aprendizaje constante fortalece la adaptabilidad institucional, la capacidad de respuesta y la excelencia educativa sostenida, permitiendo a las universidades aprovechar de forma continua las oportunidades tecnológicas y pedagógicas emergentes.

11. Colaboración global y liderazgo institucional en IA educativa

Las instituciones de educación superior tienen una responsabilidad y una oportunidad únicas de liderar de forma proactiva la colaboración global y los diálogos de política pública en torno a la integración de la IA en educación. Universidades como IE University, que demuestran prácticas de IA responsables, efectividad empírica e innovación activa, se posicionan como referentes globales, ofreciendo modelos claros y guías prácticas para una adopción más amplia y equitativa.

Las estrategias institucionales del futuro deben priorizar:

- La colaboración internacional.
- El intercambio de conocimiento.
- El liderazgo sostenido en gobernanza ética de la IA educativa.

Estas acciones reforzarán la relevancia social de la educación superior y su contribución activa a la excelencia educativa a nivel mundial.

12. Vías prácticas para la implementación institucional

El ecosistema integral de IA de IE University ofrece rutas claras y replicables para la imple-

mentación institucional en contextos educativos diversos. Las recomendaciones prácticas para lograr una integración efectiva incluyen:

- *Colaboración interna y externa robusta*: establecer marcos sistemáticos de colaboración entre departamentos académicos, unidades administrativas y otros actores institucionales, complementados con alianzas estratégicas con proveedores tecnológicos y startups innovadoras.
- *Pilotaje iterativo y escalado ágil*: adoptar metodologías de pilotaje ágiles que permitan pruebas rápidas de tecnologías emergentes, su validación progresiva y una escalabilidad planificada y efectiva.
- *Comunicación transparente de políticas y prácticas éticas*: asegurar una gobernanza ética rigurosa, con políticas institucionales claras y bien comunicadas, que refuercen las buenas prácticas de IA y la confianza institucional.
- *Formación docente continua y apoyo pedagógico*: priorizar el desarrollo profesional sostenido del profesorado, con programas de capacitación enfocados en la relevancia pedagógica y la eficacia institucional de las tecnologías basadas en IA.

13. Sostenibilidad institucional y compromiso con los grupos de interés

Mantener la confianza institucional, la transparencia activa y la implicación continua de los actores educativos es fundamental para una integración exitosa y sostenida de la IA. Las instituciones que priorizan el diálogo abierto con sus grupos de interés, la gestión ética transparente y la gobernanza inclusiva de políticas mantendrán de forma efectiva:

- La confianza institucional.
- La alineación con los valores sociales.
- La coherencia institucional a largo plazo.

La estrategia de IE University —centrada en la

transparencia, la ética y la participación— ofrece estándares replicables para otras universidades, reforzando el valor estratégico de la confianza, el diálogo y las prácticas institucionales inclusivas.

14. Adaptación continua a tecnologías emergentes y oportunidades pedagógicas

La adaptación constante a nuevas tecnologías y la apropiación activa de oportunidades pedagógicas emergentes son esenciales para mantener la efectividad de la IA en educación. Las instituciones deben priorizar una agilidad institucional sostenida, lo que implica:

- Monitorear el desarrollo tecnológico.
- Evaluar permanentemente la evidencia empírica.
- Refinar de forma sistemática las prácticas educativas.

Al priorizar la adaptación continua y el compromiso tecnológico, las instituciones estarán en posición de aprovechar plenamente el potencial evolutivo de la IA, mejorando así la personalización didáctica, la innovación institucional y la efectividad del proceso educativo.

15. Resumen final y llamado a la acción

La educación superior se encuentra en un punto de inflexión, impulsada por los avances transformadores de la inteligencia artificial generativa, que están remodelando tanto las metodologías pedagógicas como los enfoques institucionales de enseñanza y aprendizaje. Como se ha detallado en este artículo, la estrategia integral de IE University —metafóricamente descrita como la “navaja suiza” de la inteligencia artificial— representa una evolución significativa respecto a las implementaciones fragmentadas y limitadas de IA.

Gracias a una combinación de herramientas internas (AI Tutor, AI Feedback, AI Interactive Case), alianzas estratégicas con OpenAI para el desarrollo de los *GPT* personalizados, y un enfoque ágil para la experimentación con *startups* tecnológicas, IE University ha establecido un referente claro

para la integración efectiva de la IA en educación superior.

Los hallazgos empíricos confirman los beneficios sustanciales de este enfoque: mayor autonomía del estudiante, incremento en el compromiso cognitivo, mejora en la flexibilidad docente e instruccional y fortalecimiento de la integridad académica. La escalabilidad y adaptabilidad del modelo garantizan que estos resultados sean sostenibles y aplicables a contextos educativos diversos.

Además, la alineación de esta estrategia con marcos teóricos clave —paradigmas constructivistas y conectivistas, metodologías socráticas, enfoques basados en fortalezas y arquitecturas cognitivas inspiradas en el cerebro— valida aún más su efectividad pedagógica. Esta integración, sumada a una gobernanza ética robusta, posiciona a IE University como líder en innovación educativa, capaz de enfrentar los desafíos y oportunidades que plantea la inteligencia artificial emergente.

De cara al futuro, las instituciones deberán adoptar estrategias igualmente holísticas, basadas en gobernanza ética proactiva, mejora iterativa continua y colaboración estratégica interna y externa. Al hacerlo, fomentarán culturas de innovación, adaptabilidad y excelencia pedagógica, elevando permanentemente la calidad y efectividad de la educación superior.

La experiencia de IE University ofrece directrices prácticas claras para una adopción institucional más amplia, subrayando la importancia del liderazgo estratégico, las políticas transparentes, las prácticas inclusivas y el compromiso continuo con los grupos de interés para mantener la confianza y asegurar un uso responsable de la IA en educación.

En última instancia, este enfoque permitirá a las universidades aprovechar eficazmente el potencial transformador de la inteligencia artificial, optimizar los resultados educativos y enriquecer profundamente la experiencia de aprendizaje y enseñanza en un entorno cada vez más complejo e interconectado.

BIBLIOGRAFÍA

- Axios. (2025).** *AI Teaching Agents and the Future of Education*. <https://www.axios.com/newsletters/axios-ai-plus-d9eb28f0-9559-11ef-adcb-815e369a3c3b>
- Conde-Ruiz, J. I. y Fernández, A. (2024).** Higher Education and Technological Change: Challenges and Opportunities in the Era of AI. *Funcas Social*, (10), 1-18.
- El-Shara, I. A. H., Tabieh, A. A. S. y Abu Helu, S. Y. A. (2025).** The Effect of Using MatGPT on Mathematical Proficiency Among Undergraduate Students. *International Journal of Information and Education Technology*, 15(4), 782-795. doi:10.18178/ijiet.2025.15.4.2284
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T. y Tesch-Römer, C. (1993).** The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review*, 100(3), 363-406.
- Fernández-Enguita, M. (2024).** AI and the Transformation of University Education: Towards Personalized and Interactive Learning. *Funcas Social*, (10), 19-34.
- Gao, Z., Liu, Y. y Chen, H. (2024).** *Multi-Agent SimClass Environment for Interactive Learning*. <https://arxiv.org/abs/2406.19226>
- Harvard University (2025).** *CS50's Use of Socratic AI Bots*. <https://cs50.harvard.edu/ai/>
- Jimeno, J. F. y Lamo, A. (2024).** Artificial Intelligence, Skills, and the Labor Market: A European Perspective. *Funcas Social*, (10), 35-50.
- Kortemeyer, G. (2023).** Cognitive Dependency Risks Associated with Generative AI in Education. *Journal of Educational Technology*, 34(2), 125-139.
- Liu, Y., Gao, Z. y Zhang, J. (2025).** *Building Socratic Chatbots: Dialogue Models for Reflective Learning*. <https://arxiv.org/abs/2409.05511>
- Liu, Y., Gao, Z., Zhang, J. y Huang, R. (2025).** *Advances and Challenges in Foundation Agents*. <https://arxiv.org/abs/2504.01990>
- Narayanan, A. y Kapoor, A. (2025).** *AI as Normal Technology*. Knight First Amendment Institute. <https://knightcolumbia.org/content/ai-as-normal-technology>
- Stanford University (2025).** *Artificial Intelligence Index Report 2025*. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. <https://hai.stanford.edu/research/ai-index-2025>

Stanford University (2025). *DCCI Model for Educational Content Integration*. <https://arxiv.org/abs/2504.03966>

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. y Gouverneur, F. (2019). Systematic Review of Research on Artificial Intelligence Applications in Higher Education.

International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 1-27.

Zhang, X., Jiang, Y. y Li, Z. (2024). *AutoFeedback AI Collaboration Framework for Educational Assessment*. <https://arxiv.org/abs/2411.07407>

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN CENTROS EDUCATIVOS: PREPARACIÓN INSTITUCIONAL Y COMPETENCIAS DIGITALES EN ICILS 2023

Christopher Neilson

Yale University (USA)

Ignacio Lepe

ConsiliumBots y Universidad de Chile (Chile)

Resumen

Este estudio analiza la preparación institucional de escuelas para adoptar inteligencia artificial generativa (IAGen), usando datos de ICILS 2023. Frente a la escasa evidencia sobre su adopción a nivel escolar, proponemos una medición novedosa aplicando un análisis de componentes principales (ACP), el que identifica tres dimensiones clave: expectativas positivas, percepción de riesgos e institucionalización del uso de IAGen. Se observan brechas socioeconómicas consistentes entre países: las escuelas más vulnerables están menos preparadas para adoptar IAGen, lo que podría acentuar desigualdades educativas si esta tecnología mejora la productividad. Además, mostramos que existe una asociación estadística positiva entre el nivel de preparación institucional medido por estas dimensiones y las competencias digitales de los estudiantes. Nuestra principal contribución es una métrica replicable para estudios comparativos y monitoreo, destacando al mismo tiempo la importancia de políticas educativas focalizadas en la equidad tecnológica.

Palabras clave: inteligencia artificial, tecnologías educativas, competencias digitales.

Abstract

This study analyzes schools' institutional readiness to adopt generative artificial intelligence (GenAI), using data from ICILS 2023. Given the limited empirical evidence on its adoption in schools, we propose a novel measurement approach using principal component analysis (PCA) that identifies three key dimensions: positive expectations, perceived risks, and institutionalization of GenAI use. We observe consistent socioeconomic gaps across countries: schools serving more vulnerable students are systematically less prepared to adopt GAI, which could exacerbate educational inequalities if the technology improves productivity. We also find a positive statistical association between institutional readiness and students' digital competencies. Our main contribution is a replicable metric for comparative research and monitoring, while also underscoring the importance of education policies focused on technological equity.

Keywords: artificial intelligence, educational technologies, digital competencies.

JEL classification: C38, D60, I21, I28, O30.

I. INTRODUCCIÓN

La irrupción reciente de tecnologías basadas en inteligencia artificial generativa (IAGen) han impulsado una transformación profunda en distintos sectores económicos y sociales. Herramientas como ChatGPT permiten interacciones en lenguaje natural mediante interfaces conversacionales o chatbots, facilitando tareas complejas

como la generación de contenidos, el análisis automatizado de datos y la asistencia personalizada. Según el reporte *State of AI* de McKinsey (2023), estas tecnologías no solo ofrecen ganancias en eficiencia operativa y productividad, sino que pueden redefinir procesos empresariales completos.

En educación, la IAGen posee un potencial significativo debido a su capacidad para personalizar

el aprendizaje y proporcionar retroalimentación adaptativa en tiempo real. Si bien esta tecnología es reciente, su promesa se fundamenta en hallazgos previos sobre el impacto de plataformas de aprendizaje adaptativo (Ganimian y Murnane, 2016; Muralidharan *et al.*, 2019), que mostraron mejoras sustantivas en el aprendizaje cuando el contenido se ajusta al nivel y progreso del estudiante. Entre otros beneficios identificados destacan el apoyo directo a la enseñanza (Moundridou *et al.*, 2024), la facilitación de la retroalimentación automatizada (Kinder *et al.*, 2025) y el fomento de habilidades digitales críticas para el futuro del trabajo (Ng *et al.*, 2025). Estas capacidades podrían implicar mejoras significativas en productividad docente y eficiencia en la gestión educativa (McKinsey, 2023; Miao y Holmes, 2024; OECD, 2023).

Sin embargo, estas tecnologías también generan preocupaciones relacionadas con su adopción masiva en educación. Varios estudios y organizaciones internacionales han advertido sobre los riesgos asociados al uso excesivo o inapropiado de IAGen, incluyendo reducción del esfuerzo cognitivo, generación de dependencia tecnológica y posible deterioro en habilidades fundamentales como el pensamiento crítico (Lee *et al.*, 2025). Asimismo, existen consideraciones éticas sustanciales, como sesgos algorítmicos, riesgos de plagio académico, infracciones a la propiedad intelectual, privacidad de datos y desafíos de ciberseguridad (Arias Ortiz *et al.*, 2025; McKinsey, 2023).

A pesar del potencial transformador de estas tecnologías, la evidencia indica que los sistemas educativos han tendido históricamente a una adopción relativamente lenta y desigual de innovaciones tecnológicas emergentes (OECD, 2021). Esta brecha, entre el ritmo acelerado del desarrollo tecnológico y la capacidad institucional para integrarlas eficazmente, plantea un desafío central: garantizar que estudiantes y docentes adquieran competencias necesarias para interactuar críticamente con la IAGen, comprendiendo plenamente sus limitaciones, riesgos y posibilidades.

Actualmente, la investigación empírica específica sobre la adopción a nivel institucional en contextos educativos es escasa. Aunque existe una

creciente literatura sobre aplicaciones generales de la IAGen en sectores productivos y empresariales, la comprensión sobre cómo se adopta específicamente en centros escolares permanece limitada. Hasta ahora, no existían datos internacionales a gran escala que permitieran comprender cómo las instituciones educativas están respondiendo a la emergencia de la IAGen. En este sentido, el *Estudio Internacional sobre Alfabetización en Computación y Tecnologías de la Información (ICILS, por sus siglas en inglés) 2023* marca un hito al ser la primera evaluación internacional que incluye un módulo específico sobre IAGen en cuestionarios dirigidos a directivos escolares. Esta evaluación recopiló respuestas de más de 20.000 directivos escolares apenas meses después de la popularización de ChatGPT, lo que proporciona una visión única y en tiempo real de cómo las instituciones educativas están reaccionando ante esta nueva tecnología.

Para analizar los cuestionarios a directores de centros educativos utilizamos el análisis de componentes principales (ACP), una técnica estadística que permite reducir la dimensionalidad de grandes conjuntos de variables. En este caso, aplicamos el ACP para identificar patrones en las respuestas a directores en relación con el uso, percepciones y marcos normativos actuales, lo que denominamos preparación institucional hacia la IAGen. El ACP permitió identificar empíricamente tres dimensiones: expectativas positivas de uso, percepción de riesgos e institucionalización formal. El primer componente refleja una visión pedagógica optimista hacia la IAGen; el segundo, una valoración crítica respecto de sus potenciales riesgos; y el tercero, el grado en que estas herramientas están integradas formalmente en políticas y orientaciones institucionales.

Además de facilitar una caracterización estructurada de la preparación institucional de la IAGen, nuestro análisis revela brechas socioeconómicas sistemáticas a nivel de centro educativo. En particular, los centros educativos que atienden a estudiantes de menor nivel socioeconómico tienden a reportar menores niveles de institucionalización, actitudes menos favorables hacia el uso pedagógico de la inteligencia artificial (IA) y una percepción menos crítica sobre sus riesgos. Asimismo, los com-

ponentes fueron utilizados como predictores en modelos de regresión, con términos lineales y cuadráticos, para capturar posibles relaciones no lineales entre la preparación institucional y los resultados en pensamiento computacional (CT) y alfabetización digital (CIL). Los hallazgos revelan asociaciones diferenciadas: CT se vincula positivamente con un uso institucional activo de la IAGen, mientras que CIL muestra mayor sensibilidad a contextos que reconocen sus riesgos y desafíos. Este patrón sugiere que una preparación institucional desequilibrada puede limitar el impacto pedagógico de la IAGen, afectando con mayor fuerza a los estudiantes más vulnerables y profundizando las brechas digitales preexistentes.

Finalmente, es importante enfatizar que nuestro análisis es exploratorio y descriptivo, con el objetivo principal de identificar asociaciones institucionales y patrones emergentes, sin pretender establecer relaciones causales. Al proveer un registro histórico de cómo los sistemas educativos están reaccionando en tiempo real al surgimiento de tecnologías disruptivas, nuestro estudio no solo establece un punto de referencia actual, sino que además permite futuras comparaciones longitudinales para evaluar cómo evolucionan estas respuestas institucionales a nivel internacional.

II. DATOS

Este estudio utiliza los datos del *Estudio Internacional sobre Alfabetización en Computación y Tecnologías de la Información (ICILS) 2023*, desarrollado por la International Association for the Evaluation of Educational Achievement – IEA (<https://www.iea.nl/studies/iea/icils>). Esta fuente ofrece una base de datos comparativa de alta calidad que permite analizar cómo distintos sistemas educativos promueven el desarrollo de competencias digitales entre los estudiantes de 8.º grado. En particular, se consideran dos competencias:

- Alfabetización computacional (CIL), que mide la capacidad en el uso de computadoras para buscar, gestionar, evaluar, crear y comunicar información de manera efectiva en entornos digitales, y manejo de información, y;

- Pensamiento computacional (CT), que evalúa habilidades para resolver problemas mediante procesos lógicos, el diseño de algoritmos y nociones básicas de programación.

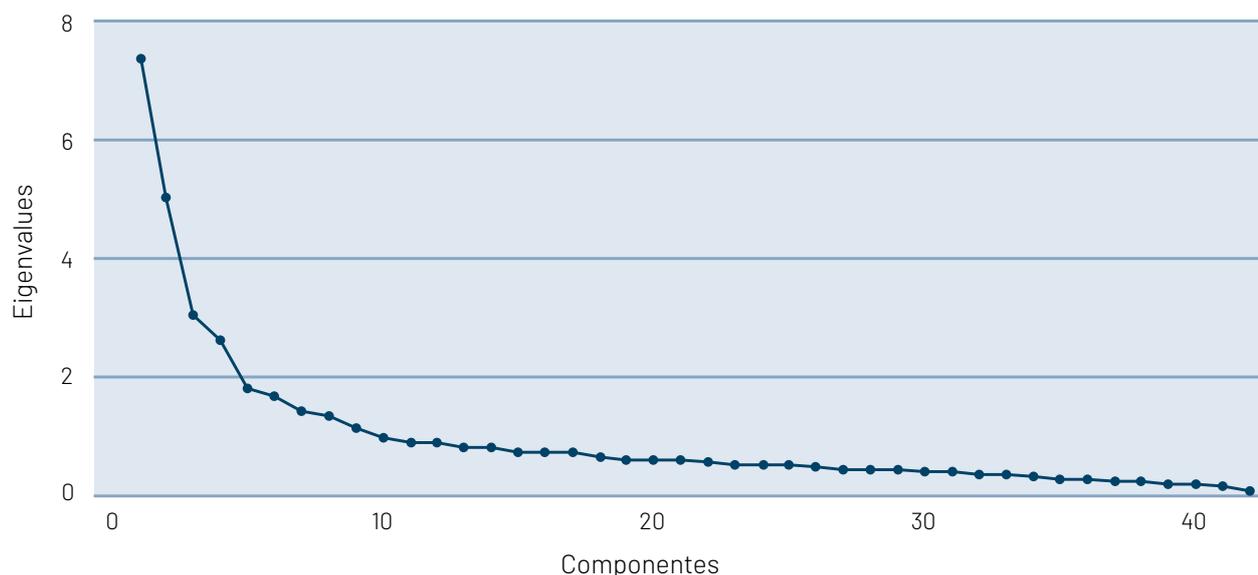
ICILS 2023 abarcó a 34 países (o 35 sistemas educativos), con participación de aproximadamente 5.300 escuelas, 132.600 estudiantes en la evaluación de CIL, y 85.200 estudiantes en CT, además de cerca de 61.000 docentes. Junto con las pruebas cognitivas, se aplicaron cuestionarios contextuales dirigidos a estudiantes, docentes, directores y personal técnico. En esta edición, destaca la incorporación por primera vez de un módulo específico en el cuestionario directivo sobre percepciones, usos y lineamientos institucionales respecto a herramientas de IAGen, tales como ChatGPT. Este módulo fue respondido por más de 20.000 directores de secundaria en quince países, constituyendo uno de los primeros instrumentos comparables a nivel internacional sobre el tema.

Para este estudio, se integraron los registros del cuestionario estudiantil con la información institucional reportada por los directores, obteniéndose una muestra consolidada de 37.843 estudiantes provenientes de múltiples países participantes. Debido a restricciones específicas del diseño del estudio ICILS 2023, no fue posible vincular esta información con los cuestionarios de docentes. Adicionalmente, se excluyeron todas las observaciones correspondientes a Chile, dado que dicho país no cuenta con datos disponibles en la base estudiantil (Fraillon y Rožman, 2024).

El proceso de tratamiento incluyó una limpieza sistemática que contempló la recodificación de respuestas inválidas o ausentes, frecuentemente codificadas con valores ≥ 8 como valores faltantes reales. Adicionalmente, se aplicaron ajustes de codificación orientados a garantizar la coherencia direccional de las escalas utilizadas en la evaluación de percepciones, asegurando su adecuada interpretación comparativa. Finalmente, la muestra efectiva quedó compuesta por estudiantes de 20.956 escuelas con información institucional válida, constituyendo el universo analizado en esta investigación.

GRÁFICO 1

SCREEPLOT DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES: VARIANZA EXPLICADA POR COMPONENTE



III. MEDICIÓN DE LA PREPARACIÓN INSTITUCIONAL PARA LA IAGen

1. Análisis de componentes principales (ACP)

Se aplicó el análisis de componentes principales (ACP) sobre 44 ítems del cuestionario de directivos escolares del estudio ICILS 2023, los que abordan percepciones sobre el uso actual de herramientas de (IAGen) en docentes y estudiantes, así como la existencia de políticas, lineamientos y orientaciones institucionales. Esta técnica permite sintetizar un número elevado de variables sin imponer supuestos estructurales, generando componentes ortogonales que explican la máxima varianza posible del conjunto original, lo que resulta especialmente útil para su uso posterior como predictores en modelos multivariados.

En una primera etapa, se aplicó un ACP sin restricciones para observar la distribución de la varianza explicada. El *screeplot* (gráfico 1) muestra un punto claro de inflexión a partir del cuarto componente, lo que sugiere que una solución de tres o cuatro dimensiones concentra la mayor parte de la información sin afectar la parsimonia del modelo.

Siguiendo esta evidencia empírica y el criterio de Kaiser (eigenvalor ≥ 1), se retuvieron tres componentes principales, que explican en conjunto el 79,2 por 100 de la varianza total.

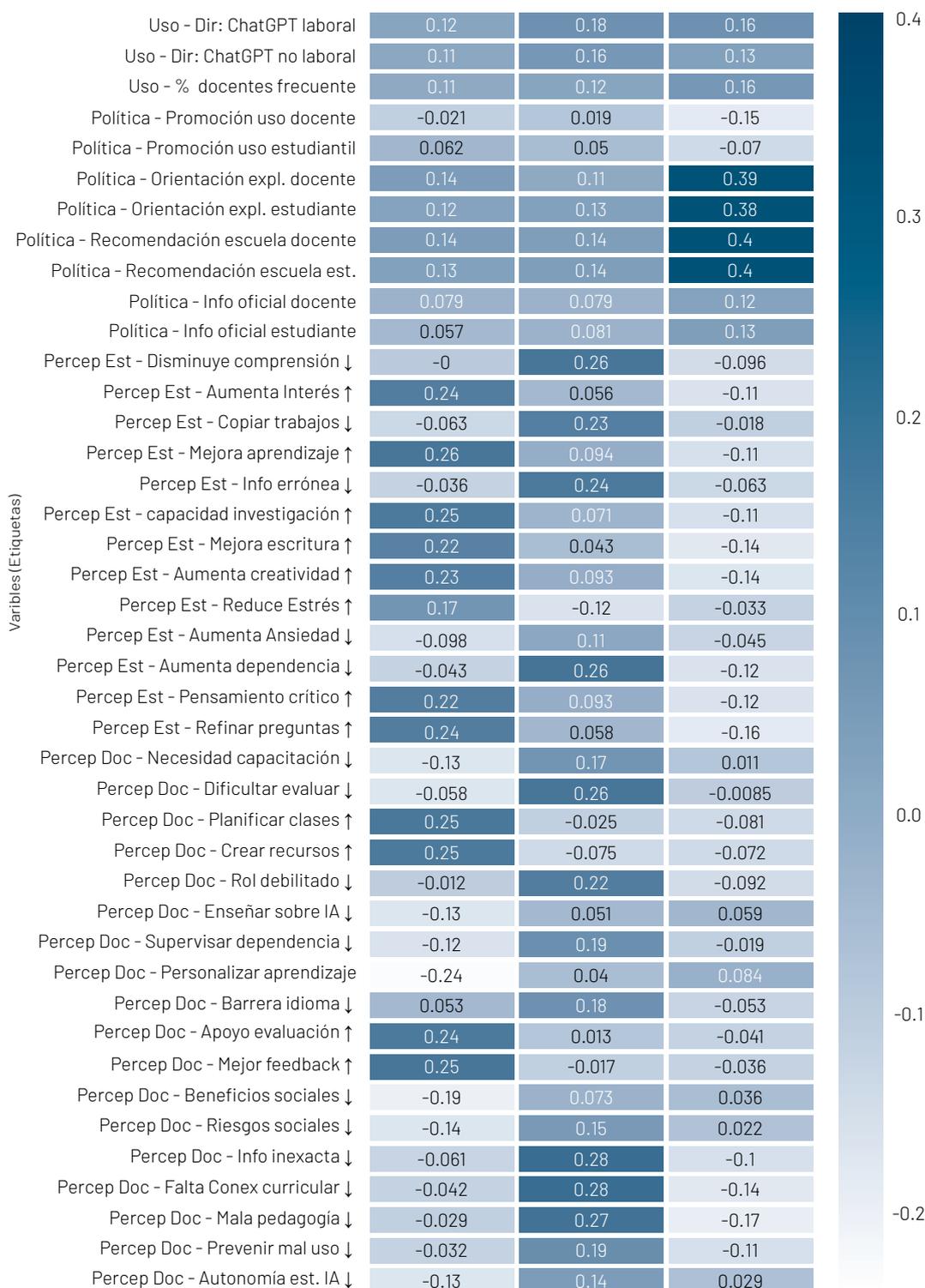
En función de lo anterior, se estimó nuevamente el modelo bajo la restricción de retener tres componentes principales. Esta decisión permite concentrar la mayor proporción de varianza explicada con un número reducido de dimensiones, optimizando el equilibrio entre simplicidad y capacidad descriptiva del modelo.

El gráfico 2 presenta un mapa de calor con las principales cargas factoriales estandarizadas de los 44 ítems analizados, distribuidos según su contribución relativa a cada uno de los tres componentes extraídos. Las tonalidades más intensas indican una mayor carga en el componente correspondiente, lo que facilita la interpretación sustantiva de las dimensiones resultantes. Como se aprecia, los patrones de agrupamiento permiten distinguir con claridad tres dimensiones: expectativas positivas (Comp 1), percepciones de riesgo institucional (Comp 2) y nivel de institucionalización formal (Comp 3) del uso de IAGen en centros educativos.

GRÁFICO 2

MAPA DE CALOR DE CARGAS FACTORIALES ESTANDARIZADAS DE LAS VARIABLES EN LOS TRES PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Mapa de calor-ACP (con etiquetas y sentido de valoración)



A continuación, se describen las principales características de estas dimensiones:

a) *Componente 1 - Expectativas positivas de uso de IAGen.* El primer componente concentra cargas elevadas en variables que reflejan beneficios pedagógicos esperados del uso de la IAGen, tales como la mejora del aprendizaje, el desarrollo de habilidades en estudiantes y el aumento de la productividad docente. Este componente es interpretado como una dimensión que sintetiza expectativas positivas hacia el uso de la IAGen en contextos escolares. Por ejemplo, sobresalen cargas altas en afirmaciones como “mejora del aprendizaje” (0,2587), “capacidad de investigación” (0,2479), “refinamiento de preguntas” (0,2371), “aumento del interés estudiantil” (0,2361) y “mejora del pensamiento crítico” (0,2166). Asimismo, el componente agrupa elementos vinculados a actividades cotidianas de los docentes, como la planificación, retroalimentación y evaluación, lo que sugiere que estas herramientas son percibidas como un recurso que podría facilitar la labor diaria del profesorado. De este modo, esta dimensión refleja el grado en que la institución visualiza esta tecnología como aliada del proceso educativo.

b) *Componente 2 - Riesgos percibidos de la IAGen.* El segundo componente agrupa variables relacionadas con posibles riesgos o efectos no deseados del uso de la IAGen, incluyendo la pérdida de comprensión, el aumento del plagio y la desinformación, por lo que se interpreta como una dimensión de percepción de riesgo. Destacan percepciones como “reduce la comprensión” (0,2600), “induce a copiar trabajos” (0,2280), “entrega información errónea” (0,2442) y “aumenta la dependencia tecnológica” (0,2617). También están presentes desafíos institucionales que afectan el trabajo docente, como la “dificultad para evaluar” (0,2583) o la “falta de conexión curricular” (0,2835). Así, este componente representa una dimensión de riesgo institucional percibido frente al uso de IA.

c) *Componente 3 - Institucionalización de la IAGen.* Este componente agrupa principalmente variables que capturan la existencia de políticas,

normativas, recomendaciones y orientaciones explícitas sobre el uso de la IAGen en los distintos niveles del sistema escolar. Este componente es interpretado como una dimensión de institucionalización de la IAGen en el contexto escolar, destacando cargas altas en variables como “orientaciones para docentes” (0,3894), “recomendaciones escolares” (0,4007) y “reglas para estudiantes” (0,3806). Aunque explica una menor proporción de la varianza, esta dimensión permite identificar el grado de institucionalización formal que están realizando los sistemas educativos frente a la IAGen.

En síntesis, los tres componentes utilizados representan dimensiones conceptualmente distintas de la preparación institucional:

- Expectativas positivas de uso de la IAGen, que refleja, de acuerdo con los directores de centros educativos, una actitud favorable dentro de las escuelas hacia el uso pedagógico de herramientas basadas en IAGen, tanto por parte de docentes como de estudiantes.
- Percepción de riesgos, que agrupa las preocupaciones institucionales respecto a los potenciales efectos negativos del uso de la IAGen en el contexto escolar, incluyendo riesgos pedagógicos, éticos o sociales.
- Institucionalización, que representa el grado de formalización de las prácticas asociadas a la IAGen, evaluado a partir de la presencia de políticas, directrices o lineamientos oficiales promovidos en cuanto al centro o sistema educativos.

2. Diferencia entre países en la preparación institucional para la IAGen

Con el objetivo de explorar la heterogeneidad en la preparación institucional hacia la IAGen, se comparan los puntajes promedio de los tres componentes principales entre países. El cuadro n.º 1 presenta estadísticas descriptivas de los tres componentes principales. En general, los resultados evidencian variaciones significativas en la preparación institucional para la adopción de la IAGen en los sistemas escolares.

CUADRO N.º 1

ESTADÍSTICAS DE LOS COMPONENTES POR PAÍS

	Expectativas positivas			Riesgos percibidos			Institucionalización		
	Media	Mediana	Desv.	Media	Mediana	Desv.	Media	Mediana	Desv.
Eslovenia	-2,03	-2,09	1,88	-1,16	-0,71	2,34	-0,85	-1,30	1,55
Dinamarca	-1,59	-1,21	2,23	-0,24	-0,04	1,56	-0,07	-0,53	1,78
Suecia	-1,49	-1,01	3,51	0,73	0,53	1,93	-0,25	-0,57	1,92
Rep. Eslovaca	-1,27	-1,08	2,12	-0,17	-0,13	2,10	0,05	0,12	1,55
Uruguay	-0,49	-0,03	2,55	-0,26	-0,32	2,67	-0,55	-0,86	2,10
Rumanía	-0,17	-0,46	2,85	-0,74	-0,83	2,30	0,19	0,05	1,46
Noruega	-0,05	0,42	2,37	1,26	1,53	1,52	0,21	-0,29	2,22
Corea del Sur	0,19	0,21	2,27	0,25	0,11	2,10	0,05	-0,07	1,70
Taiwán	0,67	0,76	2,42	0,40	0,41	1,94	0,26	0,14	1,62
Grecia	1,16	1,36	2,57	0,53	0,73	2,34	-0,85	-1,30	1,55
Chipre	2,01	2,60	2,70	-0,94	-0,93	2,32	-0,06	-0,06	1,79

Notas: Cada componente se define según la descomposición de componentes principales (ACP) descrita anteriormente. Estadísticas computadas a nivel de escuela para cada país.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la dimensión de expectativas positivas, Chipre y Grecia exhiben niveles considerablemente más altos que otros, reflejando una actitud institucional favorable hacia el uso pedagógico de estas tecnologías. En contraste, países como Eslovenia y Dinamarca presentan valores negativos, lo que sugiere un posicionamiento más distante o escéptico. En relación con la percepción de riesgos, los niveles más altos se observan en países del norte de Europa, como Noruega y Suecia, lo que podría interpretarse como una mayor conciencia crítica sobre los posibles efectos adversos de estas herramientas. En otros contextos, como en el sur y este de Europa, estas preocupaciones aparecen menos presentes. En cuanto a la institucionalización, la mayoría de los países muestra una distribución más equilibrada, aunque se identifican casos con mayor nivel de formalización normativa, como Uruguay y Rumanía, en contraste con otros donde esta dimensión aparece menos desarrollada.

Estos patrones permiten distinguir perfiles institucionales diferenciados, los cuales pueden tener implicaciones relevantes para el diseño de estrategias de acompañamiento, regulación

y formación frente a la adopción de tecnologías emergentes en los sistemas educativos.

3. Desigualdades socioeconómicas en la preparación institucional para la IAGen

Esta sección examina cómo las brechas socioeconómicas se manifiestan en la preparación institucional de los centros educativos para la adopción de inteligencia artificial generativa (IAGen). Para esto, se analizan diferencias entre estudiantes, respecto del centro educativo, pertenecientes al decil socioeconómico superior y aquellos ubicados en el 40 por 100 más bajo, considerando las tres dimensiones en estudio: expectativas positivas, percepción de riesgos e institucionalización de la IAGen.

El cuadro n.º 2 resume estas brechas por país, que utilizan como medida el *International Socio-Economic Index- ISEI* (Ganzeboom et al., 1992), un índice estandarizado basado en la ocupación parental. Los gráficos 3, 4 y 5 ilustran visualmente cómo varía esta desigualdad según cada componente, revelando patrones sistemáticos de inequidad tanto entre como dentro de los países.

CUADRO N.º 2

ESTADÍSTICAS DE LA BRECHA SOCIOECONÓMICA EN LOS COMPONENTES POR PAÍS

	Expectativas positivas		Riesgos percibidos		Institucionalización	
	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana
Rumanía	-1,03	-0,96	-0,74	1,64	0,62	0,28
Uruguay	-0,89	0,06	0,74	0,34	0,42	0,37
Chipre	-0,46	-0,72	0,36	0,58	0,12	0,25
Suecia	-0,33	0,00	0,64	0,54	0,03	-0,05
Taiwán	-0,27	-0,17	0,47	0,47	0,17	0,10
Corea del Sur	-0,11	0,00	-0,16	-0,12	0,13	0,14
Eslovenia	0,05	0,18	-0,11	0,00	0,11	0,20
Dinamarca	0,08	0,04	-0,07	-0,13	0,30	0,72
Grecia	0,37	0,43	0,53	0,73	-0,02	0,07
Noruega	0,40	0,00	0,02	0,00	0,37	0,55
Rep. Eslovaca	0,70	0,86	0,40	0,19	0,02	0,02

Notas: La brecha se define como la diferencia entre la media (o mediana) del componente para el decil 10 y la del grupo compuesto por los deciles 1, 2, 3 y 4. El orden de los países en cada panel se determina según la media de la brecha del componente.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen las principales características de estas dimensiones en términos de las desigualdades socioeconómicas:

- *Expectativas positivas de uso de IAGen.* En el gráfico 3 se observa una variación significativa entre países. Por ejemplo, Grecia, Eslovaquia y Noruega muestran una percepción mucho más favorable entre los estudiantes de nivel socioeconómico alto, lo que puede sugerir barreras culturales o de acceso informativo entre los grupos de menor nivel socioeconómico (NSE). Por el contrario, en países como Rumanía, Uruguay y Chipre, los estudiantes de bajos recursos presentan una percepción más positiva que sus contrapartes de alto NSE, lo que podría interpretarse como una expectativa compensatoria o menor exposición crítica a los riesgos.
- *Riesgos percibidos de la IAGen.* En este componente, observamos que los estudiantes de mayor NSE tienden a ver más riesgos en el uso de IAGen, especialmente en países como Suecia, Grecia y Uruguay (gráfico 4). Esto sugiere que los estudiantes con más capital cultural y digital podrían tener una visión más crítica o reflexiva sobre los efectos

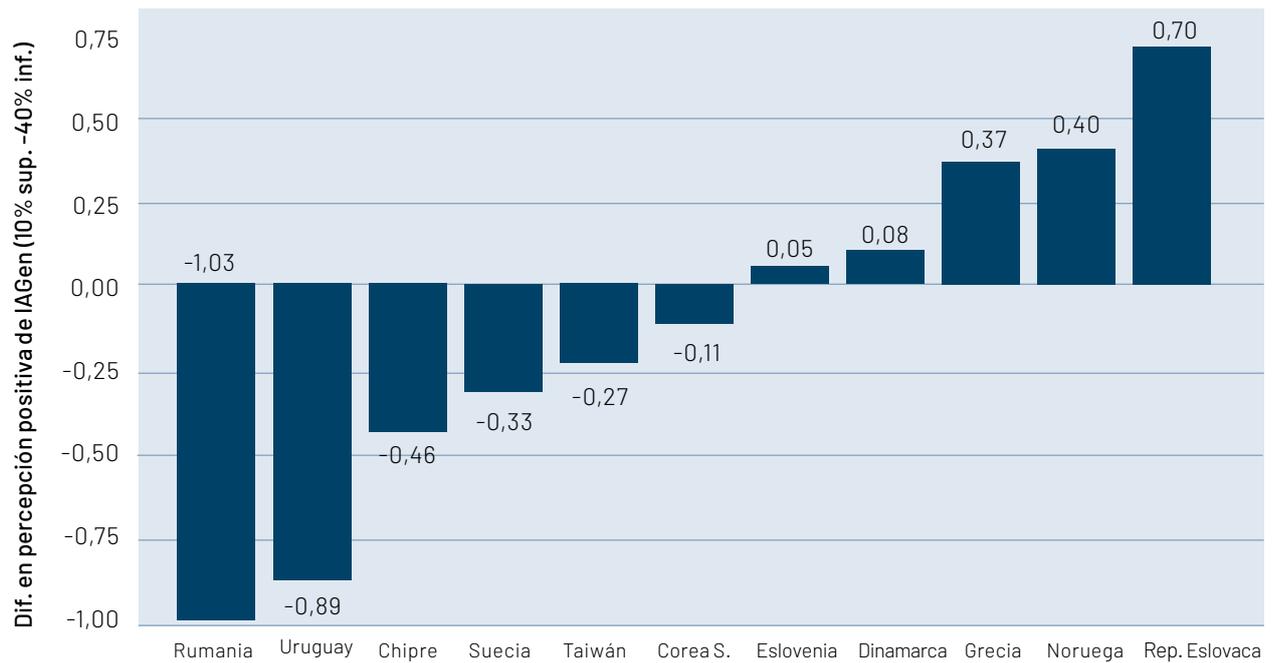
de estas herramientas. Esto concuerda con uno de hallazgos del estudio, que indica que una percepción de riesgo moderada se asocia positivamente con alfabetización digital (ver en sección 4).

- *Institucionalización de la IAGen.* En el gráfico 5 se observan diferencias entre países en relación con la formalización explícita de políticas, recomendaciones u orientaciones institucionales del sistema para la IAGen. En la mayoría de los países analizados estas brechas favorecen sistemáticamente a los grupos de mayor NSE, lo que sugiere que la innovación educativa está siendo capturada principalmente por sectores privilegiados. Destacan Rumanía, Uruguay y Noruega como países donde los estudiantes de mayor NSE tienen mucho más acceso a contextos escolares que adoptan herramientas de IAGen, mientras que países como Grecia, Eslovaquia y Suecia muestran un grado de adaptación más equitativo.

Esto es importante dado que se puede ralentizar la convergencia internacional en el desarrollo de competencias digitales: los países que institucionalizan más rápida y profundamente el uso de IAGen,

GRÁFICO 3

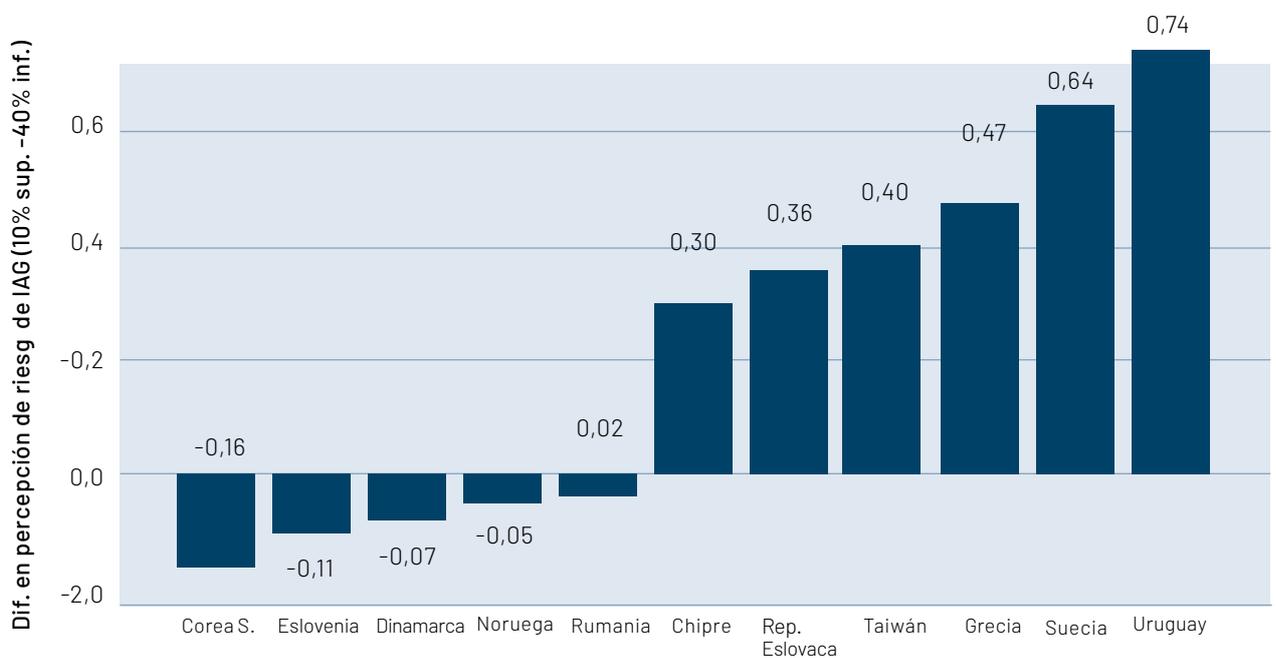
BRECHAS SOCIOECONÓMICAS EN PERCEPCIONES POSITIVAS SOBRE LA IAGen POR PAÍS



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4

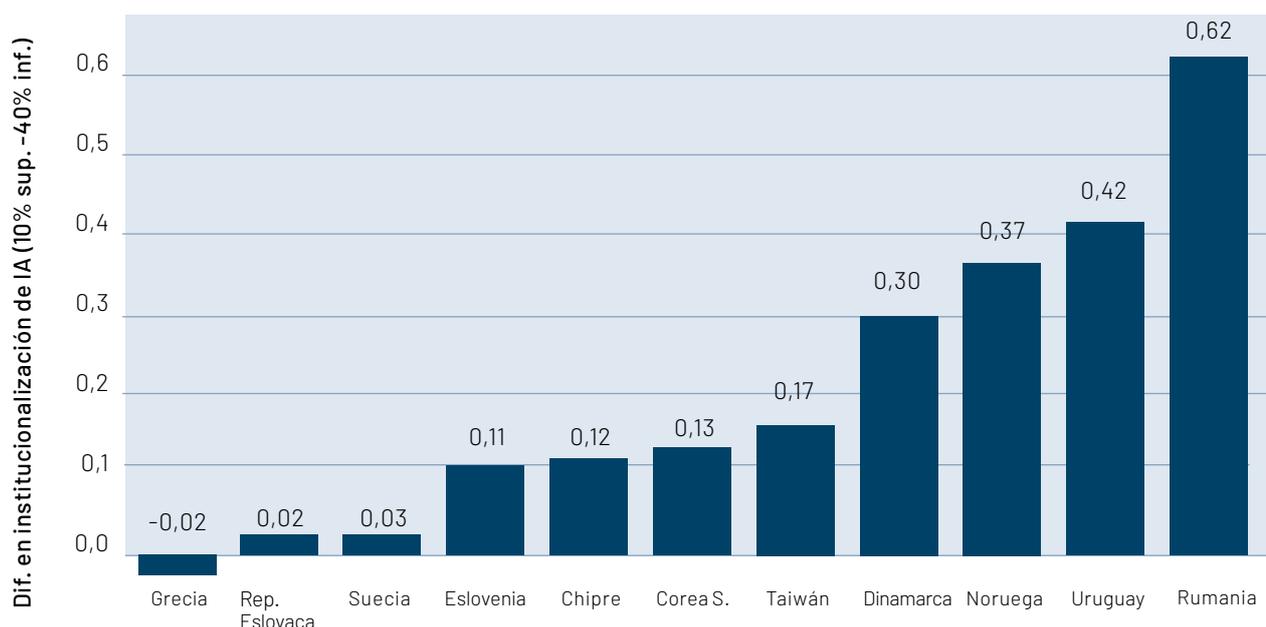
BRECHAS SOCIOECONÓMICAS EN PERCEPCIONES DE RIESGO SOBRE LA IAGen POR PAÍS



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 5

BRECHAS SOCIOECONÓMICAS EN INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA IAGen POR PAÍS



Fuente: Elaboración propia.

pero solo entre ciertos grupos, corren el riesgo de profundizar las desigualdades internas. Al mismo tiempo, las brechas entre países también podrían ampliarse, ya que las naciones con menor institucionalización, o con una institucionalización segmentada, quedarán rezagadas en el desarrollo de habilidades clave para la economía digital. En suma, la falta de equidad en la adopción y preparación institucional de IAGen no solo reproduce desigualdades locales, sino que también limita el potencial de estas tecnologías para impulsar una transformación educativa más equitativa a nivel global.

IV. DIMENSIONES INSTITUCIONALES DE LA IAGen Y SU ASOCIACIÓN CON LAS COMPETENCIAS DIGITALES ESTUDIANTILES

1. Modelo de regresión

Para explorar la asociación entre las habilidades digitales de los estudiantes y la preparación institu-

cional frente a la IAGen en los centros educativos, utilizamos los scores extraídos mediante el ACP como variables dependientes en un modelo de regresión, en donde la variable independiente será el puntaje obtenido por los estudiantes en Pensamiento computacional (CT) y alfabetización digital (CIL).

Para ello, se estima la siguiente regresión principal:

$$Puntuaje_{isc} = \alpha + \beta_1 Positivo_s + \beta_2 Riesgo_s + \beta_3 Institucional_s + \gamma X_2 Riesgo_s + \delta_c + \epsilon_{isc} \quad [1]$$

donde:

- *Puntuaje estandarizado* representa el puntaje del estudiante *i*, en el centro educativo *s*, del país *c*, en pensamiento computacional (CT) o alfabetización digital (CIL).
- *Positivos*, *Riesgos*, *Institucionals* son puntajes estandarizados a nivel de centro educativo *s* en los componentes extraídos vía ACP.

- X_{is} son controles a nivel de estudiante y centro educativo.
- δ_c indica los efectos fijos por país.
- ϵ_{isc} es el término de error.

Los coeficientes β_1 , β_2 , β_3 capturan el cambio esperado en el puntaje del estudiante en CT y CIL asociado a un aumento de una desviación estándar en cada uno de los componentes de preparación institucional. En particular:

- β_1 mide la asociación entre una percepción institucional favorable hacia el uso de la IAGen y los puntajes en CT y CIL.
- β_2 captura la relación de mayores niveles de preocupación institucional respecto a los riesgos de la IAGen y el rendimiento en las pruebas de CT y CIL.
- β_3 refleja la asociación entre la presencia de políticas institucionales explícitas sobre IA y el rendimiento de los estudiantes.

Adicionalmente, se estiman versiones adicionales del modelo que incluyen los términos cuadráticos de cada componente $Positivo_s^2$, $Riesgo_s^2$, $Institucional_s^2$ para capturar posibles relaciones no lineales y examinar la presencia de umbrales, saturaciones o rendimientos decrecientes en la preparación institucional frente a la IA.

2. Variables de control

Nuestro estudio incorpora un conjunto amplio de variables de control a nivel de estudiante y establecimiento. Estas variables permiten ajustar por diferencias relevantes en el entorno educativo y las características individuales de los estudiantes. En total, se construyeron variables *dummies* agrupadas en ocho dimensiones principales:

1. *Factores demográficos y socioeconómicos*: incluye el sexo del estudiante, condición migratoria, nivel educativo esperado (ISCED), cantidad de libros en el hogar y nivel educativo de los padres. Estas variables controlan por capital cultural y aspiraciones educativas familiares.

2. *Acceso y exposición a tecnologías*: mide la cantidad de años de experiencia en el uso de computadores, como indicador del grado de familiarización temprana con herramientas digitales.
3. *Uso general de tecnología*: captura la frecuencia de uso diario de tecnologías digitales fuera del contexto escolar, lo que permite distinguir entre exposición escolar y no escolar a las TIC.
4. *Experiencia en programación*: distingue entre experiencia previa en programación (visual o textual) y aquella adquirida específicamente en el contexto educativo formal.
5. *Autoeficacia en programación*: incluye una variable que refleja el nivel de confianza reportado por los estudiantes respecto a su capacidad para programar, ya sea en lenguaje visual, textual o entorno web.
6. *Actitudes hacia la programación*: considera el interés del estudiante, su percepción sobre la utilidad futura de estas habilidades, y su valoración general sobre la programación como herramienta educativa.
7. *Uso de TIC en clases*: recoge la frecuencia con que los estudiantes reportan el uso de tecnologías digitales en asignaturas principales, como lenguaje, matemáticas o ciencias.
8. *Tipo de herramientas digitales utilizadas en clase*: refleja la diversidad y frecuencia de uso de dispositivos y aplicaciones específicas durante actividades escolares, tales como *software* educativo, pizarras digitales o simuladores interactivos.
9. *Variables a nivel de centro educativo*: años de gestión TIC en centro educativo, nivel de vulnerabilidad, y contexto urbano.

Estas variables permiten capturar los factores individuales, familiares y escolares que inciden en el desarrollo de competencias digitales, asegurando una estimación más precisa del efecto de las dimensiones institucionales derivadas del ACP.

V. PATRONES DE PERCEPCIÓN Y USO DE IA EN CONTEXTOS ESCOLARES

1. Resultados descriptivos a nivel país

Esta sección examina la asociación entre los componentes de preparación institucional frente a la IAGen y el desempeño promedio por país en pensamiento computacional (CT) y alfabetización digital (CIL). Para ello, se calculan los promedios nacionales de cada uno de los tres componentes principales extraídos, y se correlacionan con los puntajes promedio nacionales en CT y CIL. Los gráficos 6 y 7 presentan gráficos de dispersión que permiten visualizar patrones generales de asociación entre estos componentes, utilizando el primer valor plausible.

El gráfico 6 muestra la relación entre los puntajes en CT y las tres dimensiones de preparación institucional. Se observa una asociación positiva entre el componente de uso positivo de la IAGen y el rendimiento en CT: países como Corea del Sur y Taiwán, que reportan actitudes institucionales favorables hacia el uso pedagógico de estas herramientas, registran también los puntajes más altos. En contraste, Eslovenia y Uruguay combinan bajas expectativas institucionales con menores niveles de CT. Sin embargo, en algunos países europeos, como Dinamarca o Noruega, esta relación es menos clara, lo que sugiere la influencia de factores contextuales adicionales.

En cuanto a la percepción de riesgos, la relación con CT es débil. Aunque países como Corea del Sur combinan una relativa baja preocupación institucional con buenos resultados, en general no se observa un patrón consistente que vincule mayor o menor percepción de riesgo con el rendimiento en esta área. Por el contrario, el componente de institucionalización de la IAGen muestra una relación moderadamente positiva con los resultados en CT. Países con mayor grado de formalización normativa tienden a mostrar mejores desempeños, lo que sugiere que orientaciones concretas y explícitas pueden facilitar condiciones propicias para el desarrollo del pensamiento computacional.

El gráfico 7 muestra las asociaciones entre los componentes de preparación institucional y los

puntajes promedio en CIL. A diferencia de CT, el uso positivo de la IAGen no guarda una relación clara con los resultados en CIL, mostrando incluso una tendencia levemente negativa. Esto podría indicar que el entusiasmo institucional por la IAGen no necesariamente se traduce en una mejor alfabetización digital, especialmente si no va acompañado de una mediación crítica.

En cambio, la percepción de riesgos exhibe una asociación positiva con CIL. Esto sugiere que contextos institucionales donde se reconocen los desafíos de la IAGen pueden generar una cultura escolar más reflexiva y responsable en torno al uso de tecnologías, contribuyendo así al desarrollo de competencias digitales más profundas. Finalmente, el componente de institucionalización mantiene una asociación positiva también con CIL. Los países que reportan mayor lineamientos o recomendaciones sobre el uso de la IAGen tienden a presentar mejores resultados, lo que refuerza la idea de que el entorno institucional cumple un rol importante en la consolidación de habilidades digitales complejas.

En síntesis, el análisis comparativo indica lo que sigue:

a) *Expectativas positivas.* Se asocia positivamente con el rendimiento en CT, pero muestra una relación nula o levemente negativa con CIL. Esto indica que la promoción activa del uso de IA puede beneficiar el pensamiento computacional, pero no garantiza por sí sola una mejor alfabetización digital.

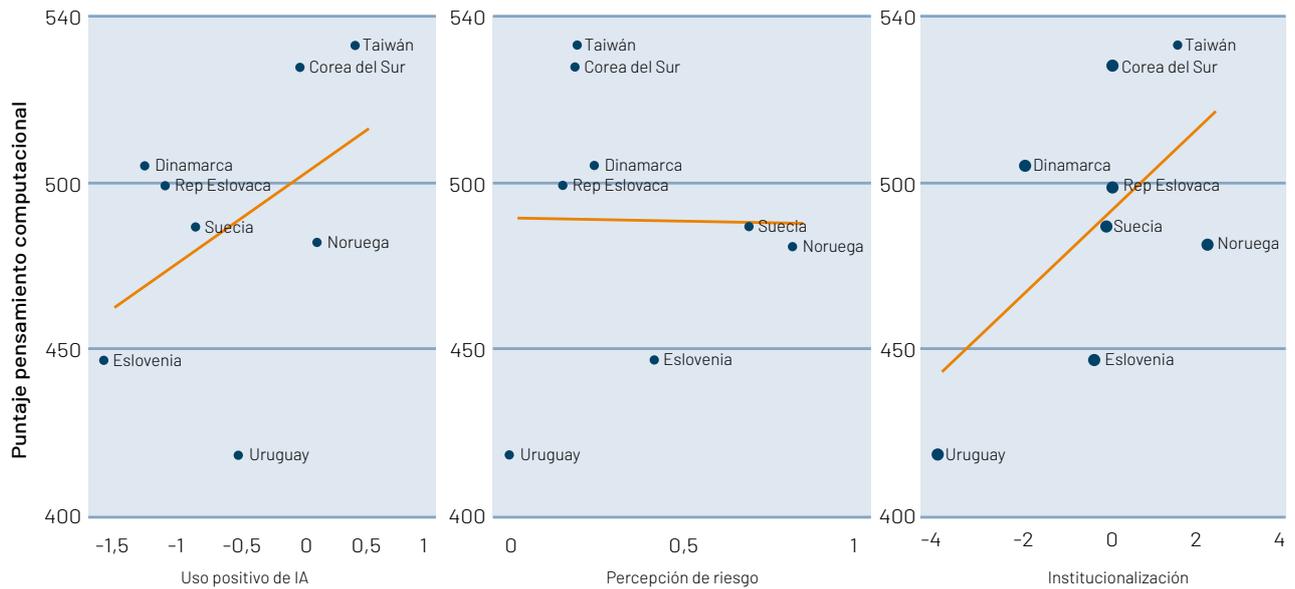
b) *Percepción de riesgo.* No se relaciona claramente con CT, pero sí se asocia positivamente con CIL. Una actitud institucional cauta respecto al uso de IA parece favorecer el desarrollo de un enfoque más crítico y ético sobre las tecnologías digitales.

c) *Institucionalización.* Muestra correlaciones positivas con ambas áreas, lo que sugiere que marcos normativos explícitos sobre IAGen pueden contribuir a mejorar tanto el pensamiento computacional como la alfabetización digital.

No obstante, estas correlaciones son descriptivas y no controlan por otras variables relevantes ni permiten identificar patrones dentro de cada

GRÁFICO 6

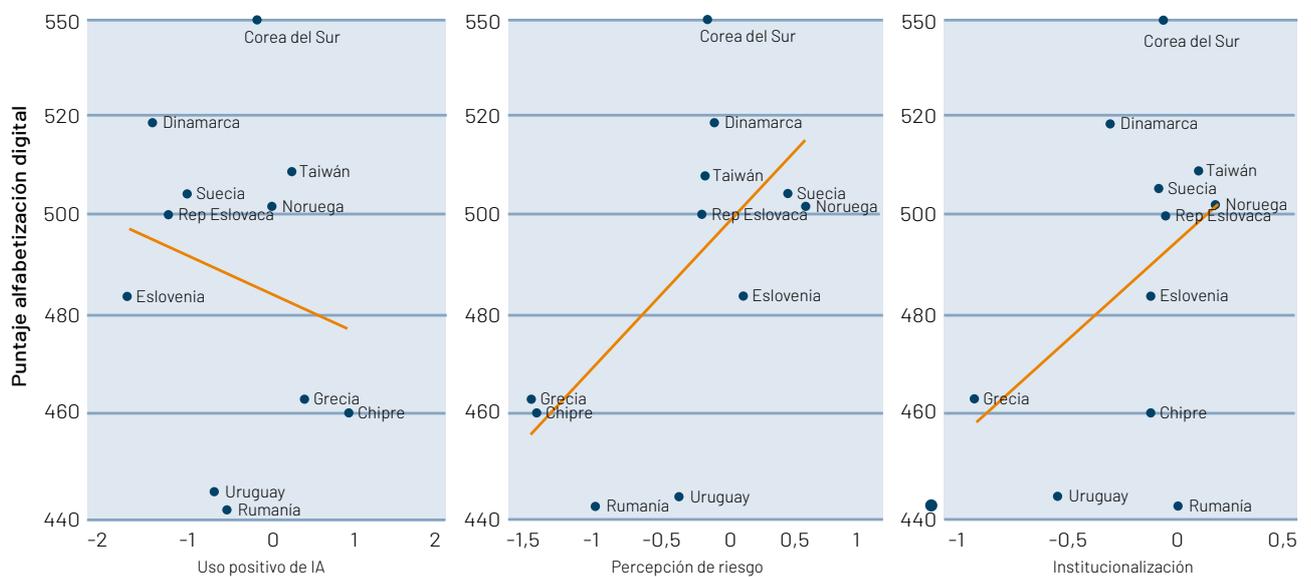
ASOCIACIÓN ENTRE PREPARACIÓN INSTITUCIONAL EN IAGEN Y DESEMPEÑO EN CT POR PAÍS



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 7

ASOCIACIÓN ENTRE PREPARACIÓN INSTITUCIONAL EN IAG Y DESEMPEÑO EN ALFABETIZACIÓN DIGITAL (CIL) POR PAÍS



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 3
RELACIÓN DE LA PREPARACIÓN INSTITUCIONAL PARA IAG EN COMPETENCIAS DIGITALES (MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE)

	CT	CIL
Expectativas positivas	0,026* (0,013)	0,006 (0,032)
Percepción de riesgo	-0,009 (0,014)	0,101** (0,031)
Institucionalización	-0,005 (0,011)	0,006 (0,025)
Constante	-0,437*** (0,012)	0,054* (0,023)

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Estimaciones realizadas con pesos muestrales y 75 réplicas *jackknife*.

* p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

Fuente: Elaboración propia.

país. Por ello, en la siguiente sección se presentan modelos de regresión que incorporan controles individuales y a nivel de centro educativo.

2. Estimaciones

Esta sección presenta los resultados de modelos de regresión lineal que estiman la relación de la preparación institucional para la IAGen con los puntajes en CT y CIL. Las estimaciones se realizan con el comando REPEST de STATA (Avvisati y Keslair, 2024), incorporando pesos muestrales finales y 75 pesos replicados con cinco valores plausibles, siguiendo las especificaciones técnicas del estudio ICILS 2023. Para facilitar la interpretación de los coeficientes, tanto los puntajes de las evaluaciones como los tres componentes principales que definen la preparación institucional hacia la IAG, fueron estandarizados (media = 0, desviación estándar = 1). En consecuencia, los coeficientes reportados representan el cambio esperado en desviaciones estándar del puntaje en CT o CIL ante un incremento de una desviación estándar en cada componente.

2.1. Modelo base sin controles

El cuadro n.º 3 presenta los resultados del modelo base que relaciona los puntajes en CT y

CUADRO N.º 4
REGRESIONES NO LINEALES DE CT Y CIL SOBRE DIMENSIONES DE PREPARACIÓN INSTITUCIONAL PARA LA IAGen

	CT	CIL
Expectativas positivas	0,028* (0,014)	-0,000 (0,031)
Expectativas positivas - cuadrado	0,003 (0,007)	-0,048* (0,019)
Percepción de riesgo	-0,002 (0,014)	0,113*** (0,031)
Percepción de riesgo - cuadrado	-0,013 (0,011)	-0,043 (0,022)
Institucionalización	0,003 (0,013)	0,019 (0,026)
Institucionalización - cuadrado	-0,010 (0,009)	-0,026 (0,015)
Constante	-0,420*** (0,019)	0,167*** (0,038)

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Estimaciones realizadas con pesos muestrales y 75 réplicas *jackknife*.

* p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

Fuente: Elaboración propia.

CIL, con los tres componentes o dimensiones de preparación institucional hacia la IAGen, sin incluir variables de control adicionales.

Los resultados indican que el componente “Expectativas positivas” tiene una relación significativa con CT, aunque la magnitud del coeficiente es baja. En cambio, ni el componente “Percepción de riesgo” ni la “Institucionalización” muestran asociaciones significativas con los resultados en CT. Por el contrario, los puntajes de CIL muestran que el componente “Expectativas positivas” no tiene una relación significativa, mientras que el componente “Percepción de riesgo” muestra una relación positiva y significativa. En ninguna de las evaluaciones el componente de institucionalización tiene coeficientes significativos.

2.2. Evidencia de no linealidades

La relación entre la preparación institucional y los resultados en CT o CIL podría ser no nece-

sariamente lineal. Es posible que niveles bajos de preparación institucional en cualquiera de sus dimensiones tengan una correlación limitada; no obstante, relaciones positivas pueden emerger solo una vez superado cierto umbral. También es posible que un exceso de optimismo, regulación o preocupación institucional esté asociado a una relación contraria a la esperada. Para capturar estas posibles relaciones no lineales se incorporaron términos cuadráticos para cada dimensión de preparación institucional, lo que nos permite detectar relaciones en forma de U, de U invertida (\cap), umbrales de saturación, o de plano, confirmar si las asociaciones son principalmente lineales. Lo anterior, refleja de mejor manera la complejidad del entorno escolar en torno a la adopción de la IAGen. El cuadro n.º 4 muestra los resultados de estas estimaciones.

El modelo estimado muestra que la relación institucional de la IAGen varía según el tipo de habilidad evaluada. En primer lugar, se observa una relación positiva y estadísticamente significativa del componente "Expectativas positivas"; sin embargo, el término cuadrático asociado a esta variable no es significativo, lo que indica que la relación es predominantemente lineal. Por otro lado, ninguna de las otras dos dimensiones presenta asociaciones significativas con el desempeño en CT, ya sea en su forma lineal o cuadrática.

En relación con CIL, los resultados muestran una dinámica diferente. El componente "Percepción de riesgo" presenta una relación positiva fuerte y altamente significativa. Esto sugiere que una mayor conciencia institucional respecto de los riesgos asociados a la IAGen puede estar relacionada con una visión que promueve un uso más crítico, responsable y reflexivo de las tecnologías digitales en los centros educativos. Esta relación es consistente con una posible curvatura (coeficiente cuadrático = $-0,043$; $p = 0,055$), lo que sugiere que los beneficios podrían disminuir en niveles muy altos de preocupación. Por su parte, el componente "Expectativas Positivas" no presenta una relación lineal significativa, pero sí un coeficiente cuadrático negativo y significativo (coeficiente = $-0,048$; $p < 0,05$), lo que sugiere una relación en forma de \cap . Esto indicaría que la percepción positiva para el uso de la IAGen tiene una relación positiva sobre

CIL solamente en niveles moderados, y podría ser menos eficaz o incluso contraproducente en niveles extremos. Finalmente, el componente de institucionalización no presenta relaciones significativas, aunque su término cuadrático (coeficiente = $-0,026$; $p = 0,083$) sugiere posibles rendimientos decrecientes.

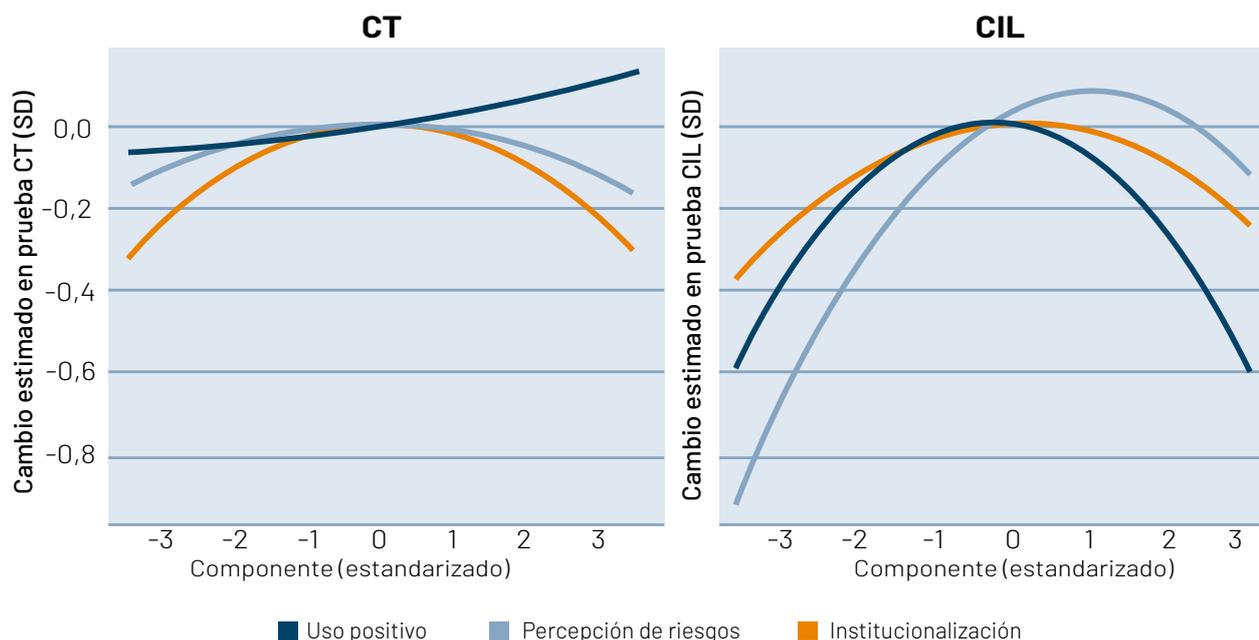
El gráfico 8 presenta las curvas estimadas a partir de modelos de regresión polinómicos de segundo grado (cuadráticos). Cada línea fue generada directamente a partir de los coeficientes del modelo, y representa la relación esperada de cada uno de los tres componentes institucionales con los puntajes en CT o CIL, manteniendo constantes los valores de los otros dos componentes.

Para el caso de CT (primer panel), la dimensión Expectativas positivas muestra una relación creciente, principalmente lineal, aunque a partir de un umbral cercano a la media estandarizada, la relación tiende a aumentar levemente. En relación con la dimensión "Percepción de riesgo", la curva tiene forma de U invertida, esto es, los puntajes de CT son más bajos en contextos con niveles muy bajos o altos de preocupación institucional sobre la IAGen, mientras que un nivel intermedio de conciencia crítica parece asociarse con mejores resultados. Respecto a la dimensión "Institucionalización", también presenta una curva en forma de U invertida, aunque más leve. Sugiere que cierta formalización del uso de IA en la escuela puede ser beneficiosa, pero que niveles muy altos podrían estar asociados con rigidez o sobrerregulación, que limitarían el potencial pedagógico de estas herramientas.

Para el caso de CIL (segundo panel), la dimensión "Expectativas positivas" tiene forma de U invertida más marcada: los mejores puntajes en CIL se observan en niveles intermedios del componente. La relación entre CIL y la dimensión "Percepción de riesgo" es crecientemente positiva, pero con indicios de saturación. Esto sugiere que un mayor nivel ponderación sobre los beneficios vs riesgos de la IAGen se asocia con mejores resultados en CIL, lo que puede reflejar un entorno más crítico, reflexivo y orientado a un uso seguro y ético de las tecnologías. Finalmente, la curva de institucionalización también

GRÁFICO 8

RELACIÓN MARGINAL ESTIMADA DE CADA COMPONENTE INSTITUCIONAL SOBRE CT Y CIL



Notas: Las curvas muestran estimaciones obtenidas a partir de modelos cuadráticos sobre la submuestra de estudiantes con puntaje válido en CT o CIL. El eje X representa el valor estandarizado de cada componente institucional derivado del análisis de componentes principales. El eje Y indica el cambio esperado en el puntaje estandarizado en CT y CIL, respectivamente. Las curvas reflejan relaciones no lineales entre los componentes y el desempeño estudiantil, capturando dinámicas de crecimiento, saturación o rendimientos decrecientes según la dimensión institucional considerada.
Fuente: Elaboración propia.

muestra una relación no lineal, con beneficios que se concentran en niveles moderados del componente, aunque la curva es más leve, al igual que en CT.

Los modelos cuadráticos confirman que las dimensiones institucionales de preparación frente a la IAGen muestran relaciones no lineales sobre las competencias digitales de los estudiantes. En el caso de CT, el uso positivo de IA parece ser el principal motor, mientras que, en CIL, un equilibrio entre entusiasmo y conciencia crítica resulta clave. En ambos casos, los extremos (ya sea de entusiasmo o de desconfianza) tienden a ser menos efectivos. Estas evidencias sugieren que la adopción pedagógica efectiva de la IAGen requiere una postura institucional balanceada, reflexiva y con apropiación progresiva de sus potencialidades y riesgos.

2.3. Regresiones con controles y efectos fijos por país

En el cuadro n.º 5 se presentan los resultados de los modelos que incluyen controles a nivel individual y escolar, así como efectos fijos por país. Los modelos [1] y [2], que controlan por características observables de estudiantes y escuelas, confirman patrones respecto a la influencia de las dimensiones de preparación institucional para la IAGen sobre las competencias digitales de los estudiantes, los que, en general, no presentan significancia estadística.

Los resultados de la dimensión “Expectativas positivas” no muestran asociaciones estadísticamente significativas con el puntaje en CT en ninguna especificación. Sin embargo, en el caso de CIL, se observa una relación cuadrática negativa y

CUADRO N.º 5

REGRESIONES DE CT Y CIL SOBRE DIMENSIONES DE PREPARACIÓN INSTITUCIONAL PARA LA IAGEN

	CT (1)	CI (2)	CT (3)	CIL (4)
Expectativas positivas	-0,004 (0,013)	-0,030 (0,022)	-0,015 (0,013)	-0,017 (0,020)
Expectativas positivas - cuadrado	-0,002 (0,009)	-0,035** (0,012)	-0,004 (0,009)	-0,017 (0,011)
Percepción de riesgos	-0,000 (0,014)	0,052** (0,019)	0,002 (0,013)	0,002 (0,016)
Percepción de riesgos - cuadrado	-0,015 (0,010)	-0,038** (0,013)	-0,012 (0,011)	-0,011 (0,012)
Institucionalización	-0,014 (0,012)	-0,022 (0,022)	-0,019 (0,012)	-0,018 (0,019)
Institucionalización - cuadrado	-0,004 (0,007)	-0,014 (0,011)	-0,000 (0,007)	-0,011 (0,009)
Mujer = 1 Hombre = 0	0,020 (0,014)	-0,162*** (0,025)	0,016 (0,014)	-0,163*** (0,023)
Familia inmigrante	-0,202*** (0,051)	-0,172** (0,053)	-0,143** (0,053)	-0,147** (0,052)
Expectativa educativa: ISCED 6-8	0,267*** (0,035)	0,494*** (0,060)	0,261*** (0,034)	0,491*** (0,057)
Expectativa educativa: ISCED 4-5	0,118** (0,037)	0,348*** (0,065)	0,137*** (0,036)	0,288*** (0,064)
Expectativa educativa: ISCED 3	-0,004 (0,034)	0,088 (0,063)	0,024 (0,034)	0,044 (0,060)
Libros en casa: 11 a 25	0,036 (0,025)	0,070 (0,046)	0,040 (0,025)	0,098* (0,043)
Libros en casa: 26 a 100	0,102*** (0,025)	0,241*** (0,047)	0,108*** (0,025)	0,219*** (0,043)
Libros en casa: 101 a 200	0,130*** (0,029)	0,312*** (0,054)	0,146*** (0,029)	0,268*** (0,051)
Libros en casa: más de 200	0,193*** (0,027)	0,384*** (0,054)	0,206*** (0,027)	0,322*** (0,052)
Educación padres: ISCED 3	0,014 (0,021)	0,076** (0,029)	0,013 (0,021)	0,046 (0,028)
Educación padres: ISCED 4-5	0,038* (0,018)	0,056* (0,025)	0,032 (0,018)	0,048* (0,024)
Educación padres: ISCED 6-8	0,013 (0,021)	0,095** (0,031)	0,015 (0,020)	0,057* (0,029)

CUADRO N.º 5 (continuación)

REGRESIONES DE CT Y CIL SOBRE DIMENSIONES DE PREPARACIÓN INSTITUCIONAL PARA LA IAGEN

	CT (1)	CI (2)	CT (3)	CIL (4)
Experiencia de uso de computador: 1-3 años	0,079** (0,026)	0,213*** (0,050)	0,088*** (0,026)	0,201*** (0,049)
Experiencia de uso de computador: 3-5 años	0,096*** (0,025)	0,269*** (0,048)	0,117*** (0,025)	0,285*** (0,048)
Experiencia de uso de computador: 5-7 años	0,150*** (0,027)	0,343*** (0,048)	0,176*** (0,027)	0,366*** (0,049)
Experiencia de uso de computador: más de 7 años	0,179*** (0,025)	0,383*** (0,045)	0,208*** (0,025)	0,424*** (0,046)
Uso diario TICS fuera de la escuela	-0,068*** (0,017)	-0,056** (0,022)	-0,057*** (0,017)	-0,039 (0,022)
Experiencia previa en programación (visual o textual)	0,074* (0,032)	0,057 (0,039)	0,092** (0,033)	0,083* (0,037)
Confía en su capacidad para programar (texto, visual o web)	0,019 (0,018)	-0,012 (0,028)	0,005 (0,018)	0,004 (0,027)
Actitud positiva hacia la programación (interés, futuro e importancia)	0,053* (0,021)	-0,001 (0,030)	0,051* (0,022)	0,032 (0,030)
TIC en clases (asignaturas principales)	0,114*** (0,019)	0,180*** (0,028)	0,113*** (0,019)	0,172*** (0,025)
Herramientas TIC durante las clases	0,059** (0,018)	0,084*** (0,022)	0,076*** (0,019)	0,108*** (0,022)
Experiencia en programación dentro de la escuela (visual o textual)	-0,020 (0,027)	-0,022 (0,033)	-0,042 (0,027)	-0,036 (0,032)
Uso TIC centro educativo: menos 5 años	-0,050 (0,044)	0,001 (0,076)	-0,043 (0,046)	-0,002 (0,072)
Uso TIC centro educativo: 5 - 10 años	-0,047 (0,047)	-0,133 (0,081)	-0,034 (0,050)	-0,035 (0,075)
Uso TIC centro educativo: 10 años o más	-0,044 (0,043)	-0,169* (0,072)	-0,039 (0,048)	-0,038 (0,074)
11-25 % estudiantes de hogares desfavorecidos	-0,046* (0,023)	0,005 (0,036)	-0,050* (0,024)	-0,060 (0,035)
26-50 % estudiantes de hogares desfavorecidos	-0,052 (0,028)	-0,094 (0,057)	-0,063* (0,028)	-0,105* (0,047)
Más de 50 % estudiantes de hogares desfavorecidos	-0,104* (0,046)	-0,299*** (0,075)	-0,094 (0,051)	-0,243*** (0,066)

CUADRO N.º 5 (continuación)

REGRESIONES DE CT Y CIL SOBRE DIMENSIONES DE PREPARACIÓN INSTITUCIONAL PARA LA IAGen

	CT (1)	CI (2)	CT (3)	CIL (4)
Escuela en pueblo 3.000-15.000	-0,061 (0,043)	0,010 (0,075)	-0,024 (0,037)	0,012 (0,064)
Escuela en ciudad 15.000-100.000	0,038 (0,041)	0,212** (0,076)	0,024 (0,042)	0,140* (0,070)
Escuela en ciudad 100.000-1.000.000	0,050 (0,040)	0,318*** (0,078)	0,023 (0,040)	0,184** (0,067)
Escuela en ciudad > 1.000.000	0,056 (0,042)	0,394*** (0,083)	0,033 (0,046)	0,204** (0,078)
158_Taiwán			0,000 (,)	0,000 (,)
208_Dinamarca			-0,142** (0,046)	0,216** (0,074)
410_Corea del Sur			-0,076* (0,030)	0,200*** (0,040)
703_República Eslovaca			-0,135*** (0,032)	0,013 (0,049)
705_Eslovenia			-0,224*** (0,032)	0,088 (0,051)
752_Suecia			-0,192*** (0,037)	0,084 (0,051)
858_Uruguay			-0,339*** (0,041)	-0,163* (0,069)
196_Chipre				-0,306*** (0,053)
300_Grecia				-0,297*** (0,058)
9642_Rumanía				-0,601*** (0,055)
Constante	-0,941*** (0,078)	-0,870*** (0,139)	-0,886*** (0,080)	-0,891*** (0,130)

Notas: Errores estándar en paréntesis. Estimaciones realizadas con pesos muestrales y 75 réplicas *jackknife*.

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Fuente: Elaboración propia.

significativa, lo que indica rendimientos marginales decrecientes, esto es, a medida que aumenta el entusiasmo institucional hacia la IAGen, los beneficios se reducen o incluso se revierten. Este hallazgo es consistente con la literatura sobre tecnologías educativas que documenta efectos no monotónicos de la adopción tecnológica (Bulman y Fairlie, 2016).

La dimensión “Percepción de riesgo” presenta un patrón en U invertida con respecto a CIL en el modelo [2]: el coeficiente lineal es positivo y significativo, mientras que el cuadrático es negativo y también significativo. Esto sugiere que percepciones moderadas de riesgo pueden estar asociadas con mejores resultados en alfabetización digital. Aunque esta relación no se replica para CT ni se mantiene con controles adicionales, se alinea con enfoques que destacan el rol del pensamiento crítico en contexto digital, donde un cierto escepticismo saludable podría favorecer un uso más consciente y efectivo de la tecnología (Sönmez, 2021).

En contraste, la dimensión de institucionalización del uso de IAGen no exhibe asociaciones significativas con los puntajes estudiantiles en ninguna especificación, lo que sugiere que la existencia de documentos, políticas o lineamientos formales no se traduce automáticamente en mejores resultados. Este hallazgo puede reflejar: (i) heterogeneidad en la calidad de la implementación institucional; (ii) efectos propios de fases tempranas de adopción, donde los beneficios aún no se materializan; o (iii) una posible desconexión entre las decisiones institucionales y las prácticas pedagógicas concretas.

Finalmente, al incorporar efectos fijos por país en los modelos [3] y [4], la magnitud y significancia de los coeficientes asociados a los tres componentes institucionales de IAGen se reduce sustancialmente. Desaparecen tanto el patrón no lineal del uso positivo como la relación cóncava entre percepción de riesgos y CIL, mientras que la institucionalización sigue sin mostrar relaciones significativas. Esta pérdida de robustez sugiere que una parte importante de la varianza atribuida inicialmente a los centros educativos podría estar explicada por diferencias estructurales entre paí-

ses. En consecuencia, la heterogeneidad sistémica entre países parece desempeñar un rol central en la preparación institucional frente a la IAGen, limitando la capacidad de identificar relaciones en las prácticas a nivel global.

En contraste con lo anterior, existen variables que muestran asociaciones consistentes y robustas a través de todas las especificaciones. Por ejemplo, los indicadores de capital cultural familiar, por ejemplo, el número de libros en el hogar de los estudiantes, muestran relaciones particularmente fuertes en alfabetización digital (CIL), donde cada nivel sucesivo de libros (de 11 a más de 200) está asociado a aumentos significativos y crecientes en el rendimiento. Los estudiantes en hogares con más de 200 libros, los coeficientes alcanzan 0,322–0,384 en CIL y 0,193–0,206 en CT, todos significativos. Este patrón lineal y robusto sugiere que el entorno familiar sigue siendo un predictor crucial, incluso en contextos digitales y altamente tecnologizados.

Las expectativas educativas también son predictores consistentes: los estudiantes que aspiran a educación terciaria (ISCED 6–8) superan en hasta 0,491 desviaciones estándar en CIL y 0,267 en CT a aquellos sin esas aspiraciones. Esto respalda la literatura que vincula la proyección educativa familiar con motivación, autoconfianza y persistencia en tareas cognitivas complejas, lo cual resulta relevante para habilidades digitales.

En relación con las brechas que se identifican a nivel individual, el género es un factor diferenciador en CIL, con desventaja femenina persistente: coeficientes de $-0,162$ y $-0,163$, altamente significativos. Esta relación no se replica en CT, lo que sugiere que el sesgo no es generalizado en todas las dimensiones digitales, sino que apunta a un área específica: el acceso, evaluación y uso crítico de información. Esto puede estar mediado por factores culturales, de socialización digital o estereotipos de género en el uso de tecnologías informativas. También, estudiantes que provienen de familias inmigrantes, tienen una fuente de desventaja: estudiantes con antecedentes migrantes presentan coeficientes negativos en ambas competencias (hasta $-0,202$ en CT y $-0,172$ en CIL),

incluso después de controlar por nivel educativo parental y recursos del hogar. Esto podría reflejar barreras lingüísticas, culturales o menores redes de apoyo institucional.

También, el centro educativo es importante. El uso estructurado de herramientas TIC a nivel escolar presenta relaciones positivas, sea trabajando en asignaturas o con herramientas específicas (0,113-0,114 CT y 0,172-0,180 para CIL). En cambio, el uso diario fuera de la escuela tiene una relación negativa: hasta -0,068 en CT y -0,056 en CIL. Esto es hallazgo relevante, una vez que podría sugerir que el uso apropiado de la IAGen requerirá del trabajo centro educativo para su integración a tareas pedagógicas guiadas que puedan potenciar el aprendizaje. Esto sugiere que cuando su uso no tiene un marco y orientación, es decir, es principalmente recreativo, puede desplazar el tiempo dedicado a actividades cognitivamente demandantes.

Por otro lado, se observa que la experiencia acumulada en uso de computadores es una variable altamente predictiva. Las relaciones son crecientes y significativas, llegando a 0,208 en CT y 0,424 en CIL para más de siete años de experiencia. Estas relaciones indican que no basta con el acceso puntual a tecnología; es la trayectoria continua de exposición la que se asocia al desarrollo de habilidades como la realización de algoritmos o navegación crítica. En la misma línea, la experiencia con programación muestra una relación positiva (0,083 para CIL y hasta 0,092 para CT), especialmente si es adquirida fuera de la escuela. La autoeficacia y actitud positiva hacia la programación también suman, aunque con menor consistencia estadística.

Los centros educativos con alta concentración de vulnerabilidad (más del 50 por 100 de estudiantes de hogares desfavorecidos) muestran resultados negativos en CIL (-0,243 a -0,299), así como también en CT (hasta -0,104). Esto sugiere relaciones fuertes con el entorno, probablemente vinculados a menor acceso a redes, menor equipamiento escolar o menor capital tecnológico del entorno inmediato. En contraste, la ubicación urbana tiene relaciones positivas crecientes sobre CIL: vivir en una ciudad de más de un millón de habitantes se asocia con mejoras de hasta 0,394 desviaciones

estándar. Esto podría reflejar beneficios de red, diversidad de entornos digitales o mayores oportunidades de alfabetización mediática.

VI. IMPLICACIONES PARA POLÍTICAS EDUCATIVAS EN LA ERA DE LA IAGen

Desde una perspectiva de política pública, este estudio aporta tres líneas de acción estratégicas. En primer lugar, el ACP propuesto constituye una herramienta novedosa y replicable para diagnosticar y monitorear la preparación institucional hacia la IAGen. Esta herramienta permite identificar con precisión dimensiones críticas, tales como expectativas, percepción de riesgos e institucionalización formal, las que deben ser abordadas desde la gestión escolar y la política educativa.

En segundo lugar, nuestros hallazgos sugieren que no basta con expandir el acceso a tecnologías de inteligencia artificial: se requiere una inserción pedagógica crítica y bien articulada. La evidencia de relaciones no lineales en los modelos empíricos, esto es, patrones en forma de U o con retornos decrecientes, refuerza la necesidad de enfoques balanceados. Las políticas deberían evitar sesgos tecnológicos excesivamente optimistas o normativas restrictivas que paralicen la innovación sobre todo en un contexto de explosión de la IAGen. Dentro de esta línea, es importante destacar el papel de los directores de centros educativos, puesto que su labor no solo consiste en facilitar el acceso a tecnologías, como la IAGen, sino en construir las condiciones institucionales que permiten a los estudiantes absorber y aprovechar críticamente estas herramientas. La productividad de equipos directivos, en términos de liderazgo pedagógico, claridad normativa y capacidad de gestión, se vuelve fundamental para traducir el potencial técnico de la IAGen en aprendizajes significativos. Por tanto, fortalecer la capacidad institucional de los líderes escolares es tan crucial como invertir en infraestructura tecnológica.

Por último, las fuertes desigualdades observadas en la preparación institucional, especialmente entre escuelas que atienden a estudiantes vulnerables,

destacan la urgencia de políticas de equidad digital. Promover condiciones habilitantes en contextos rezagados no es solo una cuestión de justicia social, sino también de eficacia educativa: si no se corrigen estas asimetrías, la IAGen podría amplificar las brechas preexistentes en lugar de cerrarlas.

VII. CONCLUSIONES: DESAFÍOS PARA LA EQUIDAD EDUCATIVA ANTE LA IAGen

Este estudio contribuye al debate actual sobre la adopción de tecnologías educativas, como la IAGen, proporcionando una caracterización empírica sobre la preparación institucional de los sistemas escolares. Una conclusión clave de nuestros análisis es que la existencia de un ambiente institucional favorable hacia la IAGen no implica automáticamente mejoras en resultados educativos como el pensamiento computacional o la alfabetización digital. Mientras que las expectativas positivas sobre el uso de IAGen se asocia con mayores resultados en pensamiento computacional (CT), la alfabetización digital (CIL) parece depender más de entornos institucionales que reconocen los riesgos y que cuentan con marcos normativos más explícitos. Sin embargo, estas asociaciones no son necesariamente lineales, lo cual sugiere la existencia de umbrales de saturación o efectos mixtos según, contexto.

Por otro lado, al considerar diferencias estructurales y contextuales entre países, observamos que las relaciones iniciales identificadas pierden robustez, lo cual subraya la relevancia del entorno nacional específico en la implementación tecnológica educativa. Esto sugiere que la adopción de la IAGen debe adaptarse cuidadosamente al contexto local y nacional, considerando políticas educativas, infraestructuras tecnológicas y prácticas culturales existentes. Asimismo, la evidencia empírica presentada refuerza y amplía la literatura sobre desigualdades digitales, destacando que el acceso a la tecnología por sí solo es insuficiente para generar beneficios educativos. Nuestro análisis revela claramente cómo factores socioeconómicos siguen siendo determinantes centrales no solo en el desarrollo de competencias digitales, sino que en la preparación misma para la adopción de la IAGen

por los centros escolares. En otras palabras, los centros escolares más vulnerables están menos preparados para adoptar IAGen, lo que profundizaría las desigualdades educativas existentes. También emergen desigualdades específicas como las relacionadas con género, lo que confirma la importancia de considerar estos aspectos al diseñar intervenciones educativas inclusivas y equitativas.

Futuras investigaciones deberían abordar tres dimensiones clave para profundizar estos hallazgos iniciales: (i) analizar longitudinalmente cómo evoluciona la preparación institucional hacia la IAGen en el tiempo; (ii) explorar en profundidad la causalidad subyacente en la relación entre adopción institucional de IAGen y aprendizajes específicos de los estudiantes; y (iii) examinar cómo interactúan estos procesos con diferentes marcos regulatorios y culturales a nivel país. Abordar estas cuestiones será fundamental para asegurar que la IAGen se convierta en una herramienta efectiva para reducir brechas educativas y mejorar de manera equitativa la calidad del aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias Ortiz, E., Castro, N., Forero, T., Gambi, G., Giambruno, C., Pérez, M., Daniel, A. y Segura, R. (2025). *AI and Education: Building the Future Through Digital Transformation*. <https://doi.org/10.18235/0013500>
- Avvisati, F. y Keslair, F. (2024). REPEST: Stata module to run estimations with weighted replicate samples and plausible values. *Statistical Software Components*. <https://ideas.repec.org/c/boc/bocode/s457918.html>
- Bulman, G. y Fairlie, R. W. (2016). Technology and Education: Computers, Software, and the Internet. *Handbook of the Economics of Education*, 5, 239-280. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63459-7.00005-1>
- Fraillon, J. y Rožman, M. (2024). IEA international computer and information literacy study 2023: Assessment framework. *IEA International Computer and Information*

Literacy Study 2023: Assessment Framework, 1-87. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-61194-0>

Ganimian, A. J. y Murnane, R. J. (2016). Improving Education in Developing Countries: Lessons From Rigorous Impact Evaluations. *Review of Educational Research*, 86(3), 719-755. https://doi.org/10.3102/0034654315627499/SUPPL_FILE/APPENDIX_B_ONLINE_ONLY.XLSX

Ganzeboom, H. B. G., De Graaf, P. M. y Treiman, D. J. (1992). A Standard International Socio-Economic Index of Occupational Status. *Social Science Research*, 21(1), 1-56. [https://doi.org/10.1016/0049-089X\(92\)90017-B](https://doi.org/10.1016/0049-089X(92)90017-B)

Kinder, A., Briese, F. J., Jacobs, M., Dern, N., Glodny, N., Jacobs, S. y Leßmann, S. (2025). Effects of adaptive feedback generated by a large language model: A case study in teacher education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100349. <https://doi.org/10.1016/J.CAEAI.2024.100349>

Lee, H. P. (Hank), Sarkar, A., Tankelevitch, L., Drosos, I., Rintel, S., Banks, R. y Wilson, N. (2025). The Impact of Generative AI on Critical Thinking: Self-Reported Reductions in Cognitive Effort and Confidence Effects From a Survey of Knowledge Workers. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713778/ASSET/280E4F22-6346-4251-9F64-8A3FB61A82CC/ASSETS/GRAPHIC/CHI25-692-FIG2.JPG>

McKinsey (2023). *The state of AI in 2023: Generative AI's breakout year* | McKinsey. <https://www.mckinsey.com/>

capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year

Miao, F. y Holmes, W. (2024). *Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación - UNESCO Digital Library*. 1-49. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389227>

Moundridou, M., Matzakos, N. y Doukakis, S. (2024). Generative AI tools as educators' assistants: Designing and implementing inquiry-based lesson plans. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100277. <https://doi.org/10.1016/J.CAEAI.2024.100277>

Muralidharan, K., Singh, A. y Ganimian, A. J. (2019). Disrupting Education? Experimental Evidence on Technology-Aided Instruction in India. *American Economic Review*, 109(4), 1426-1460. <https://doi.org/10.1257/AER.20171112>

Ng, D. T. K., Chan, E. K. C. y Lo, C. K. (2025). Opportunities, challenges and school strategies for integrating generative AI in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100373. <https://doi.org/10.1016/J.CAEAI.2025.100373>

OECD. (2021). *OECD Digital Education Outlook 2021* (OECD Digital Education Outlook). OECD. <https://doi.org/10.1787/589B283F-EN>

OECD. (2023). *OECD Digital Education Outlook 2023*. <https://doi.org/10.1787/C74F03DE-EN>

Sönmez, E. (2021). Technology-Enhanced CT: A Systematic Review. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100913. <https://doi.org/10.1016/J.TSC.2021.100913>

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA: EVIDENCIAS DEL USO DE HONOR EDUCATION

Ana Hidalgo-Cabrillana

Universidad Autónoma de Madrid

Resumen

Este trabajo analiza la relación entre el uso de inteligencia artificial (IA) para fomentar la lectura del libro de CORE Econ y el aprendizaje de los estudiantes. Se recopilaron notas de exámenes en dos grupos que recibieron el mismo contenido: misma asignatura, profesor y exámenes. Sin embargo, solo uno utilizó IA a través de la aplicación Honor Education (HE). Al comparar los resultados, se observa que en uno de los exámenes, centrado en evaluar la capacidad de razonamiento, el grupo que usó HE obtuvo una media significativamente superior. No ocurre lo mismo en los tres exámenes que evaluaban conocimiento y aplicación de problemas rutinarios.

Palabras clave: libro CORE Econ, aprendizaje de estudiantes, conocimiento, problemas rutinarios, razonamiento, Honor Education.

Abstract

This paper analyzes the relationship between the use of artificial intelligence (AI) to encourage reading of the CORE Econ textbook and student learning outcomes. Exam scores were collected from two groups that received the same content: same course, instructor, and exams. However, only one group used AI through the Honor Education (HE) application form. Comparing the results, we find that in one of the exams—focused on assessing reasoning skills—the group using HE achieved a significantly higher average score. This is not the case in the three exams that evaluated knowledge and the application of routine problems.

Keywords: CORE Econbook, student learning, knowledge, routine problems, reasoning.

JEL classification: A23, I23.

I. INTRODUCCIÓN

A medida que la inteligencia artificial (IA) se integra cada vez más en nuestras vidas, ¿se benefician realmente los alumnos con un mejor aprendizaje de su integración en las aulas?, ¿qué recursos son los más efectivos potenciando el aprendizaje? Y una vez identificados esos recursos, ¿de qué forma sucede? Entender estas preguntas son cruciales, pues sabemos que, por un lado, rechazar o detener la implementación de la IA en las aulas es una estrategia sin sentido, y por otro, mayores niveles de capital humano tienen beneficios no solamente individuales (por ejemplo, mejorando condiciones en el mercado de trabajo [Murname *et al.*, 1995; Rivkin *et al.*, 2005]), sino también agregados para la economía (por ejemplo, incentivando el crecimiento económico

[Hanushek y Kimko, 2000; Hanushek y Woessman, 2012]).

La aparición de la inteligencia artificial en la universidad y en niveles educativos inferiores está revolucionando tanto la forma en la que los docentes enseñan como la forma en la que los estudiantes trabajan para mejorar su aprendizaje. Para los docentes, la inteligencia artificial puede ayudar, por ejemplo, en la creación de contenido, en automatizar la evaluación a los estudiantes, o en la adaptación del contenido a las necesidades específicas de los estudiantes. Para los estudiantes, la inteligencia artificial, al tener capacidad de comprender el significado y la intención de las preguntas, ofrece una herramienta de apoyo en su proceso de aprendizaje al facilitar respuestas a los estudiantes personalizadas y contextualizadas. Además, esas preguntas

pueden ser aclaradas siguiendo las instrucciones del estudiante. Sin embargo, la utilización de la inteligencia artificial puede afectar la formación de los estudiantes al eludir el proceso de aprendizaje, fomentar la dependencia y el estudio superficial, así como la correcta evaluación. Ejemplo de actividades en el campo de la economía en las que esto puede ocurrir puede ser el análisis, la interpretación y la generación de texto, como revisión de la literatura, o casos de estudio. O aquellas actividades como el cálculo de indicadores socioeconómicos, programación o identificación y verificación de hipótesis. El uso de estas herramientas sin un pensamiento crítico puede propiciar la utilización de información inexacta, sesgada o errónea. Pero para poder llevar a cabo la competencia de pensamiento crítico, el estudiante necesita previamente trabajar las competencias de conocimiento y aplicación de problemas rutinarios.

Ante estos posibles efectos tan opuestos en el aprendizaje es importante que la implantación de la inteligencia artificial en las aulas se mida de la forma más objetiva y precisa posible. Este artículo trabaja justo esto mediante un estudio de caso. Primero, especificando cuál fue el objetivo en el uso de inteligencia artificial por parte de los alumnos, para más tarde poder cuantificarlo. Aunque, como se expondrá a lo largo del artículo, dado que se trata de un proyecto piloto en una fase inicial y no se ha llevado a cabo un experimento aleatorio, ni el uso de herramientas cuasiexperimentales, no hablaremos de relaciones causales.

Específicamente, este trabajo tiene por objetivo estudiar la relación entre el uso de la inteligencia artificial que fomenta la lectura del libro de texto de referencia (esto es *The Economy 1.0* de CORE Econ) y el aprendizaje de los estudiantes en la asignatura de Macroeconomía. Para ello vamos a analizar el estudio de un caso en el uso de inteligencia artificial en la Universidad Autónoma de Madrid, específicamente en el 2.º curso de la asignatura básica de Macroeconomía en dos grados diferentes, el grado de Economía y Finanzas (Econ&Fin) y el grado de Administración y Dirección de Empresas (ADE) pertenecientes a la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. A lo largo de este trabajo, grados, grupos y clases se usan de forma similar, puesto que

en cada uno de los grados la profesora impartió a un único grupo y, por tanto, a una sola clase.

Para llevar a cabo este objetivo se han recopilado datos sobre las pruebas de evaluación en dos grupos diferentes impartiendo el mismo material por la misma profesora, pero con una diferencia importante: solamente uno de los grupos utilizó inteligencia artificial a través de la aplicación Honor Education (HE) (1). Estas pruebas forman parte de la evaluación continua y se desarrollaron en horario de clase. Comparando las mismas pruebas de evaluación para los dos grupos, concluimos que solamente en uno, de los dos exámenes parciales de razonamiento, el grupo que usó Honor Education tiene una nota media significativamente superior al grupo que no usó inteligencia artificial. En las tres pruebas que midieron conocimiento y aplicación de problemas rutinarios, los resultados no son tan claros, pues la nota media fue significativamente superior en el grupo que usó la inteligencia artificial para el test II, pero para el test III, ocurrió lo opuesto.

El trabajo aquí presentado pertenece a la literatura que analiza la importancia de los diferentes niveles competenciales cognitivos en el proceso de aprendizaje y cómo la inteligencia artificial podría potenciarlos. Estudios recientes demuestran que hay un interés en integrar la taxonomía de Bloom en la inteligencia artificial con objeto de mejorar el proceso de aprendizaje (2). Por ejemplo, Habiballa *et al.* (2025) comparan el rendimiento de las versiones 3.5 y 4.0 de ChatGPT con estudiantes humanos del área *Computer Science* categorizadas según la taxonomía de Bloom. Los resultados indican que, si bien los modelos de IA sobresalen en tareas de orden inferior como “Recordar” y “Aplicar”, los estudiantes humanos superan a la IA en tareas de orden superior que requieren “Comprender”, “Evaluar” y “Crear”. O como Scaria *et al.* (2024) cuya investigación evalúa la capacidad de los modelos de lenguaje de gran escala o *large language models* (LLM) para generar preguntas educativas en los distintos niveles de la taxonomía de Bloom. El estudio concluye que, con instrucciones adecuadas, los LLM pueden producir buenas preguntas en diferentes niveles competenciales cognitivos, aunque su efectividad varía entre modelos. Por el contrario, el

estudio de Bastani *et al.* (2024) investiga el efecto de GPT-4 en aproximadamente 1.000 estudiantes de secundaria en Matemáticas mediante un experimento aleatorio controlado usando dos sistemas de tutoría: GPT-Base (que proporciona respuestas directas) y una versión mejorada de este GPT-Tutor (que ofrece pistas paso a paso sin revelar directamente la solución completa). Los resultados demuestran que ambos estudiantes mejoran el rendimiento inmediato de las sesiones prácticas, pero que una vez que a los estudiantes les quitaron el asistente GPT, los estudiantes con GPT-Base disminuyeron su rendimiento y los de GPT-Tutor tuvieron el mismo resultado que el del grupo de control, que era el grupo que solamente utilizaba recursos educativos tradicionales.

El estudio anteriormente citado destaca una paradoja: aunque la IA generativa puede mejorar el rendimiento inmediato, puede también dificultar el desarrollo de habilidades fundamentales si se utilizan sin la orientación adecuada. Justo por ello, es importante entender cómo la IA puede potenciar los diferentes niveles cognitivos. Este trabajo analiza, aunque de forma preliminar, este efecto. Otros trabajos, a diferencia del aquí presentado, que se han llevado a cabo mediante diseños de experimentos aleatorios controlados (*RCT*, por sus siglas en inglés) proporcionando evidencia causal del impacto de las plataformas de IA en el aprendizaje son los de Banerjee *et al.* (2007) y Muralidharan *et al.* (2019). Ambos demuestran que las plataformas de aprendizaje adaptativo y personalizado y las intervenciones digitales dirigidas pueden generar mejoras significativas en el aprendizaje, especialmente en estudiantes con recursos limitados.

En lo que sigue, la sección segunda describe el caso del uso de inteligencia artificial en la Universidad Autónoma de Madrid. En esa sección se explica la plataforma de inteligencia artificial utilizada, y cuál fue su objetivo de aprendizaje. Además, se analiza la motivación de ese objetivo, así como el valor añadido del libro de CORE Econ para finalmente justificar los dos tipos de evaluaciones llevados a cabo durante el semestre. La sección tercera presenta los datos, comenzando con un análisis descriptivo de los dos grupos (el grado de Econ&Fin y el grado de ADE). La siguiente sección, la cuarta, presenta

los resultados sobre cómo se evaluó la adquisición de dichos objetivos. La sección quinta habla de las limitaciones del trabajo y debate sobre cómo mejorar de cara a futuro las limitaciones actuales del trabajo aquí presentado. Finalmente, la sección sexta concluye con un resumen de los resultados.

II. DESCRIPCIÓN DEL CASO

Al inicio del curso académico 2024-2025, CORE Econ y Honor Education (HE) —una plataforma educativa que utiliza la IA— se asociaron para ofrecer cursos introductorios de economía. Específicamente, el curso que se ha utilizado es el de Macroeconomía. En cursos anteriores en la Universidad Autónoma de Madrid, el material de CORE Econ ya lo había implantado en esta asignatura (3). Ahora se trataba de añadir AI mediante la plataforma HE. Se solicitó participar en el proyecto piloto de HE, por lo que la suscripción a la plataforma HE fue gratuita para los estudiantes pertenecientes al grado bilingüe de Economía y Finanzas (Eco&Fin), pero no fue utilizada en el grado de Administración y Dirección de Empresas (ADE). De esta forma he garantizado equidad en el acceso en el grado Eco&Fin de todos los alumnos matriculados en mi asignatura de Macroeconomía. Es bien sabido que una de las limitaciones de la IA es la falta de acceso equitativo a las herramientas de IA, que podría aumentar las desigualdades existentes entre estudiantes al tener que costearse el uso de las herramientas de pago.

Honor Education es una plataforma educativa impulsada por inteligencia artificial diseñada para mejorar la motivación de los estudiantes en su aprendizaje, ofrecer experiencias de aprendizaje personalizadas y garantizar la integridad académica. La plataforma aprovecha la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para crear entornos de aprendizaje adaptativos, al tiempo que ofrece herramientas de evaluación, retroalimentación y comunicación, no solamente entre estudiantes, sino también entre estudiantes y profesores. Esto ayuda al profesor a identificar estudiantes con dificultades en el aprendizaje.

CORE Econ y Honor Education incluyen un curso en línea para estudiantes con actividades

de aprendizaje integradas para que los alumnos se familiaricen con el material antes y después de las sesiones presenciales, y guías para el docente de cada Unidad para ayudar en la planificación del curso y en las sesiones presenciales.

El curso introductorio de Macroeconomía se ha impartido en el primer semestre de este curso académico 2024-2025 en dos grados diferentes. En el grado de Economía y Finanzas (Econ&Fin), un grado bilingüe que se imparte en inglés, se ha utilizado la IA mediante el uso de la plataforma Honor Education, este sería el grupo tratado. En el grado de Administración y Dirección de Empresas (ADE) la asignatura era en castellano y no se ha utilizado Honor Education, este sería el grupo de control.

Las guías docentes de ambas asignaturas son prácticamente idénticas. Para ambas guías docentes se ha subido a Moodle (4) la correspondencia entre la guía docente de Macroeconomía de cada grupo y las secciones del libro de CORE Econ por unidades didácticas o temas. Como el contenido de las asignaturas en ambos grupos era prácticamente el mismo, la correspondencia entre la guía docente y las secciones del libro de CORE Econ eran las mismas. La gran diferencia entre ambos grupos ha sido que para el grupo tratado de Economía y Finanzas, se ha subido a Moodle el *link* a la plataforma Honor Education, con las secciones del libro de CORE Econ por capítulos. El libro de utilizado para este grupo ha sido *The Economy 1.0*. En el grupo de control de Administración y Dirección de Empresas no se ha utilizado Honor Education, y simplemente se dejaba en Moodle el *link* a las secciones del libro de CORE Econ *The Economy 1.0* traducido al español como *La Economía*. En ambos grupos se recomendaba la lectura a esos links antes (y después) de las clases presenciales. El contenido de los libros era el mismo, pero en el grupo de Economía y Finanzas utilizaban la inteligencia artificial y compartían información entre compañeros. En el grupo de Administración y Dirección de Empresas esto no era posible.

Por lo demás, las transparencias, al igual que las tareas, material complementario y los exámenes parciales, fueron idénticos para ambos grupos. Por tanto, alumnos que deciden ir a la misma universi-

dad y estudian en la misma facultad la misma asignatura, han compartido la misma profesora (con su misma metodología y estilo en clase).

A pesar de estas similitudes, hay que tener en cuenta que los dos grupos no son totalmente comparables, pues pertenecen a diferentes grados, y las notas de corte en el acceso a los grados difieren. De hecho, son siempre más altas en el grado de Economía y Finanzas que es el grupo bilingüe, aunque hay una tendencia a una disminución en las diferencias en la nota de corte. El único examen que fue diferente entre grupos fue el final, puesto que por un lado, en el grado de Administración y Dirección de Empresas el examen final es siempre coordinado entre los profesores que impartían la asignatura en ese grado, y por otro en la Universidad Autónoma de Madrid los exámenes finales se llevan a cabo en días diferentes según el grupo. Los resultados de ese examen final no han sido objeto de estudio aquí.

El objetivo principal que ha llevado a introducir la plataforma HE en el curso de Macroeconomía ha sido incentivar a los estudiantes la lectura del libro de CORE Econ como libro de texto de la asignatura. La era de la revolución digital, así como el cierre de los colegios durante el COVID-19, hizo que los profesores cada vez pongan más a disposición de los alumnos material de ayuda como resúmenes de los libros, transparencias, etc. Aunque a corto plazo esto ha sido una buena respuesta a las disrupciones generadas en el sector educativo debido a la pandemia, esto ha tenido un efecto indirecto negativo. Y es que ha reforzado una tendencia que venía ocurriendo entre la población estudiantil, pues cada vez menos estudiantes dedican tiempo a leer y reflexionar sobre el manual de la asignatura. Obviamente, las clases tienen por objetivo ayudar a pensar sobre los conceptos e ideas claves, pero la experiencia como docente durante todos estos años ha enseñado que para un aprendizaje completo, el alumno necesita dedicar tiempo individual en su estudio y practicar la concentración. Un buen libro de texto ayuda mucho en este proceso.

El hecho de que cada vez menos estudiantes universitarios dediquen tiempo a la lectura se está convirtiendo en un fenómeno global. En octubre

del 2024 (5), la revista *The Atlantic*, tras entrevistar a 33 profesores de diferentes universidades norteamericanas, enfatizaba que cada vez menos alumnos matriculados son capaces de leer un libro y parece que la razón detrás de esto es que tienen problemas para mantenerse concentrados. Leer libros, incluso por placer, no puede competir con TikTok, Instagram y Youtube. En España, también se está debatiendo sobre cómo está afectando este problema a la población adolescente (6).

El objetivo principal por el que se solicitó formar parte de la plataforma Honor Create Educatio utilizando la inteligencia artificial fue el de responder a la pregunta ¿los alumnos que dedicaban más tiempo a la lectura del libro de CORE Econ sacaban mejores resultados? ¿O, por el contrario, con las transparencias y ejercicios era suficiente? Para los que somos profesores, lamentablemente, esta última es una pregunta recurrente entre el alumnado. Y aunque la respuesta fue siempre “el libro”, nunca habíamos testado la hipótesis. La justificación de la respuesta recurrente es que el alumnado que no encuentra pasión por el conocimiento y el aprendizaje real busca como objetivo la calificación final y la obtención del título. Sin embargo, el aprendizaje que nos cambia la vida es aquel que perdura en el tiempo, trabaja el pensamiento crítico y la curiosidad por aprender. ¿Hasta qué punto un buen libro puede ayudar a adquirir este tipo de competencias en el aprendizaje?

Con este objetivo, el grupo de Economía y Finanzas tenía acceso gratuito a la plataforma HE con las secciones del libro de CORE Econ, en el otro grupo de Administración y Dirección de Empresas simplemente se adjuntó el *link* a las secciones del libro de CORE Econ en Moodle. Y para ambos grupos se enfatizó en clase la importancia de leer el manual.

Para poder valorar adecuadamente este impacto de la lectura del libro CORE Econ en el aprendizaje se necesitaba, por un lado, que la AI ayude y motive a los estudiantes en la lectura de los temas de CORE Econ, y por otro que las evaluaciones a los estudiantes fuesen consistentes con el valor añadido que el material de CORE Econ genera en el aprendizaje de los estudiantes.

Una característica clave de Honor Education es que permite la comunicación asincrónica con los estudiantes mediante anotaciones de texto y audio en archivos *epub* (sigla para *electronic publication*), vídeos y PDF. Las plantillas de diseño facilitan la visualización de las anotaciones integradas en la aplicación e incluyen marcadores de posición para que los estudiantes agreguen los suyos. La plataforma también incluye una rueda de reacción que permite a los estudiantes reaccionar al contenido e interactuar con el profesor y los demás alumnos de la clase compartiendo sus reacciones. Las reacciones de los estudiantes se guardan en sus cuadernos. Con los diferentes tipos de reacciones, el estudiante podía especificar, por ejemplo, si un párrafo o sección no estaba claro, o le ha parecido interesante o, por el contrario, le parece importante. Y estas reacciones, así como las notas, pueden ser públicas o privadas. Muchas de estas notas contenían dudas sobre el texto. Las respuestas del profesor a las dudas al estudiante pueden ser individuales, o bien visibles para toda la clase. Dado que este curso se lleva varios años impartiendo, y muchas eran preguntas que habían surgido otros años, las respuestas a esas preguntas se hacían visibles, sirviendo de herramienta para explicar dudas comunes a todos los estudiantes.

La hipótesis de este trabajo es entender si todas estas herramientas pertenecientes a Honor Education, y utilizadas únicamente en el grupo Economía y Finanzas, han motivado la lectura del libro, y por tanto, han mejorado el aprendizaje en este grupo más que en el grupo de Administración y Dirección de Empresas que no utilizó Honor Education.

Si esto es cierto cabría esperar que un posible mecanismo que lo genere es que, entre los estudiantes con menos tendencia a leer, los efectos de grupo —*peer effects*— sean mayores: al observar un estudiante que otros de la misma clase leen la sección, este se anima también a hacer lo mismo. De esta forma, la lectura de los capítulos, aunque es a nivel individual, al estar utilizando la aplicación HE, está incentivada por una colaboración activa (debido al uso de los botones de reacción y notas) y pública de los demás estudiantes en su lectura.

Puesto que para el grupo de Administración y Dirección de Empresas simplemente se añadió el link al libro de CORE Econ, pero sin poder utilizar las herramientas de reacción de la plataforma Honor Education, ni tampoco las notas públicas o privadas, este peer effect de la clase a través del uso de Honor Education, no ha podido ocurrir. Para estos estudiantes, se esperaba que hubiesen leído menos el libro, aunque sí habría podido ocurrir que estos alumnos leyeran por su cuenta el libro de CORE Econ a través del *link* en Moodle y comentasen entre ellos lo aprendido. Es importante destacar que, ante las preguntas en clase sobre si estaban leyendo el *link* al libro de CORE Econ, la respuesta del grupo de Administración y Dirección de Empresas era siempre negativa. Por lo tanto, sería de esperar que el *peer effect* fuese mucho más débil para los alumnos de Administración y Dirección de Empresas. Y que los alumnos del grupo de Economía y Finanzas hayan leído en media más capítulos del libro de CORE Econ que los del grupo de Administración y Dirección de Empresas.

El libro de CORE Econ se caracteriza por la renovación del temario tradicional de las enseñanzas de economía por uno orientado a una mejor comprensión de los problemas económicos actuales, con referencias a investigaciones recientes en economía, y donde se evitan prácticas docentes que lleven al alumno a una mera memorización de reglas y modelos teóricos aislados carentes de conexión con el análisis empírico y con la complejidad de la economía actual.

La mayoría de las pruebas de test estandarizados, y pruebas de conocimiento se centran en medir tres habilidades cognitivas: conocimiento, aplicación del conocimiento y razonamiento (7). El conocimiento analiza la capacidad de los estudiantes para recordar definiciones y hechos, y para reconocer características conocidas. La aplicación del conocimiento analiza la capacidad de los estudiantes para resolver problemas rutinarios, que normalmente se han practicado repetidamente en ejercicios de clase. Y el razonamiento evalúa la capacidad de los estudiantes para el pensamiento lógico y sistemático al confrontarlos con problemas complejos establecidos en con-

textos desconocidos. Las habilidades cognitivas de conocimiento y aplicación del conocimiento son a las que tradicionalmente se les ha dado más importancia en el sistema educativo, pero es la del razonamiento a la que cada vez se le está prestando más atención. El libro de CORE Econ ayuda mucho a que el estudiante trabaje esta última.

Tanto las actividades de evaluación como los criterios seguidos en la corrección fueron los mismos para ambos grupos. Las evaluaciones llevadas a cabo durante las catorce semanas del curso han consistido en tres exámenes de preguntas de opción múltiple así como dos exámenes parciales, llevándose a cabo todas ellas en horario de clase y los alumnos sabían con antelación las fechas o si el examen sería tipo test o de ejercicios. Mientras que los test de opción múltiple se centraban en preguntar sobre conceptos y problemas analizados en clase, los exámenes parciales se focalizaban en la aplicación de los conceptos y modelos vistos en clase al mundo real. Es decir, los exámenes parciales evalúan cómo usar los modelos para entender la actualidad económica, y, por tanto, la adquisición, del estudiante de competencias analíticas, pensamiento crítico y razonamiento.

III. EL ANÁLISIS DE LOS DOS GRUPOS

En esta sección analizamos, en primer lugar, información sobre los dos grupos de la Facultad de CC. Económicas y Empresariales pertenecientes a la Universidad Autónoma de Madrid, para pasar después a explicar el resultado de las pruebas en cada uno de los grupos, así como la comparación entre ambos.

El cuadro n.º 1 muestra algunos datos para ambos grupos. En el grupo tratado de Economía y Finanzas (Econ&Fin) para cada tema se añadía en Moodle el acceso a la plataforma Honor Education para que pudiesen leer las secciones del libro de CORE Econ y utilizar los botones de reacción. En el otro de Administración y Dirección de Empresas (ADE), simplemente se adjuntó para cada tema el *link* a las secciones del libro de CORE Econ en castellano. Y para ambos grupos se enfatizó en clase la importancia de leer el manual.

CUADRO N.º 1

DESCRIPTIVOS

	ECO & FINANZAS	ADE
Honor Education (HE)	Sí	No
Idioma	Inglés	Castellano
# Matriculados	72	64
% Mujeres	0,43	0,47
% Repetidores	0,17	0,13
% Erasmus	0,04	0
Nota corte 2023/2024	11,84	10,57
Nota corte 2024/2025	11,42	10,66
% de no presentados: evaluaciones		
Test I	0,07	0,29
Test II	0,07	0,29
Parcial I	0,09	0,07
Parcial II	0,12	0,04
Test III	0,12	0,05
% de no presentados: perfil		
Test nivel Matemáticas	0,19	0,25
Test nivel Economía	0,27	0,22

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el grupo de Economía y Finanzas, comparado con el de Administración y Dirección de Empresas, se caracteriza por ser más numeroso y tener más estudiantes Erasmus, dado que las clases se imparten en inglés. El porcentaje de matriculados que repiten en la asignatura (17 por 100) es un poco mayor comparado con el de Administración y Dirección de Empresas (13 por 100). Dado que el curso pasado no se impartió en Administración y Dirección de Empresas, los repetidores de Economía y Finanzas eran antiguos estudiantes. En Economía y Finanzas, las mujeres representan solamente el 43 por 100, alcanzando casi el 50 por 100 (esto es 47 por 100) en el de Administración y Dirección de Empresas. Para el curso actual, la nota de Economía y Finanzas fue de 11,423 vs 10,667 (Administración y Dirección de Empresas) y la del curso académico pasado 11,843 versus 10,574.

El cuadro n.º 1 también muestra el porcentaje de alumnos no presentados a las pruebas de eva-

luación. Estas pruebas de evaluación, que son las mismas para ambos grupos, forman parte de la evaluación continua y todas las pruebas se desarrollaron en horario de clase. Ha habido un total de cinco pruebas de evaluación, tres exámenes tipo test y dos exámenes parciales. El orden de las evaluaciones por filas hace referencia al orden cronológico de las diferentes evaluaciones, con test de elección múltiple al inicio y al final del curso y en medio del semestre con dos parciales. Se puede observar que los alumnos de Economía y Finanzas en la última parte del curso (parcial II y test III) comienzan a ser más estratégicos y muchos de ellos dejan la asignatura para centrarse en otras, por lo que no se presentan a esas evaluaciones. Quizá la razón de esto es que estos alumnos saben que la asignatura de Macroeconomía no es de las fáciles de aprobar. Para el grupo de Administración y Dirección de Empresas pasa justo al contrario, y en las evaluaciones del final del curso se presenta un mayor porcentaje en comparación con el otro grupo.

Para conocer el nivel de cada grupo, al inicio del curso académico se prepararon unas preguntas de elección múltiple en horario de clase para hacer un análisis de perfil del grupo de conceptos básicos de matemáticas y de economía. Estas pruebas no formaban parte de la evaluación continua, solamente tenían como objetivo identificar alumnos con problemas, para, más tarde, escribirles un correo electrónico ofreciéndoles material de apoyo y animándoles a que asistiesen a tutorías individualizadas. El cuadro n.º 1 muestra que el porcentaje de no presentados era superior para ambos grupos en comparación con las pruebas que sí formaban parte de la evaluación continua.

IV. RESULTADOS

En esta sección explicamos los resultados de los exámenes comparando los dos grupos: el de Economía y Finanzas (bilingüe) y el de Administración y Dirección de Empresas.

El cuadro n.º 2 resume el contenido y las competencias evaluadas en los exámenes. Los exámenes tipo test sirven como método estandarizado

CUADRO N.º 2

CONTENIDO Y COMPETENCIAS DE LAS PRUEBAS DE EVALUACIÓN

	FECHAS DE EVALUACIÓN 2024	COMPETENCIAS EVALUADAS	CONTENIDO
Test I	25 y 27 septiembre	Definición y problemas rutinarios	PIB
Test II	2 y 4 octubre	Definición y problemas rutinarios	Inflación y paro
Parcial I	16 y 18 octubre	Razonamiento	Datos macro para explicar fluctuaciones económicas aplicadas al COVID-19
Parcial II	20 y 22 noviembre	Razonamiento	Modelo teórico/ para explicar políticas fiscales aplicado al <i>shock</i> DANA
Test III	18 y 20 diciembre	Definición y problemas rutinarios	IS-LM

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 3

DIFERENCIAS EN EL ANÁLISIS DEL PERFIL

	GRADO ECONOMÍA & FINANZAS			GRADO ADMINISTRACIÓN Y D. EMPRESAS			DIFERENCIA ECONOMÍA & FINANZAS VS ADE			
	Media	Desviación estándar	N	Media	Desviación estándar	N	Dif. Media	Error estándar (Dif)	t	p-valor
Matemáticas	4,75	3,04	59	5,53	2,53	48	-0,78	0,54	-1,45	0,147
Economía	4,64	2,53	53	5,42	2,22	50	-0,79	0,47	-1,66	0,097

Fuente: Elaboración propia.

para evaluar de manera objetiva el conocimiento y las habilidades de reproducir problemas rutinarios hechos en clase. Los exámenes de preguntas con ejercicios, sin embargo, evaluaron la capacidad de razonamiento y pensamiento crítico. Estas preguntas consistían en llevar los modelos vistos en clase a la vida real. Cada pregunta de los ejercicios se evaluó siguiendo los mismos criterios en ambos grupos con objeto de ser lo más objetivo posible. Los alumnos sabían con antelación la fecha del examen, así como el tipo de examen (test o ejercicios) que se llevaría a cabo. Dado que ambos grupos hacían los mismos exámenes, y la asignatura no se impartía en el mismo día, el examen nunca se podía llevar a casa, y la corrección que se trabajó en clase se hizo una vez que el examen se había llevado a cabo en ambos grupos.

Queremos testar si existe evidencia estadísticamente significativa de que la nota media de las pruebas de evaluación difiere entre el grupo de Economía y Finanzas, que utilizó Honor Education, y el grupo de Administración y Dirección de Empresas, que no utilizó la inteligencia artificial en la lectura del libro CORE Econ. La hipótesis nula es que las medias poblacionales de las notas de los exámenes son iguales en ambos grupos, frente a la alternativa bilateral de que las medias difieren. Si los alumnos de Economía y Finanzas han dedicado más tiempo a leer el libro, se esperaría que estuviesen más preparados en aquellos exámenes que midan la capacidad de razonar. En los exámenes tipo test que miden conocimiento y aplicación de problemas rutinarios en el examen, a ambos grupos se esperaría que tuviesen medias en notas similares (8).

CUADRO N.º 4

DIFERENCIAS EN LAS EVALUACIONES DE LOS ESTUDIANTES

	GRADO ECONOMÍA & FINANZAS			GRADO ADMINISTRACIÓN Y D. EMPRESAS			DIFERENCIA ECONOMÍA & FINANZAS VS. ADE			
	Media	Desviación estándar	N	Media	Desviación estándar	N	Media	Error estándar (Diff)	t	p-valor
Test I	3,37	2,28	67	4,16	2,44	46	-0,79	0,46	-1,72	0,0854
Test II	6,95	2,47	67	6,04	2,11	46	0,91	0,44	2,07	0,0384
Parcial I	3,77	2,03	66	4,05	1,98	60	-0,28	0,36	-0,78	0,4354
Parcial II	5,38	2,32	64	4,29	2,34	62	1,19	0,42	2,83	0,0094
Test III	4,53	2,72	64	5,69	2,15	61	-1,16	0,44	-2,64	0,0082

Fuente: Elaboración propia.

Los cuadros n.º 3 y 4 muestran la media, la desviación estándar y el número de alumnos que hicieron en clase el test en cada grupo. Además, nos muestra información sobre la diferencia de medias del grupo de Economía y Finanzas menos el grupo de Administración y Dirección de Empresas, así como los errores estándares de estas diferencias, el estadístico *t* y el *p*-valor. Lo primero que llama la atención es que hay mucha variabilidad en las notas, independientemente del grupo analizado, de si son pruebas sobre el análisis del perfil (cuadro n.º 3) o pruebas de evaluación (cuadro n.º 4). Esto explica, en parte, que los errores estándares de las diferencias en las medias muestrales sean, en muchos casos, elevados, y la estimación de la diferencia en medias sea poco precisa. Los tamaños muestrales de cada una de las pruebas, al ser mayor de 30, son razonables, por lo que el estadístico *t* presenta una distribución normal estándar. El cuadro n.º 3 muestra que en las pruebas que no forman parte de la evaluación continua, y que sirven para detectar el nivel de la clase al comienzo del curso escolar, no se encuentran diferencias significativas entre ambos grupos, ni en Matemáticas, ni en Economía.

Los resultados de los exámenes que forman parte de la evaluación continua vienen dados en el cuadro n.º 4 y sugieren varias conclusiones. En primer lugar, no siempre el grupo que utilizó Honor Education obtiene mejores resultados. De hecho, las diferencias en medias entre el grupo que utilizó la aplicación Honor Education (es decir, Economía

y Finanzas) y el que no la utilizó (es decir Administración y Dirección de Empresas) varían desde un -0,79 puntos el valor mínimo a unos 1,19 puntos el máximo. Segundo, esas diferencias son estadísticamente significativas al 1 por 100 solamente en dos de los cinco exámenes. Específicamente, esto ocurre en el Parcial II donde el grupo que utilizó Honor Education obtiene 1,19 puntos en media superiores al que no la utilizó, y en el Test III, donde el grupo de Administración y Dirección de Empresas que no utilizó Honor Education sacó ventaja 1,16 puntos en media. Los 1,9 puntos superiores para el grupo de Economía y Finanzas podrían estar relacionados con una mayor adquisición de competencias de razonamiento y aplicación de los modelos teóricos a la vida real con la lectura del libro de CORE Econ. El desarrollo de estas competencias podrían haber sucedido en la plataforma Honor Education debido a los *peer effects* mediante *social learning* o del *competition effect*. Específicamente, en el primer caso, los estudiantes de ese grupo ven que sus compañeros de clase leen más y ellos deciden leer también (*social learning*). En el segundo caso, los estudiantes terminan leyendo más en esta clase debido a que es una clase muy competitiva (una característica que suele definir al grupo de Economía y Finanzas). Y tercero, de los tres exámenes tipo test, las diferencias estimadas en las notas son significativas en dos de ellos (el test II y III), pero no son estables, pues en el test II el grupo que utilizó Honor Education sacó mejores notas, pero en el test III ocurre exactamente lo contrario.

Por lo que, en lo que respecta al conocimiento y la aplicación de problemas rutinarios, no siempre el grupo de Economía y Finanzas obtuvo mejores resultados. Este análisis no nos cuenta por qué podrían existir estas diferencias. La siguiente sección habla un poco sobre ello.

V. LIMITACIONES

Una de las limitaciones de este trabajo es el problema de selección debido a que alumnos diferentes *ex ante* deciden estudiar grados diferentes. A pesar de que las pruebas de nivel que se hizo al alumnado justo al inicio de curso no concluyen que haya diferencias significativas en la media de las notas, probablemente los alumnos de Economía y Finanzas, al ser un grupo bilingüe, provengan de familias con diferente nivel socioeconómico y cultural. Para resolverlo, necesitaríamos llevar a cabo idealmente un experimento aleatorio o bien usar técnicas cuasiexperimentales.

Otra limitación del trabajo aquí presentado es que no identifica ni testa los mecanismos a través del cual los *peer effect* aparecen en clase. La evidencia empírica nos enseña que los efectos de las notas y del bagaje socioeconómico de los compañeros de clase son importantes en magnitud (Hoxby, 2000; Hoxby y Weingarth, 2005; Ammermueller y Pischke, 2006) y que pueden actuar de forma no lineal. Es decir, no todos los alumnos se benefician por igual del nivel académico del resto. Tal como comenta Sacerdote (2011), el principal reto empírico en el análisis de las interacciones sociales tiene que ver con la identificación de sus verdaderos efectos, ya que su estimación recoge diversos problemas. Por un lado, la existencia de dos fuentes de endogeneidad: el llamado *reflection problem* (Manski, 1993), que surge porque las notas de un alumno influyen en las de sus compañeros y viceversa, y el problema de *sorting*, explicado en el párrafo anterior, que surge porque la selección de alumnos en clases no se realiza de forma aleatoria. Por otro, las dificultades empíricas para identificar por separado la influencia de las notas de los compañeros de la influencia del bagaje socioeconómico. Adicionalmente, aparece la dificultad de separar el efecto de la calidad del profesor del efecto de los compañeros, puesto que

el profesor es un factor que afecta al conjunto del aula, que es el marco en el que se producen las interacciones entre los estudiantes. Por ello, es crucial observar al mismo profesor en diferentes clases (Rockoff, 2004), algo no muy frecuente en los datos, pero que sí ocurre en este trabajo.

VI. CONCLUSIONES

- El objetivo de este estudio es analizar la posible relación entre el uso de la inteligencia artificial, que incentiva la lectura del libro de CORE Econ (libro de referencia de la asignatura), y el aprendizaje del estudiante.
- Para poder llevar a cabo este análisis es fundamental disponer tanto de información sobre el rendimiento académico de los estudiantes en el que un mismo profesor imparta clases en diferentes grupos de la misma asignatura como el que solamente en uno de los grupos se haya utilizado la inteligencia artificial.
- En la plataforma Honor Education los alumnos tienen acceso a los botones de reacción con la lectura del libro de CORE Econ, pudiendo esas reacciones hacerlas públicas para toda la clase. En este contexto, se esperaría que aparezcan nuevos efectos de los compañeros de clase en la plataforma Honor Education.
- Las cinco pruebas de evaluación, que son las mismas y utilizan los mismos criterios para evaluar, miden no solamente conocimientos y aplicación de problemas rutinarios trabajados en clase a través de tres test de elección múltiple, sino también cómo aplicar esos conocimientos a problemas reales y la capacidad de razonamiento, a través de dos exámenes parciales de ejercicios. Esta mezcla de evaluaciones intentan captar el valor añadido del libro de texto de CORE Econ.
- Los resultados demuestran que, en uno de los dos exámenes parciales de ejercicios, el grupo expuesto a la IA para incentivar la lectura del libro de CORE Econ sacó una media significativamente mayor en 1,19 puntos, en compara-

ción con el otro grupo. Por el contrario, de las tres evaluaciones tipo test de elección múltiple, en dos de ellas las diferencias de medias en las notas son significativas. En el test II la media es mayor para el grupo que utiliza la inteligencia artificial, pero en el test III ocurre lo contrario.

Estas conclusiones nos enseñan que, si queremos diseñar políticas educativas que mejoren el rendimiento escolar, un paso previo es entender la manera en la que la inteligencia artificial afecta el proceso de aprendizaje.

NOTAS

- (1) Para un análisis más detallado del valor añadido de la plataforma de IA en el sector educativo HE, ver sección segunda.
- (2) La taxonomía de Bloom (Bloom's Taxonomy) es una teoría pedagógica que analiza diferentes niveles de competencias cognitivas que los estudiantes deberían alcanzar en el proceso de aprendizaje, que comienzan por el conocimiento, pasando por aplicar y analizar y termina en la capacidad de crear y evaluar.
- (3) CORE Econ es un proyecto que crea recursos de enseñanza de economía de libre acceso. Para más detalle ver <https://www.COREEcon.org>.
- (4) Moodle es la plataforma que utilizan los docentes de la Universidad Autónoma de Madrid para la creación de sus propios sitios web privados con el objetivo de colgar el material relacionado con la asignatura impartida.
- (5) Para una lectura del artículo ver: <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2024/11/the-elite-college-students-who-cant-read-books/679945/>
- (6) Ver noticia en *El País* del 7 de abril del 2025 <https://elpais.com/mamas-papas/expertos/2025-04-08/beatriz-gimenez-de-ory-escritora-los-adolescentes-han-cambiado-el-no-me-gusta-leer-por-el-no-puedo-es-muy-largo.html>

- (7) Ver, por ejemplo, los test estandarizados de PISA (Programme for International Student Assessment), TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) o NAEP (National Assessment of Educational Progress).
- (8) Diferentes estudios demuestran que los exámenes tipo test también miden la capacidad estratégica de tomar decisiones ante el riesgo, ver, por ejemplo, Baldiga (2014). Los test aquí presentados en ambos grupos penalizaban (-0,33), pudiendo crear distorsiones en la evaluación si no todos los candidatos asignan la misma probabilidad a que cualquiera de las opciones sea correcta o difieren en actitud ante el riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ammermueller, A., y Pischke, J-S. (2006).** Peer Effects in European Primary Schools: Evidence from the Progress in International Reading Literacy Study. *Journal of Labor Economics*, vol. 27(3), 315-348.1264.
- Baldiga, K. (2017).** Gender Differences in Willness to Gues. *Management Scienc* 60(2), 434-448.
- Banerjee, A., Cole, S. Duflo, E. y Linden, L. (2007).** Remediating education: Evidence from two randomized experiments in India. *Quarterly Journal of Economics*, 122(3), 1235- 1264.
- Bastani, H., Bastani O., Sungu, A., G. E., H. Kabakc, O. y Mariman, R. (2024).** Generative AI Can Harm Learning. *Wharton School Research Paper*, July 2024 .
- Habiballa, H., Kotyrba, M., Volna, E., Bradac, V., Dusek, M. (2025).** Artificial Intelligence (ChatGPT) and Bloom's Taxonomy in Theoretical Computer Science Education. *Appl. Sci.*,15, 581.
- Hanushek, E. y Kimko, D. (2000).** Schooling, labor force quality, and the growth of nations. *American Economic Review*, 90, nO. 5 (December), pp 1184-1208.
- Hanushek, E. A. y Woessmann, L. (2012).** Do better schools lead to more growth? Cognitive skills, economic outcomes, and causation. *Journal of Economic Growth*, December 2012, 17(4), 267-321

- Hoxby, C. (2000).** Peer Effects in the Classroom: Learning from Gender and Race Variation. *NBER Working Paper*, No. 7867. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w7867/w7867.pdf
- Hoxby, C. y Weingarth, G. (2005).** Taking Race Out of the Equation: School Reassignment and the Structure of Peer Effects. *NBER Conference Paper*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=386de4e83235738ec333387e23abf71a4c1f1e4d>
- Manski, C. (1993).** Identification of Endogenous Social Effects: The Reflection Problem. *Review of Economic Studies*, 60, 531-542.
- Muralldharan, K., Singh, A. y Ganimina, A. J. (2019).** Disrupting education? Experimental evidence on technology-aided instruction in India. *American Economic Review*, 109(4), 1426-1460.
- Murnane, R. J., Willet, J. B. y Levy, F. (1995).** The Growing Importance of Cognitive Skills in Wage Determination. *Review of Economics and Statistics*, 77, 251-266.
- Rivkin, S. G., Hanushek, E. A. y Kain, J. F. (2005).** Teachers, Schools, and Academic Achievement. *Econometrica*, 73(2), 417-458.
- Sacerdote, B. (2011).** Peer Effects in Education: How Might They Work, How Big Are They and How Much Do We Know Thus Far? *Handbook of Economics of Education*, vol. 3, capítulo 4.
- Scaria, N., Chenna, S. D. y Subramani, D. (2024).** Automated Educational Question Generation at Different Bloom's Skill Levels using Large Language Models: Strategies and Evaluation. *Artificial Intelligence in Education*.
- Vojtech, M., Havel, H. y Vojtechová, E. (2025).** Artificial Intelligence (ChatGPT) and Bloom's Taxonomy in Theoretical Computer Science Education. *Applied Sciences*, 15(2), 581, 1-34.

HABILIDADES EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y PRIMA SALARIAL EN LOS MERCADOS LABORALES LOCALES DEL REINO UNIDO (*)

Aída García Lázaro

Universidad de Bath

Resumen

Este estudio analiza la relación entre la demanda de habilidades en inteligencia artificial (IA) y la prima salarial en el Reino Unido, a partir de datos de vacantes en línea entre 2012 y 2023. Se observa una alta concentración de vacantes con habilidades en IA en los sectores de información y comunicación, finanzas, educación, servicios profesionales y manufactura. Estas vacantes se ubican principalmente en ocupaciones profesionales, como desarrolladores de *software*, programadores, diseñadores web y especialistas en tecnologías de la información, y en menor medida en áreas científicas como las ciencias biomédicas y biológicas. Utilizando un enfoque de mercados laborales locales, se identificaron más de 83.000 mercados activos durante el período de estudio. Los resultados muestran que la demanda de habilidades en IA se asocia a una prima salarial de hasta 3,7 por 100, incluso controlando por características de la vacante, otras habilidades, y efectos fijos. Esta prima aumentó a 8,6 por 100 entre 2020 y 2023, coincidiendo con un mayor despegue de la IA, mientras que no se observa un efecto significativo en años anteriores.

Palabras clave: inteligencia artificial, prima salarial, mercados laborales locales.

Abstract

This study examines the wage premium associated with artificial intelligence skills in the UK, using online job vacancy data from 2012 to 2023. AI-related vacancies are highly concentrated in Information and Communication, Finance, Education, Professional Services, and Manufacturing. AI is demanded with more emphasis within professional occupations such as software developers, programmers, web designers, and IT network specialists. Using a local labour market approach, we identify over 83,000 active labour markets and estimated the wage premium of AI skills. Our findings show that markets with a higher proportion of job vacancies requiring AI skills are linked to a wage premium of up to 3.7%, rising to 8.6% during 2020–2023, a period marked by accelerated AI adoption.

Keywords: artificial intelligence, wage premium, local labour market.

JEL classification: J63, O33, O34.

I. INTRODUCCIÓN

El avance acelerado de las tecnologías de inteligencia artificial (IA) está transformando profundamente los mercados laborales, la forma en que trabajamos y las tareas que efectuamos. A medida que los sistemas de IA adquieren mayor capacidad para ejecutar tareas cognitivas complejas, han surgido inquietudes sobre su posible impacto en la sustitución de trabajadores, la polarización del empleo y el ensanchamiento de las brechas salariales. No obstan-

te, también se espera que los trabajadores con habilidades relacionadas con la IA, o aquellos empleados en ocupaciones con alta exposición a estas tecnologías, perciban una prima salarial, lo que sugiere una creciente complementariedad entre capacidades humanas y herramientas de la inteligencia artificial.

La irrupción reciente de la inteligencia artificial introduce una nueva dimensión al debate sobre el impacto del cambio tecnológico en el empleo y los salarios. A diferencia de las tecnologías anteriores,

centradas en la automatización de tareas rutinarias y físicas, la IA tiene el potencial de transformar también tareas cognitivas, creativas y analíticas de alta complejidad (Acemoglu y Restrepo, 2019; Brynjolfsson *et al.*, 2023). Esta tecnología tiene la capacidad de sustituir trabajadores, pero también puede complementar y amplificar determinadas habilidades humanas, especialmente aquellas vinculadas a la resolución de problemas, la comunicación y la toma de decisiones.

La literatura reciente ha buscado cuantificar el grado de exposición de distintas ocupaciones a la IA, así como los efectos que esta exposición puede tener sobre las trayectorias laborales y los ingresos (Felten *et al.*, 2019; Webb, 2020). Los resultados indican que el impacto de la IA es heterogéneo: mientras algunas ocupaciones enfrentan que un alto porcentaje de sus tareas están sujetas a automatización, otras se benefician del aumento de productividad generado por la integración efectiva de estas herramientas. Deming y Noray (2020) muestran que la prima de salario para graduados de licenciatura en áreas intensivas en tecnología es significativa, pero existe un declive rápido.

La relación entre el cambio tecnológico con los salarios y el empleo ha sido ampliamente estudiada en la literatura económica, particularmente en el contexto de olas tecnológicas pasadas. Estudios previos han examinado el impacto de las tecnologías de información y comunicación (TIC) y los robots en la polarización laboral (Michaels *et al.*, 2014; Graetz y Michaels, 2018). La teoría del cambio técnico sesgado por habilidades (*skill-biased technological change*, SBTC) sostiene que las innovaciones tecnológicas tienden a favorecer a los trabajadores con mayores niveles de cualificación, incrementando su productividad y, por tanto, su remuneración relativa (Autor *et al.*, 1998; Acemoglu, 2002). En las últimas décadas, este fenómeno ha sido identificado como uno de los principales motores del aumento en la desigualdad salarial en las economías avanzadas.

Existe también investigación sobre el papel de las tareas cognitivas y abstractas en comparación con las tareas rutinarias para explicar los diferenciales de salario entre ocupaciones (Autor, 2013;

Autor y Handel, 2013). Una parte más reciente de la literatura ha traducido el concepto de tareas a habilidades. Esto ha permitido el uso de datos de vacantes que exploren el impacto de las habilidades requeridas en puestos de trabajo sobre los salarios anunciados. De esta manera, el trabajo de Deming y Kahn (2018) explora los efectos de las habilidades cognitivas y abstractas en los salarios. Por su parte, Ziegler (2022) estima un conjunto más amplio de habilidades, incluyendo las cognitivas, sociales, y digitales. Sin embargo, en estas últimas no profundiza tanto. García-Lázaro *et al.* (2025) se enfoca en la prima salarial de las habilidades digitales, diferenciándolas por nivel de complejidad: básicas, intermedias y avanzadas.

En este marco, este estudio analiza la relación entre la demanda de habilidades de IA y la prima salarial en el Reino Unido utilizando un enfoque de mercados laborales locales. Se utilizan datos de vacantes anunciadas en línea, para el Reino Unido desde 2012 a 2023. Este documento muestra la concentración de vacantes requiriendo habilidades de inteligencia artificial en el sector de información y comunicación, finanzas, educación, servicios profesionales y técnicos y la manufactura. Además, se muestra que las vacantes que requieren dichas habilidades se encuentran principalmente entre las ocupaciones profesionales. Más específicamente, entre los desarrolladores de *software*, programadores, diseñadores de páginas web, especialistas en información y tecnología. En menor medida, pero no por ello no significativo, entre los profesionales en áreas de investigación como las ciencias biomédicas y biológicas.

Con el enfoque de mercados laborales locales, se identificaron 83.655 mercados activos a lo largo del período de estudio. Se encontró evidencia de que la demanda de habilidades de inteligencia artificial está asociada a una prima salarial de hasta el 3,7 por 100, aun controlando por características de las vacantes, otras habilidades enlistadas y efectos fijos del título del puesto, la ubicación geográfica y el año. La prima salarial se incrementa al 8,6 por 100 para el período 2020-2023, cuando existe un despegue más significativo de la inteligencia artificial en el mundo, y no es diferente de cero para el período previo.

Este documento está estructurado en cinco secciones. La segunda sección describe los datos que utilizamos para efectuar el análisis, describe los mercados y las habilidades de inteligencia artificial. La tercera sección presenta la estrategia de estimación econométrica. La sección cuarta presenta los resultados. La quinta y última sección concluye, presentando vetas de investigación futura e implicaciones de política pública.

II. DATOS

Se han utilizado datos de vacantes anunciadas en línea que provienen de Lightcast. Los datos incluyen vacantes anunciadas en el Reino Unido (UK) del 2012 a 2023. Del universo de vacantes anunciadas, se excluyeron las vacantes sin salario anunciado y aquellas que se encuentran en el 2 por 100 más alto para evitar datos extremos. De esta forma, la muestra incluye 21 millones de vacantes que incluyen una lista de habilidades especializadas, de *software* y sociales, el salario anunciado, la posición solicitada, la ocupación usando la *Clasificación Estandarizada de Ocupaciones (SOC, por sus siglas en inglés)* del 2020, que clasifica los puestos de trabajo en 409 ocupaciones distintas. En información de la industria en la cual es requerida la vacante de acuerdo con la *Clasificación Industrial Estandarizada (SIC)* del 2007. La base de datos también cuenta con información sobre la ubicación en la cual es requerida la vacante. En este estudio se utilizó las áreas de desplazamiento para al trabajo (*TTWA, por sus siglas en inglés*), que son áreas con al menos el 75 por 100 de la población económicamente activa residente trabajando dentro. De esta manera, son divisiones geográficas adecuadas para entender las economías locales o áreas económicas. Finalmente, nuestra base de datos contiene información sobre las características de las vacantes referentes al tipo de contrato, si este es permanente o a tiempo fijo, tiempo parcial o completo, y si existe la posibilidad de trabajar desde casa.

1. Identificación de la inteligencia artificial

Para identificar las vacantes anunciadas que requieren al menos una habilidad de inteligencia

artificial, se utilizó un diccionario de habilidades de inteligencia artificial elaborado en investigación previa (García-Lazaro *et al.*, 2025; García-Lazaro y Larkin, 2025). Se identificaron las vacantes anunciadas que contienen en su lista de habilidades, aquellas que se refieren a alguno de los siete subgrupos en los que se divide la inteligencia artificial de acuerdo con el Instituto Stanford para la Inteligencia Artificial Centrada en el Humano (Stanford HAI, por sus siglas en inglés) y la Taxonomía Abierta de Habilidades de Lightcast (Maslej *et al.*, 2024). De acuerdo con estas definiciones, utilizamos 247 habilidades distribuidas en los siete grupos: i) inteligencia artificial en general; ii) aprendizaje automatizado o de máquina; iii) redes neuronales; iv) procesamiento natural del lenguaje; v) reconocimiento visual y de imagen, también llamado visión computacional; vi) robótica, y vii) manejo automatizado. Las habilidades de robótica y manejo autónomo representan solo el 4 por 100, mientras que los tres primeros grupos representan el 66 por 100 de las habilidades en el diccionario.

El gráfico 1 compara el porcentaje de vacantes que demandan habilidades de inteligencia artificial por industria antes y después de la pandemia de COVID-19. En el eje horizontal se encuentra el porcentaje de vacantes de 2012 a 2019, mientras que el eje vertical muestra el porcentaje de 2020 a 2023. Sin sorpresa, el sector con mayor demanda por habilidades de inteligencia artificial es la información y comunicación, con el 9 por 100 de las vacantes antes de la pandemia y 12 por 100 de la misma. En mucho menor medida el resto de los sectores demanda habilidades de inteligencia artificial, por ejemplo, educación 5,3 por 100, finanzas y seguros 4,7 por 100, manufactura 4,5 por 100, servicios profesionales, científicos y técnicos 4,5 por 100 y servicios de apoyo administrativo 4,9 por 100 de las vacantes, estos datos en el período posterior a la pandemia.

Trazando una línea imaginaria de 45 grados para comparar él antes y después de la pandemia de COVID-19, encontramos, que el crecimiento en la demanda por habilidades de inteligencia artificial está mucho más localizado en unos pocos sectores. En primer lugar, en información y comunicación, con un incremento de tres puntos porcentua-

les en la proporción de vacantes que demandan al menos una habilidad de inteligencia artificial. El sector educativo con un incremento de 1,5 puntos porcentuales, el sector financiero y de seguro con un incremento de 1,2 los servicios profesionales, científicos y técnicos se han mantenido en un rango similar durante ambos periodos.

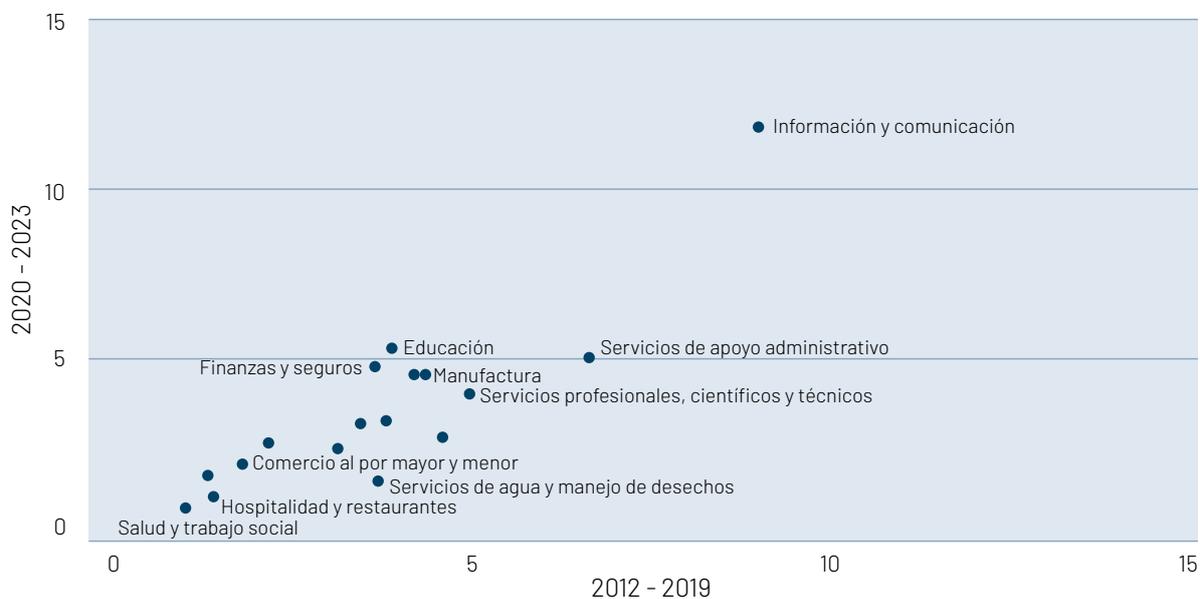
2. Ocupaciones con habilidades de inteligencia artificial

Respecto a los puestos de trabajo que demandan habilidades de inteligencia artificial, estas se encuentran concentradas principalmente en las ocupaciones profesionales. El gráfico 2 muestra, según el sistema estandarizado de ocupaciones, el porcentaje de vacantes requiriendo habilidades de inteligencia artificial. Se utilizaron como punto de corte aquellas ocupaciones que en el periodo 2020-2023 cuentan con al menos el 10 por 100 de vacantes con dichas habilidades. Las vacantes para profesionales de información y tecnología demandan al menos una habilidad de inteligencia artificial en el 50-60 por 100 de los casos. Los

profesionales de redes en un 30-35 por 100 de los casos. Los programadores y desarrolladores de *software* son otro grupo con una alta proporción de vacantes requiriendo inteligencia artificial, un 30 por 100. Los diseñadores de páginas web, aunque en el periodo anterior a la pandemia, requerían dichas habilidades en cada una de las dos vacantes anunciadas, esta proporción ha disminuido significativamente desde 2020.

Aunque se ha utilizado la *Clasificación Estandarizada de ocupaciones de 2020*, aun así, existe significativa variabilidad en los puestos de trabajo que se incluyen dentro de cada categoría. Dado que nuestra base de datos cuenta con información sobre el título del puesto específico de cada vacante, se hizo una desagregación. En los cuadros n.º 1-4 se da muestra de la heterogeneidad de los puestos, particularmente en lo relativo a su composición en requerimientos de habilidades en inteligencia artificial. Se ha utilizado el periodo 2020-2023 para efectos ilustrativos de los cuadros. Además, es el periodo en el cual la inteligencia artificial se ha extendido en mayor medida.

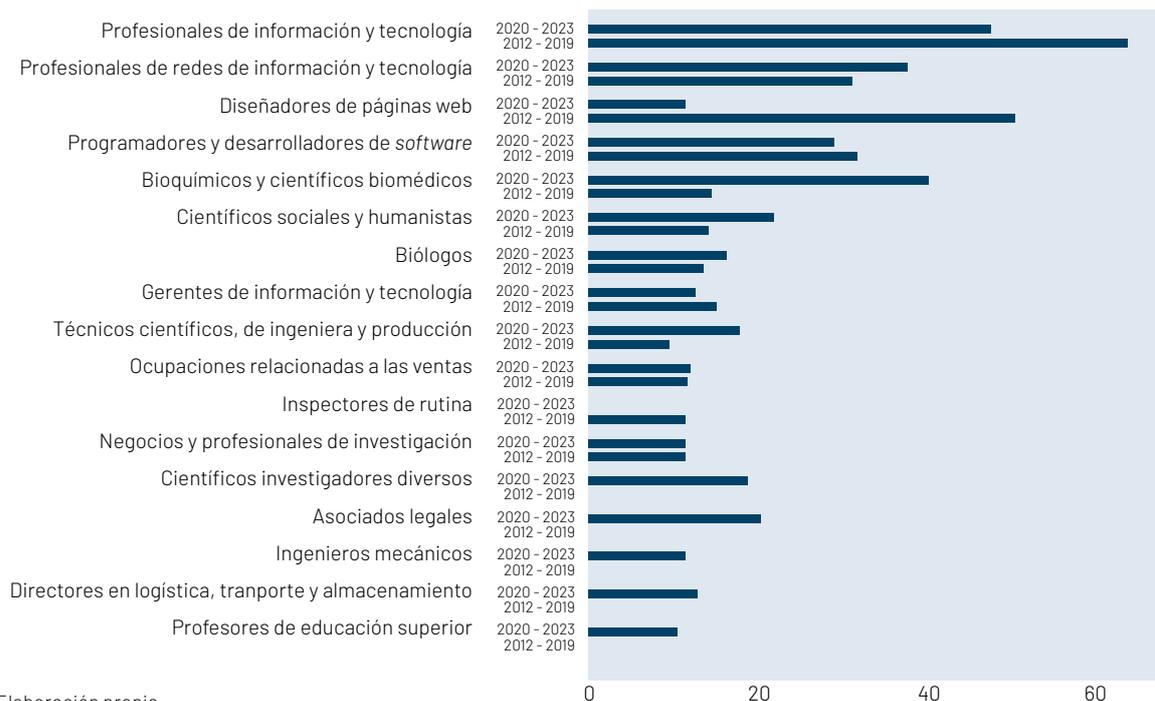
GRÁFICO 1
PORCENTAJE DE VACANTES CON HABILIDADES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL POR INDUSTRIA
 En porcentaje



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO N.º 2

PORCENTAJE DE VACANTES CON HABILIDADES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL POR OCUPACIÓN Y PERÍODO



Fuente: Elaboración propia.

Los cuadros n.º 1-4 muestran los diversos puestos de trabajo requeridos que se agrupan dentro de un mismo tipo de ocupación, el porcentaje de vacantes que requieren al menos una habilidad de inteligencia artificial, el número promedio de estas habilidades en las vacantes por puesto, el promedio de habilidades totales requeridas, el número promedio de habilidades especializadas, incluidas las de inteligencia artificial y, finalmente, el número de vacantes en nuestra muestra.

El cuadro n.º 1 muestra los diversos títulos de puestos de trabajo entre los profesionales de información y tecnología. Como se observa, aunque todos son puestos relativos al desarrollo de software, la proporción de vacantes requiriendo inteligencia artificial en cada caso es muy diverso. Por ejemplo, el 75 por 100 en desarrolladores de Salesforce, pero solo el 22,5 por 100 en desarrolladores de software como *business intelligence*. En contraste, aunque la inteligencia artificial es

requerida en tres de cada cuatro vacantes para desarrolladores de Salesforce, en promedio se requiere solo una habilidad de inteligencia artificial, mientras que las vacantes de desarrolladores de *business intelligence* doblan la intensidad en la demanda de estas habilidades.

En el caso de los profesionales de redes de información y tecnología, existe una lista más amplia de títulos de puestos de trabajo. El cuadro n.º 2 muestra los cinco títulos con mayor proporción de vacantes requiriendo inteligencia artificial y los cinco títulos con menor proporción, respectivamente. Como se observa en la segunda columna, aun entre el top 5 de títulos, existe una dispersión significativa. Por ejemplo, los ingenieros *firmware* y los ingenieros administradores de Unix muestran la mayor proporción de casos con requerimientos de inteligencia artificial, 60 y 40 por 100. Sin embargo, el porcentaje es de 35,9 por 100 para los ingenieros especialistas en sistemas de integración

CUADRO N.º 1

TÍTULO DE PUESTOS INCLUIDOS EN PROFESIONALES DE INFORMACIÓN Y TECNOLOGÍA, 2020-2023

TÍTULO DEL PUESTO DE TRABAJO, 2020-2023	VACANTES CON IA (%)	HABILIDADES IA	HABILIDADES TOTALES	HABILIDADES ESPECIALIZADAS	VACANTES
Todos					
Desarrollador de <i>software</i> Salesforce CRM	75,00	1	16	13	40
Desarrollador de <i>software</i> Tableau	66,67	2	15	12	6
Desarrollador de <i>software</i> <i>business intelligence</i>	22,58	2	18	14	62
Desarrollador de <i>software</i> Oracle	0,00	0	25	17	2

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 2

TÍTULO DE PUESTOS INCLUIDOS EN PROFESIONALES DE REDES DE INFORMACIÓN Y TECNOLOGÍA, 2020-2023

TÍTULO DEL PUESTO DE TRABAJO, 2020-2023	VACANTES CON IA (%)	HABILIDADES IA	HABILIDADES TOTALES	HABILIDADES ESPECIALIZADAS	VACANTES
Los cinco más altos					
Ingeniero <i>firmware</i> o de soporte lógico inalterable	60,00	2	24	21	20
Ingeniero administrador de Unix	44,91	1	15	13	4.574
Ingeniero especialista en sistemas de integración	35,85	2	21	17	106
Arquitecto de servicios de la nube	32,50	2	22	19	40
Ingeniero en automatización	29,72	1	13	11	6.588
Los cinco más bajos					
Analista especializado en redes	5,49	1	11	8	4.479
Administrador de sistemas	5,05	1	10	6	11.423
Administrador de informática	3,55	1	10	5	7.633
Administrador <i>middleware</i>	2,83	1	9	3	318
Administrador de redes	2,48	1	8	4	2.419

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 3

TÍTULO DE PUESTOS INCLUIDOS EN DISEÑADORES DE PÁGINAS WEB, 2020-2023

TÍTULO DEL PUESTO DE TRABAJO, 2020-2023	VACANTES CON IA (%)	HABILIDADES IA	HABILIDADES TOTALES	HABILIDADES ESPECIALIZADAS	VACANTES
Los cinco más altos					
Desarrollador de <i>software</i> de interfaz de usuario (UI)	51,14	2	11	9	176
Desarrollador de <i>software</i> de interfaz y experiencia de usuario (UI/UX)	45,74	1	13	11	3.052
Diseñador de páginas web de comercio en línea	38,18	1	12	10	55
Diseñador de páginas web	36,62	1	15	12	1.939
Diseñador de voz	30,59	1	13	10	85
Los cinco más bajos					
Gerente de <i>software</i> de interfaz y experiencia de usuario (UI/UX)	11,50	1	11	8	513
Investigador de experiencia de usuario (UX)	8,90	1	12	8	2.124
Diseñador de interfaz de usuario (UI)	8,00	1	14	12	125
Productor de contenido digital	5,50	1	16	12	327
Editor de contenido digital	0,00		8	5	8

Fuente: Elaboración propia.

y de 32,5 por 100 para los arquitectos especialistas en servicios de la nube y solo el 30 por 100 para los ingenieros en automatización. Entre los títulos con menor demanda por inteligencia artificial se encuentran los administradores de redes, administradores de *middleware*, de informática, sistemas y los analistas especializados en redes. Cabe destacar que esta ocupación requiere un número de habilidades totales significativamente más alto que las ocupaciones en los cuadros restantes.

El cuadro n.º 3 muestra el caso de los diseñadores de páginas web, que también representan un universo amplio de títulos de puestos. Los cinco títulos con más alta proporción de demanda por inteligencia artificial son los desarrolladores de *software* de interfaz de usuario e interfaz y experiencia de usuario, con 51,1 por 100 y 45,7 por 100 de

las vacantes. Por su parte, las vacantes para diseñadores de páginas web y páginas web para comercio en línea en el 36,6 por 100 y el 38,2 por 100 de los casos requieren de inteligencia artificial. Los productores y editores de contenido digital son los puestos de trabajo que con menor frecuencia requieren dichas habilidades.

Finalmente, el cuadro n.º 4 muestra la variedad de títulos de puestos de trabajo entre los programadores y desarrolladores de *software*. En este grupo se encuentran incluidos los puestos donde más frecuentemente se demandan habilidades de inteligencia artificial y también con mayor intensidad. Es decir, el 99,7 por 100 de las vacantes para ingenieros en visión por computadora requieren inteligencia artificial y en promedio listan cinco de estas habilidades. El 98,8 por 100 de las vacantes

CUADRO N.º 4

TÍTULO DE PUESTOS INCLUIDOS EN PROGRAMADORES Y DESARROLLADORES DE SOFTWARE, 2020-2023

TÍTULO DEL PUESTO DE TRABAJO, 2020-2023	VACANTES CON IA (%)	HABILIDADES IA	HABILIDADES TOTALES	HABILIDADES ESPECIALIZADAS	VACANTES
Los cinco más altos					
Ingeniero en visión por computadora	99,72	5	13	11	353
Desarrollador de <i>software</i> Python	98,83	2	13	12	7347
Desarrollador de <i>software</i> Golang	98,36	2	10	9	912
Desarrollador de <i>software</i> JavaScript	96,57	1	13	12	8.870
Ingeniero de <i>software</i> de robots	90,83	4	16	14	109
Los cinco más bajos					
Técnico analista de soporte al cliente	5,02	1	14	9	3.269
Diseñador de videojuegos	4,26	1	8	5	329
Especialista de soporte de sistemas	3,45	1	10	7	29
Técnico de reparación de computadoras	1,33	1	9	5	75
Arquitecto de la interfaz de usuario	0,00	0	3	2	16

Fuente: Elaboración propia.

de desarrollador de Python requiere inteligencia artificial y en promedio listan dos de estas habilidades. Los desarrolladores de JavaScript listan al menos una habilidad de inteligencia artificial y son el 96,6 por 100 de los casos. Las vacantes para ingenieros de *software* para robots en promedio demandan cuatro habilidades de inteligencia artificial y son el 91 por 100 de los casos. La ocupación de programadores y desarrolladores de *software* no aparece en el top en el gráfico n.º 2, principalmente porque el grupo de títulos donde se concentra la demanda por inteligencia artificial es estrecho. Dentro de esta ocupación hay un grupo amplio de títulos de puestos donde la proporción de vacantes requiriendo inteligencia artificial es baja, por ejemplo, entre los técnicos analistas de soporte, los especialistas de soporte y sistemas, los técnicos reparadores de computadoras, entre otros.

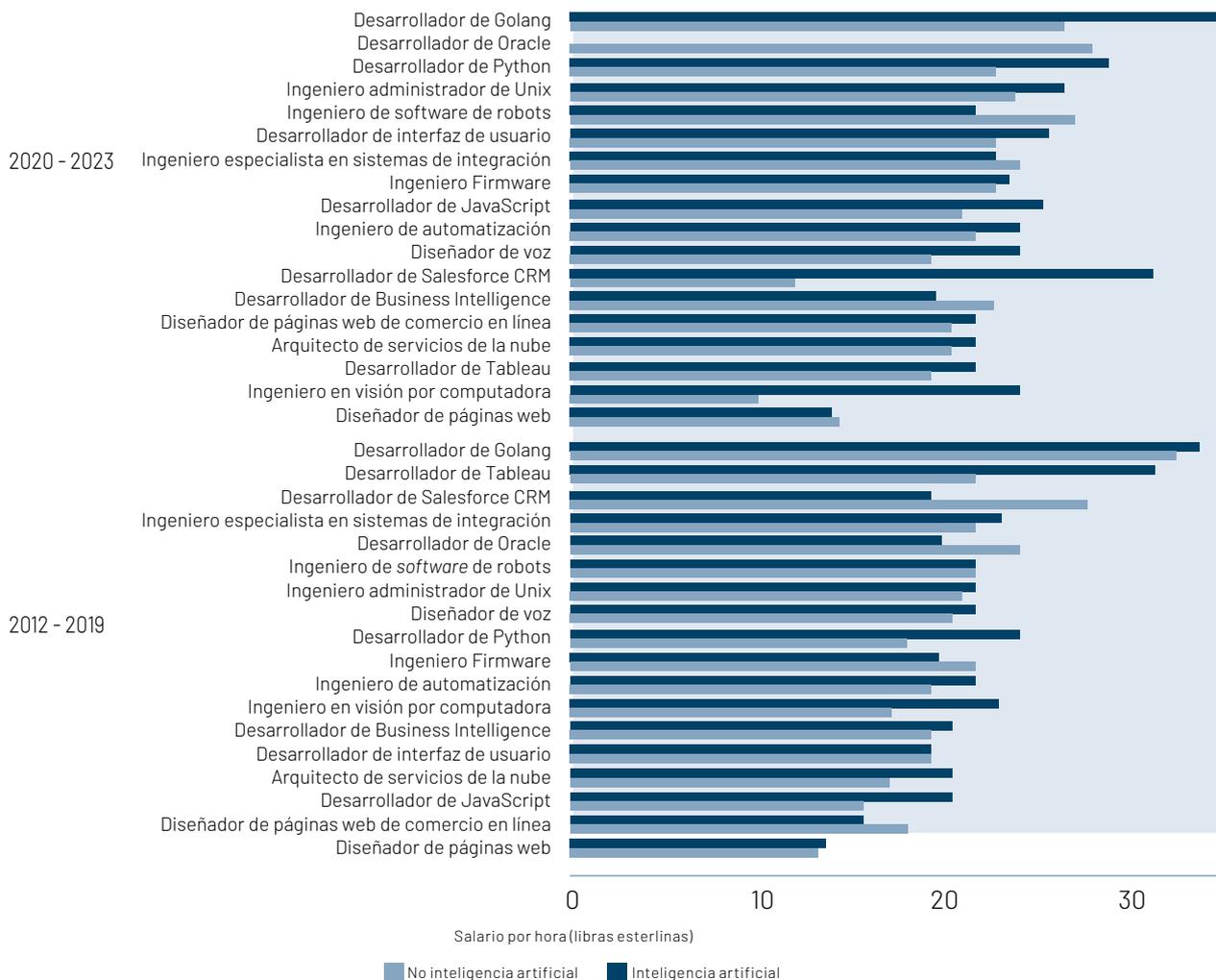
3. Ocupaciones con prima de salario

Considerando la teoría económica sobre la prima de salario en tareas cognitivas y abstractas, que recientemente se ha extendido a habilidades digitales (García-Lázaro *et al.*, 2025), se hace un ejercicio para el caso de la inteligencia artificial. El gráfico 3 muestra los títulos de puestos etiquetados como top 5 en los cuadros n.º 1-4, excepto en los casos que el número de vacantes es muy pequeño. Se compara el salario por hora comunicado promedio anunciado en las vacantes, diferenciando aquellas que listan habilidades de inteligencia artificial con las que no. Se despliegan las barras por períodos, antes y después de la pandemia: 2012-2019 y 2020-2023.

El gráfico n.º 3 muestra la prima de salario cuando las vacantes listan habilidades de inteligencia

GRÁFICO 3

SALARIO POR HORA POR TÍTULO DE PUESTO Y DEMANDA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Fuente: Elaboración propia.

artificial, con contadas excepciones. Un caso destacado es de las vacantes para el desarrollador de Golang, donde la prima después de la pandemia se movió de 1 a 10 libras por hora. En el caso de las vacantes para desarrolladores de Python, la prima se ha mantenido en ambos períodos en 6 libras por hora. Otro ejemplo significativo es el de los ingenieros en visión por computadora, la prima de salario se movió de 5 libras por hora antes de la pandemia a 14 libras pospandemia.

También existe el caso de los desarrolladores de Salesforce CRM para los cuales antes de la pan-

demia el salario anunciado era más alto en puestos que no requerían inteligencia artificial, 8 libras por hora, probablemente se valoraban mejor en el mercado otras habilidades especializadas. Sin embargo, después de la pandemia el giro fue de 180 grados, de manera que la prima en vacantes requiriendo inteligencia artificial es 19 libras por hora.

4. Mercados laborales locales

Se define como un mercado laboral local al espacio que vincula dos atributos: la ubicación geográfica y la ocupación o puesto de trabajo requeridos en ese

mercado. Como indicador geográfico se utilizaron las 228 áreas de desplazamiento al trabajo (TTWA), las cuales se consideran una métrica más adecuada para el estudio que las divisiones administrativas que no reflejan el flujo de la actividad económica (1). Respecto a la ocupación correspondiente, aunque inicialmente se utilizó la *Clasificación Estandarizada de Ocupaciones (SOC)* del 2020, que clasifica los puestos de trabajo en 409 ocupaciones distintas. La sección previa ha mostrado significativa variabilidad en la demanda por habilidades de inteligencia artificial dentro de la misma ocupación. Por tanto, se ha preferido utilizar el título del puesto de trabajo. La base de datos cuenta con hasta 1.800 títulos de puestos de trabajo, de los cuales 545 caen en ocupaciones profesionales. Dado que la demanda por inteligencia artificial se concentra entre las ocupaciones profesionales, se decidió concentrarse en este segmento.

Por tanto, con los atributos de ubicación geográfica y títulos de puesto se formaron un total de 83.655 mercados laborales (226 TTWA x 545 títulos de puesto). No todos los mercados están activos en cada momento del tiempo, por tanto, tenemos un número menor a la simple multiplicación de ambos atributos. Las áreas geográficas con mayor número de mercados activos son aquellas ciudades más grandes como Londres, Manchester, Birmingham, Leeds y la ciudad de Bristol, donde la demanda por un rango de ocupaciones es mayor.

III. ESTRATEGIA DE ESTIMACIÓN

En esta sección se propone una aproximación para estimar el efecto de la demanda de habilidades en inteligencia artificial sobre el salario. Se espera determinar si existe evidencia que demuestre la existencia de la prima salarial ante la presencia de vacantes con dichas habilidades. Se ha preferido utilizar un esquema de mercados locales, donde en una misma zona geográfica coexisten varios mercados con vacantes por diferentes puestos de trabajo.

Para este análisis se propone la siguiente especificación:

$$\ln w_{k,l,t} = \gamma_1 IA_{m,t}^{per} + \gamma_x IA_{m,t}^{int} + X_{m,t} + \mu_k + \mu_l + \mu_t + \varepsilon_{m,t} \quad [1],$$

Donde $\ln w_{k,l,t}$ indica el logaritmo natural del salario real por hora a precios base del 2015, en el mercado $m=l \times k$ que está conformado por la ubicación geográfica l y el título de puesto k en el año t . Se tienen dos variables de interés: $IA_{m,t}^{per}$ que indica la fracción de vacantes requiriendo al menos una habilidad de inteligencia artificial en el mercado m en el año t , y $IA_{m,t}^{int}$ que indica el promedio del número de habilidades de inteligencia artificial entre las vacantes que la requieren, como un *proxy* de la intensidad. En la estimación se agregan también algunas variables de control que indican características de las vacantes $X_{(m,t)}$. Dado que son variables a nivel de mercados locales, se incluye, por ejemplo, la fracción de vacantes en dicho mercado que ofrecen trabajo híbrido, tiempo completo, aquellas que son prácticas profesionales o pasantías. También se incluye información sobre el promedio de duración en días de las vacantes en dicho mercado. Además, se ha controlado por el número de habilidades totales requeridas en la vacante. Finalmente, se incluyen efectos fijos de ubicación geográfica, título de puestos de trabajo y puesto.

IV. RESULTADOS

El cuadro n.º 5 muestra los resultados de nuestras estimaciones para todo el período de estudio. Las columnas 1-4 en ese orden incluyen efectos fijos por año, año y ubicación geográfica, año y puesto de trabajo, y año, ubicación geográfica y título de puestos de trabajo. La razón de vacantes con inteligencia artificial es positiva y significativa en las cuatro columnas, cuando se controlan por título de puesto, ubicación geográfica (intra-mercado) y año. El cuadro n.º 5 sugiere una prima salarial del 3,7 por 100, en lo que llamaríamos un margen extensivo. Es decir, por la presencia de al menos una habilidad de inteligencia artificial en las vacantes. La segunda variable de interés indica que, por cada habilidad de inteligencia artificial adicional listada, existe un impacto positivo de 1,1 por 100 adicionales en el salario.

El efecto marginal de otras habilidades listadas es de 0,4 por 100 como se indica en la columna 4, lo cual sugiere el valor de mercado que tiene la inteligencia artificial comparativamente. Sin sor-

CUADRO N.º 5

ESTIMACIONES DE LA PRIMA SALARIAL, 2012–2023

SALARIO REAL POR HORA	(1)	(2)	(3)	(4)
Razón de vacantes con IA	0,083*** (0,005)	0,104*** (0,004)	0,028*** (0,005)	0,037*** (0,004)
Número de habilidades con IA	0,041*** (0,002)	0,030*** (0,002)	0,016*** (0,001)	0,011*** (0,001)
Número de otras habilidades	0,006*** (0,000)	0,005*** (0,000)	0,004*** (0,000)	0,004*** (0,000)
Trabajo híbrido	0,054*** (0,006)	0,046*** (0,006)	0,029*** (0,005)	0,023*** (0,005)
Tiempo completo	0,138*** (0,003)	0,131*** (0,003)	0,080*** (0,002)	0,077*** (0,002)
Prácticas profesionales	-0,424*** (0,020)	-0,435*** (0,019)	-0,356*** (0,019)	-0,359*** (0,019)
Aprendiz o pasantía	-0,730*** (0,016)	-0,720*** (0,016)	-0,551*** (0,016)	-0,551*** (0,016)
Duración del anuncio	0,001*** (0,000)	0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)
Constante	2,598*** (0,004)	2,634*** (0,004)	2,689*** (0,003)	2,718*** (0,003)
Observaciones	533.857	533.857	533.851	533.851
R-cuadrado	0,052	0,080	0,371	0,386
Efectos fijos (EF) por año	√			
EF por año x TTWA		√		
EF por año x título de puesto			√	
EF por año x TTWA X título del puesto				√

Nota: Errores estándar agrupados por mercado; *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Fuente: Elaboración propia.

presa, los puestos de trabajo de tiempo completo ofrecen un 7,7 por 100 de salario mayor, controlando por los tres efectos fijos. Las oportunidades del trabajo híbrido en promedio incrementan el salario en 2,3 por 100, aunque este estimado se toma con reserva por dos razones. Primero porque existe evidencia reciente sobre el efecto de supresión de salarios con el trabajo remoto a nivel macroeconómico (Sahin, 2024), pero se requiere más investigación con datos microeconómicos, lo que queda para un ejercicio futuro. El efecto de vacantes para prácticas profesionales o pasantías tiene un efecto negativo en el salario del mercado local.

Dado que la inteligencia artificial ha ido tomando fuerza en una primera etapa desde 2015, pero con mucho mayor impulso después de la pandemia y la aparición del ChatGPT, se eligió re-estimar los resultados de la tabla anterior, pero dividiendo la muestra, antes y después de la pandemia. El cuadro n.º 6 muestra las estimaciones para el período pre-pandemia, aunque se observan efectos positivos y significativos de la razón de vacantes con inteligencia artificial en estimaciones dentro de cada año y ubicación geográfica. Sin embargo, cuando se controla por título de puestos de trabajo, esos efectos se diluyen. En contraste, el cuadro n.º 7

CUADRO N.º 6

ESTIMACIONES DE LA PRIMA SALARIAL, 2012-2019

SALARIO REAL POR HORA	(1)	(2)	(3)	(4)
Razón de vacantes con IA	0,027*** (0,006)	0,055*** (0,005)	-0,004 (0,006)	0,007 (0,006)
Número de habilidades con IA	0,050*** (0,002)	0,039*** (0,002)	0,018*** (0,002)	0,013*** (0,002)
Constante	2,578*** (0,006)	2,611*** (0,006)	2,718*** (0,005)	2,747*** (0,005)
Observaciones	333.327	333.327	333.320	333.320
R-cuadrado	0,042	0,072	0,344	0,361
Variables control	√	√	√	√
Efectos fijos (EF) por año	√			
EF por año x TTWA		√		
EF por año x título de puesto			√	
EF por año x TTWA X título del puesto				√

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 7

ESTIMACIONES DE LA PRIMA SALARIAL, 2020-2023

SALARIO REAL POR HORA	(1)	(2)	(3)	(4)
Razón de vacantes con IA	0.170*** (0.006)	0.181*** (0.006)	0.082*** (0.007)	0.086*** (0.007)
Núm. de habilidades con IA	0.030*** (0.002)	0.019*** (0.002)	0.015*** (0.002)	0.009*** (0.002)
Constante	2.619*** (0,005)	2.658*** (0,005)	2.658*** (0,004)	2.686*** (0,004)
Observaciones	200.530	200.530	200.524	200.524
R-cuadrado	0,063	0,090	0,434	0,449
Variables control	√	√	√	√
Efectos fijos (EF) por año	√			
EF por año x TTWA		√		
EF por año x título de puesto			√	
EF por año x TTWA X título del puesto				√

Fuente: Elaboración propia.

muestra que existe una prima salarial, aun controlando por títulos de puestos de trabajo, ubicación geográfica y período, en el período de 2020 a 2023. La prima salarial se estima en 8,6 por 100. Por otro lado, la prima salarial adicional debido al número promedio de habilidades de inteligencia artificial requeridas en el mercado es positiva y significativa en ambos períodos, 1,3 por 100 y 0,9 por 100, ligeramente mayor en el período previo a la pandemia.

V. CONCLUSIONES

En el artículo se estudia el impacto de la demanda de habilidades de inteligencia artificial en la prima salarial en el Reino Unido. Se han utilizado datos de vacantes anunciadas en línea del período 2012 a 2023. Los resultados de este estudio confirman que la demanda de habilidades en inteligencia artificial está asociada a una prima salarial significativa en el Reino Unido, particularmente en el período reciente, donde la adopción de estas tecnologías ha cobrado mayor relevancia. Esta prima se concentra en sectores intensivos en conocimiento y en ocupaciones profesionales, lo que sugiere que la IA está reforzando tendencias previas de sesgo tecnológico hacia habilidades cognitivas y abstractas.

Este es un trabajo en progreso, por lo que se espera en el futuro incluir variables sobre las condiciones laborales de los mercados locales, controlar por el tamaño de las localidades, es decir, si son ciudades o localidades pequeñas. También se espera profundizar sobre el impacto del trabajo remoto en la negociación salarial. Finalmente, y no menos importante, este trabajo es parte de un estudio que tiene como objetivo cuantificar el impacto de la concentración del mercado de trabajo. De esta manera, se profundiza en el impacto que eso tiene para reducir el efecto salarial neto. En términos metodológicos, también es necesario atender la potencial endogeneidad de entre el salario y la demanda de habilidades de inteligencia artificial. También incluimos un análisis para controlar por características locales como el nivel educativo y el nivel tecnológico de cada localización. Esto permite una comprensión más matizada del impacto distributivo de la IA en los mercados laborales.

Desde una perspectiva de política pública, estos hallazgos subrayan la necesidad de invertir en formación y reconversión laboral orientadas a competencias digitales avanzadas. Dado que la prima salarial no es uniforme en el tiempo ni en el espacio, los responsables de política deben considerar intervenciones focalizadas a nivel local, particularmente en regiones donde la adopción tecnológica es aún incipiente. Además, el fortalecimiento de alianzas entre el sistema educativo, las empresas y los diferentes niveles de gobierno podría facilitar una mayor equidad en el acceso a las oportunidades emergentes.

NOTAS

- (*) Este documento es parte de un artículo-proyecto académico más amplio en proceso: **García-Lazaro y Larkin (2025)**. Are your skills more valued elsewhere? A technological change approach.
- (1) Se utiliza el último mapeo disponible de las áreas de desplazamiento al trabajo (TTWA) construida con base en información del Censo de Población del año 2011.

BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, D. (2002)**. Technical change, inequality and the labour market. *Journal of Economic Literature*, 40(1), 7-72.
- Acemoglu, D. y Restrepo, P. (2019)**. Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Literature*, 40(1), 7-72.
- Autor, D., H., Katz, L. y Krueger, A. (1998)**. Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market? *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1169-1213. <https://doi.org/10.1162/003355398555874>
- Autor, D. y HANDEL, M. J. (2013)**. Putting Tasks to the Test: Human Capital, Job Tasks, and Wages. *Journal of Labor Economics*, 31(S1), S59-S96.
- Brynjolfsson, E., Li, D. y Raymond, L. R. (2025)**. Generative AI at Work. *The Quarterly Journal of Economics*, 140(2), 889-942.

- Deming, D. y Kahn, L. B. (2018).** Skill Requirements Across Firms and Labor Markets: Evidence from Job Postings for Professionals. *Journal of Labor Economics*, 36(S1), S337-S369.
- Felten, E., Raj, M. y Seamans, R. (2021).** Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence: A novel dataset and its potential uses. *Strategic Management Journal*, 42(12), 2195-2217.
- García-Lazaro, A. y Larkin, C. (2025).** Are your skills more valued elsewhere? A study of market concentration and technological change. *Working Paper*, 1-20.
- García-Lazaro, A., Mendez-Astudillo, J., Lattanzio, S., Larkin, C. y Newnes, L. (2025).** The digital skill premium: evidence from job vacancy data. *Economics Letters*, 250, 112294. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165176525001314>.
- Graetz, G. y Michaels, G. (2014).** Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753-768.
- Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., Parli, V., Reuel, A., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Ligett, K., Lyons, T., Manyika, J., Niebles, J. C., Shoham, Y., Wald, R. y Clark, J. (2024).** *Artificial intelligence index report 2024*. <https://arxiv.org/abs/2405.19522>.
- Michaels, G., Natraj, A., Van Reenen, J. (2014).** Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. *The Review of Economics and Statistics*, 96(1), 60-77.
- Sahin, A. (2024).** *The puzzling post-pandemic labour market dynamics*. Slides, 55th Annual Conference of the Money, Macro and Finance Society.
- Webb, M. (2019).** The impact of artificial intelligence on the labor market. (November 6, 2019). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3482150> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3482150>

COLABORADORES

BALLESTAR DE LAS HERAS, María Teresa. Nacida en Zaragoza, España, es profesora titular en la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. Es diplomada en Estadística por la Universidad de Zaragoza, licenciada en Marketing e Investigación de Mercados, máster en Sociedad de la Información y el Conocimiento por la Universitat Oberta de Catalunya (Barcelona) y doctora en Economía Aplicada por la Universidad Rey Juan Carlos (Madrid). Cuenta con más de veinticinco años de experiencia profesional en sectores como la consultoría informática, la banca, la industria farmacéutica y las start-ups, donde ha liderado equipos globales y multidisciplinares en proyectos de análisis de datos, digitalización e innovación. Actualmente es responsable del equipo de Consultores Analíticos en una empresa tecnológica global y forma parte del comité editorial (como editora jefe de Sección) de revistas científicas, promoviendo la integración de la ciencia en la sociedad. Su investigación se centra en tender puentes entre la academia y la empresa mediante la aplicación de la ciencia de datos, el big data y la inteligencia artificial a temas como el comportamiento del consumidor en el comercio electrónico, el impacto de las políticas públicas en la productividad y la transformación digital de las empresas. Ha publicado más de veinte artículos en revistas científicas de referencia y ha sido investigadora invitada en la Universidad de Bath (Reino Unido) y en el Centro Finlandés de Inteligencia Artificial de la Universidad de Helsinki. Actualmente también es profesora visitante asociada en la Universidad LUT (Finlandia).

COBO, Cristóbal. Es especialista sénior en la Práctica Global de Educación del Banco Mundial, enfocado en el uso efectivo de nuevas tecnologías educativas en países de ingresos medios y bajos. Actualmente cubre la región de Europa y Asia Central. Previamente fue director fundador del Centro de Investigación de la Fundación Ceibal en Uruguay (2014-2019) e investigador asociado en el Instituto de Internet de Oxford (2010-2014). Ha publicado cuatro libros y cerca de cien artículos académicos. Su publicación más reciente es "The New Digital Education Policy Landscape:

From Education Systems to Platforms" (2023). Es doctor en interacción humano-computadora por la Universidad Autónoma de Barcelona.

CUEVAS-RUIZ, Pilar. Es investigadora asociada en la London School of Economics (LSE) y profesora en la Universidad de Sevilla. Su investigación se centra en el análisis económico de la educación, el género y el desarrollo infantil, con especial atención a las desigualdades sociales. En los últimos años ha trabajado en el diseño de políticas educativas basadas en evidencia y en la evaluación de programas para reducir brechas de rendimiento académico. Ha participado en proyectos de colaboración internacional y ha presentado sus investigaciones en conferencias como la European Economic Association o la Asociación Española de Economía. Su formación incluye un doctorado en economía aplicada y estancias de investigación en instituciones de prestigio. Es autora de publicaciones sobre género, sesgos implícitos y transmisión intergeneracional de desigualdades. Entre sus líneas actuales de investigación destaca el análisis del impacto del sesgo de género parental sobre los resultados educativos, a través de datos del Gender Implicit Association Test. Asimismo, trabaja en el desarrollo de intervenciones digitales para mejorar las habilidades lectoras de los estudiantes con dificultades específicas de aprendizaje. Combina su perfil investigador con la docencia en economía aplicada y política educativa.

FLYNN, Daniel J. Es "associate professor" en la School of Politics, Economics, and Global Affairs y Faculty Affiliate en el Global Policy Center de IE University en Madrid. Anteriormente fue becario postdoctoral en el Programa de Ciencias Sociales Cuantitativas del Dartmouth College. Se doctoró en Ciencias Políticas por la Northwestern University.

GARCÍA LÁZARO, Aída. Es economista e investigadora en el Instituto de Investigación y Política en la Universidad de

Bath en el Reino Unido y del Departamento de Economía. Es parte del recién creado Brunel Centre, una colaboración entre la Universidad de Bath y la Universidad del Sureste de Inglaterra. Aída obtuvo el doctorado en economía por la Universidad de York en el mismo país. Previamente hizo estudios de maestría y licenciatura en economía y la especialidad en estadística aplicada en la Universidad Nacional Autónoma de México. Su investigación se centra en el estudio del mercado laboral, el cambio tecnológico, la inteligencia artificial (IA), las habilidades digitales, la innovación, los activos intangibles y la productividad regional. Aída es una investigadora con experiencia trabajando con modelos econométricos, aplicaciones de aprendizaje automático (*machine learning*), y modelos de equilibrio general dinámico estocástico. Ha publicado cinco artículos académicos, todos en revistas altamente calificadas (Q1). Cuenta con tres reportes de política, dos reportes breves y un capítulo en libro. Su investigación recientemente fue mencionada en el periódico *Financial Times* y *Financial Times Adviser*, así como en revistas especializadas de *I Paper* y *Corporate Adviser*. Formó parte del centro *Made Smarter Innovation: Centre for People-led Digitalisation* en la Universidad de Bath desde 2021 hasta enero de 2025. Tiene amplia experiencia trabajando en equipos multidisciplinarios y comunicando resultados de investigación a audiencias no académicas, conversando con tomadores de decisiones en el gobierno regional y nacional del Reino Unido, así como líderes de la industria. Ha sido consultora en proyectos financiados por el gobierno de México, las Naciones Unidas y el Banco Mundial, colaborando en temas de inclusión financiera, educación financiera y pronósticos macroeconómicos agregados.

GUAN, Jing. Es profesora titular en Economía en la School of Sport, Exercise and Health Sciences de Loughborough University, Reino Unido. Anteriormente fue profesora asociada y profesora asistente en la School of Economics de Beijing Technology and Business University (BTBU), China. Es doctora en Economía por la University of International Business and Economics (UIBE), Pekín, y tiene una amplia experiencia investigadora en economía del deporte, políticas de seguros y salud pública. Sus trabajos han sido publicados en revistas internacionales como *Health Economics*, *Applied Economics* y *Journal of Sports Economics*. Ha liderado y colaborado en múltiples proyectos de investigación financiados, tanto como investigadora principal como coinvestigadora.

HIDALGO CABRILLANA, Ana. Es profesora titular de la Universidad Autónoma de Madrid. Además, ha

desempeñado cargos docentes en la UAB, la UC3M y la University College of London. Ha llevado a cabo diversas estancias de investigación: en 2003 en la Université des Sciences Sociales de Toulouse, en 2008 en la Universidad de Columbia, en 2011 en el Banco de la Reserva Federal de Minneapolis, en 2018 en la University College of London y en 2025 en la Universidad de Princeton. Su investigación se ha publicado en revistas como *Journal of Development Economics*, *International Economic Review*, *Economics of Education Review* o en *SERIEs*, entre otras.

KOMP-LEUKKUNEN, Kathrin. Es catedrática (*full-professor*) de sostenibilidad social y políticas de bienestar en la Universidad LUT (Finlandia). Su labor investigadora se centra en el trabajo y la jubilación, el envejecimiento de la población, los cursos de vida, la digitalización, los Estados del bienestar y las metodologías de investigación. Actualmente, preside la Red de Investigación en Métodos Cuantitativos. Anteriormente fue becaria Marie Curie, tesorera de la Asociación Europea de Sociología y presidenta de la Red de Investigación sobre Envejecimiento en Europa. Ha desempeñado funciones como experta para diversas instituciones, entre ellas la Comisión Europea, las Naciones Unidas, el Consejo de Europa, el Banco de Finlandia, el Parlamento finlandés y los gobiernos de Finlandia y Rumanía. Cuenta con más de cien publicaciones científicas. Entre sus trabajos más recientes destacan los artículos "How ChatGPT shapes the future labour market situation of software engineers: A Finnish Delphi study" (*Futures*, 2024) y "Gender-differences in retirement from entrepreneurship: the influence of pension policies across Europe" (*International Journal of Gender and Entrepreneurship*, 2024).

LASTRA-ANADÓN, Carlos X. Es "assistant professor" en la School of Politics, Economics, and Global Affairs y director de investigación del Center for the Governance of Change de IE University en Madrid. Anteriormente fue becario posdoctoral del Europe Center de Freeman Spogli Institute en Stanford University. Se doctoró en Harvard University.

LEPE, Ignacio. Magíster y licenciado en Economía por la Universidad de Chile. Actualmente se desempeña como científico de datos en ConsiliumBots e investigador asociado en J-PAL. Sus intereses de investigación se centran en la economía del trabajo, la economía de la educación y el diseño empírico de mercados. Estudia los factores que influyen en los resultados laborales y educativos, así como sus implicancias para el diseño e implementación de políticas públicas.

LIANG, Yuke. Es estudiante de posgrado en la School of Economics de la Beijing Technology and Business University, China. Su interés de investigación se centra en la economía de la salud.

LÓPEZ-AGUDO, Luis Alejandro. Profesor titular en el departamento de Economía Aplicada (Estadística y Econometría) de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Málaga. Su área de investigación es la Economía de la Educación, encargada del estudio del sistema educativo mediante el uso de herramientas estadísticas y econométricas, y centrada en los temas de la igualdad de género, social y la resiliencia. Además, también ha explorado el área del conocimiento de la salud, tanto física como mental. Entre los logros más destacables de su carrera investigadora se encuentran 53 artículos publicados en *Journal Citation Reports* y dos artículos en *Scopus*.

MACHÍN ARAGONÉS, Francisco Luis. Es Chief Data & Analytics Officer y miembro del Comité de Dirección de IE University. Está firmemente comprometido con la innovación y la digitalización como motores clave del liderazgo empresarial del futuro. Posee más de 12 años de experiencia en consultoría estratégica, habiendo desarrollado su carrera en destacadas firmas como Accenture Strategy. Su trayectoria se sitúa en la intersección entre la estrategia corporativa y la tecnología, liderando importantes proyectos de transformación digital en sectores como telecomunicaciones, energía, banca y educación, impulsando el uso estratégico de los datos y la inteligencia artificial. Obtuvo un máster en Gestión y Consultoría por INSEAD, un MBA por IE Business School, y es ingeniero de telecomunicación formado en Francia y España.

MARCENARO-GUTIERREZ, Oscar D. Catedrático de Universidad en el Departamento de Economía Aplicada (Estadística y Econometría). Doctor en Economía, habiendo completado parte de sus estudios de doctorado en la Universidad de Newcastle. A su experiencia profesional hay que sumar la adquirida durante los tres años que trabajó como *Research Officer* en el Centre for Economics of Education de la London School of Economics. La Economía de la Educación es su principal línea de investigación, con particular énfasis en el análisis de las funciones de producción educativa, indicadores de género, eficiencia, equidad y bienestar.

MENDEZ, Ildelfonso. Su área de especialización es la microeconomía, en concreto, la evaluación de políticas

públicas. Este interés se consolida durante la realización del máster en Economía de la Universitat Pompeu Fabra y, muy especialmente, durante la realización de la tesis doctoral en el Centro de Estudios Monetarios y Financieros (CEMFI). Ha realizado evaluaciones de impacto para organismos tanto internacionales, como la OCDE, la IEA o la Fundación Junior Achievement, como nacionales, como el Instituto Nacional de Evaluación Educativa, la Dirección General de Tráfico, la Asociación Española de la Banca, el Consejo Económico y Social o la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía. Ha sido investigador principal en cinco proyectos de investigación financiados, entre otros, por la Fundación Ramón Areces y el Ministerio de Economía y Competitividad, tanto de "Excelencia" como "Retos de la Sociedad". Los proyectos nacionales de los que he sido investigador principal único suman un total de once años y tres meses de duración. Algunos de estos proyectos ya han dado sus frutos en forma de publicaciones científicas en revistas como *Journal of Human Capital*, *Journal of Population Economics*, *Journal of Health Economics*, *Journal of the Spanish Economic Association* o *Economics of Education Review*, entre otras.

MOLINA, Ezequiel. Es economista sénior en la Práctica Global de Educación para América Latina en el Banco Mundial. Sus investigaciones han sido publicadas en revistas académicas como *Journal of Economic Perspectives* y *Teaching and Teacher Education*, centrándose en la efectividad docente y la prestación de servicios educativos en países de ingresos bajos y medios. Ha creado y liderado los programas Teach y Coach del Banco Mundial, iniciativas globales para mejorar la calidad docente y el desarrollo profesional. Recientemente ha publicado informes influyentes sobre el impacto de la IA en educación (2024, 2025) y la transformación educativa mediante tecnología en Uruguay (2024). En su rol dentro del Banco Mundial, promueve la integración de inteligencia artificial en el sector educativo. Es doctor en Economía Política por Princeton University y licenciado y máster en Economía por la Universidad Nacional de La Plata.

NEILSON, Christopher A. Doctor en Economía por la Universidad de Yale; Licenciado y Magíster en Economía por la Universidad de Chile. Actualmente es profesor de Economía y Asuntos Globales en la Universidad de Yale, e investigador del National Bureau of Economic Research (NBER). Sus líneas de investigación se centran en los mercados educativos, las políticas de elección escolar y el uso de tecnologías digitales para mejorar los resultados educativos en sistemas públicos y privados.

Ha asesorado a gobiernos en América Latina, Estados Unidos y Europa en el diseño e implementación de mecanismos centralizados de admisión y plataformas digitales de postulación escolar. Ha publicado en revistas como *American Economic Review*, *Quarterly Journal of Economics*, *Journal of Political Economy* y *Journal of Public Economics*.

PUJOL, Francesc. Doctor en Economía Pública por la Universidad de Ginebra. Máster en Gestión y Evaluación de Políticas Públicas por la misma universidad. Licenciado en Economía en las universidades de Friburgo (Suiza) y Barcelona. Profesor adjunto en la Facultad de Económicas de la Universidad de Navarra. Estancias de investigación en las universidades de Harvard, Berkeley y Bonn. Especialista en medición de intangibles, aplicada a campos como la disciplina presupuestaria, cumplimiento fiscal, o valoración de activos deportivos, con publicaciones en *Public Choice*, *Journal of Business Ethics*, *PLoS ONE* o *Journal of Public Economic Theory*. IP en proyecto Ministerio Educación y Ciencia. Director del programa Economics, Leadership & Governance. Codirector del grupo EurekaI de la Universidad de Navarra para la integración de la IA e la docencia. Imparte formación a docentes en este campo desde 2023.

RAMOS, Alejandra. Es graduada en Psicología por la Universidad Pontificia Comillas. Cuenta con un máster en Neuromanagement por la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) y un máster en Metodologías Ágiles por la IEBS Business School. Actualmente, está cursando el doctorado en Economía Aplicada en la URJC, centrando su investigación en el impacto de la cultura organizacional y el cambio en entornos empresariales dinámicos. Alejandra se ha especializado en cultura organizacional, gestión del cambio y transformación de personas dentro de organizaciones, desarrollando su carrera principalmente en empresas tecnológicas. Ha trabajado tanto desde la consultoría de gestión del cambio como desde la dirección interna de departamentos de recursos humanos, diseñando e implementando estrategias centradas en el desarrollo del talento, la evolución cultural y la alineación entre personas y negocio. En la actualidad, ejerce como *People Business Partner Leader* en un ambicioso proyecto conjunto entre LaLiga de Fútbol Profesional y Globant, en el que lidera la estrategia de personas y la construcción de una cultura organizacional sólida y cohesionada tras la fusión de ambas entidades. Alejandra combina una sólida base académica con una perspectiva práctica, estratégica e innovadora en la gestión del cambio, contribuyendo al

éxito de procesos de transformación complejos con una visión centrada en las personas.

RELLO, Luz. Es profesora en el Departamento de Sistemas de Información de IE University y fundadora de la empresa social Change Dyslexia. Su trabajo se centra en aplicar tecnologías emergentes para mejorar la detección y el tratamiento de la dislexia. Fue la primera española en recibir el *European Young Researchers' Award* y ha sido reconocida con premios como *Ashoka Fellow*, *MIT Innovators under 35*, *Premio Princesa de Girona*, *Women Techmakers* de Google y *Forbes 30 Under 30*. Es doctora en Informática, licenciada en Lingüística y máster en Procesamiento del Lenguaje Natural. Ha sido investigadora en el Human-Computer Interaction Institute de Carnegie Mellon University (EE. UU.) y consultora para Apple Inc. Su herramienta Dyetective, basada en aprendizaje automático y juegos educativos, ha sido utilizada más de 250.000 veces y ha sido adoptada por los centros públicos de la Comunidad de Madrid. Ha publicado más de 90 artículos y una patente, con un índice h de 21 y unas 1.500 citas según Google Scholar. Sus intereses de investigación incluyen e-Health, interacción persona-ordenador, accesibilidad y tecnología educativa. Además, escribe cuentos infantiles y colabora con organizaciones de accesibilidad digital.

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, Francisco. Catedrático de Economía de la Universidad de Granada y economista sénior de Funcas y del Observatorio de la Digitalización Financiera de Funcas. Ha sido investigador visitante en las universidades de Módena y Bolonia, así como en el Banco Central Europeo y el Banco de la Reserva Federal de Chicago. Ha sido investigador principal en numerosos proyectos nacionales e internacionales del Ministerio de Economía y Ciencia, de la Comisión Europea y de otros organismos internacionales. Consultor del Banco Mundial. Es vicepresidente de la International, Banking, Economics and Finance Association (IBEFA). Ha publicado más de 200 artículos científicos. Es columnista en *Expansión*.

SAINZ GONZÁLEZ, Jorge. Licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad Complutense de Madrid y en Derecho por la UNED. Doctor en Economía (URJC) y MBA (especialización en finanzas y políticas públicas) Simon School, University of Rochester (Estados Unidos). Es catedrático en el Departamento de Economía Aplicada I e Historia e Instituciones Económicas en la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid y *Visiting Fellow* en el Institute for Policy Research, University of Bath. Ha sido profesor e investigador invitado en varias universidades

españolas y extranjeras, habiendo publicado más de cien artículos en revistas científicas, de divulgación y libros. Profesionally ha sido economista jefe de sala del broker de deuda pública Intermoney/CIMD; responsable de análisis *start up* tecnológico Bescos.com y responsable de comercio electrónico en Yahoo! España. En la Administración Pública ha sido asesor del Gabinete de la Consejera de Educación de la Comunidad de Madrid y subdirector general de Investigación de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. En el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte ha sido director del Gabinete del ministro, director general de Política Universitaria y Secretario General de Universidades.

SANZ, Ismael. Es profesor titular de Economía Aplicada en la Universidad Rey Juan Carlos, donde dirige el Grupo de Investigación en Economía de la Educación. Es también *Visiting Senior Fellow* en la LSE y director del Programa de Economía de la Educación de Funcas. Doctor en Economía Aplicada por la Universidad Complutense de Madrid, fue Premio Extraordinario de Tesis Doctoral en 2007. Ha sido director del Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE) y director general de Innovación, Becas y Ayudas de la Comunidad de Madrid. Además, presidió el Strategic Development Group de PISA en la OCDE. Ha realizado estancias en instituciones internacionales como Harvard Kennedy School, ANU, Universidad de Nottingham o el Departamento del Tesoro de Nueva Zelanda. Ha publicado en revistas como *Economic Journal*, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, *Scandinavian Journal of Economics* o *European Journal of Political Economy*. Su investigación se centra en la evaluación de políticas educativas y el análisis cuantitativo del aprendizaje. Ha dirigido evaluaciones de programas como DyctectiveU y colaborado en proyectos con la OCDE y Funcas. Actualmente participa en estudios sobre pensamiento crítico, sesgos de género y desigualdades educativas.

SEVILLA, ALMUDENA. Es catedrática de Política Económica y Social en la London School of Economics (LSE), donde también dirige el Women in Social and Public Policy Research Hub. Ha sido distinguida con el título de *Commander of the Order of the British Empire* (CBE) por sus contribuciones a la economía y al avance de las mujeres. Fundadora y presidenta del UK Women in Economics Network de la Royal Economic Society, ha trabajado previamente en University College London, Queen Mary University, Universidad de Oxford, Universidad de Essex y el Congressional Budget Office en Washington D.C. Obtuvo su doctorado en la Universidad de Brown en 2004,

especializada en economía de la familia y econometría. Su investigación se centra en género, desarrollo infantil y capital humano. Sus artículos han sido publicados en revistas como *American Economic Review*, *Demography* o *Journal of Labor Economics*. Forma parte de los consejos editoriales de *Feminist Economics* y *Review of the Economics of the Household*. Ha recibido financiación competitiva, incluida una ERC Consolidator Grant por más de 2 millones de libras. Ha sido elegida presidenta de la Society of the Economics of the Household. Participa regularmente como ponente en congresos académicos y foros de política. Su trabajo tiene un fuerte componente aplicado y busca incidir en las políticas públicas de igualdad y educación.

TENA HORRILLO, Juan de Dios. Es profesor titular en el Departamento de Economía de la Università degli Studi di Sassari (Italia) y Senior Lecturer en Sports Business and Management en la Universidad de Liverpool (Reino Unido). Es doctor en Economía por la Universidad de Newcastle Upon Tyne y ha ocupado posiciones académicas en instituciones como la Universidad Carlos III de Madrid y la Universidad de Tel Aviv. Su investigación se centra en economía del deporte, economía de la salud y análisis cuantitativo del comportamiento económico, con publicaciones en revistas internacionales como *Leadership Quarterly*, *European Economic Review* y *European Journal of Operational Research*.

PUBLICACIONES DE FUNCAS

Últimos números publicados:

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

N.º 181. Inversión extranjera y multinacionales en España

N.º 182. Retos pendientes del sector público español

N.º 183. Función empresarial y desarrollo regional: hacia una estrategia de calificación del tejido empresarial

PANORAMA SOCIAL

N.º 40. Sociedad y deporte: inclusión, globalización y nuevas tecnologías

N.º 41. Inmigración

CUADERNOS DE INFORMACIÓN ECONÓMICA

N.º 306. Teoría y práctica de una guerra arancelaria

N.º 307. Las políticas económicas y su percepción

SEFO, SPANISH AND INTERNATIONAL ECONOMIC & FINANCIAL OUTLOOK

Vol. 14. N.º 3. Policy risks and fiscal pressures: Economic fragilities in year of global transition

Vol. 14. N.º 4. Europe and Spain in transition: Institutional responses in the face of economic challenges

PAPELES DE ENERGÍA

N.º 26. Instrumentos para la eficiencia energética

N.º 28. Tecnologías de captura de carbono: situación actual y perspectivas

FUNCAS INTELLIGENCE

Julio 2025 Cambios geopolíticos y riesgos al alza

ESTUDIOS DE LA FUNDACIÓN

N.º 104 Situación del mercado inmobiliario y política de vivienda

LIBROS

Manual de regulación bancaria, cuarta edición. Mario Deprés, Rocío Villegas y Juan Ayora

PRECIO DE LAS PUBLICACIONES

Publicación	Suscripción		
	Suscripción anual	Edición papel (euros)	Gastos de envío (euros)
Papeles de Economía Española	4 números	55	España 8
			Europa 40
			Resto mundo 80
Cuadernos de Información Económica	6 números	45	España 12
			Europa 60
			Resto mundo 120
Panorama Social	2 números	25	España 4
			Europa 20
			Resto mundo 40
Spanish Economic and Financial Outlook	6 números	35	España 12
			Europa 60
			Resto mundo 120
Papeles de Energía	4 números	25	España 8
			Europa 40
			Resto mundo 80
Publicaciones no periódicas (Libros, Estudios...) disponibles solamente en formato digital gratuito.			

Los precios incluyen el IVA.

Forma de pago: domiciliación bancaria, transferencia bancaria. Descuento editorial: 10 % a bibliotecas, librerías y agencias.

Todas nuestras publicaciones se pueden descargar, de forma gratuita, en www.funcas.es

<http://www.funcas.es/Publicaciones>

publica@funcas.es

Últimos números publicados

- nº 162 La gestión de la información en banca: de las finanzas del comportamiento a la inteligencia artificial
- nº 163 Transición hacia una economía baja en carbono en España
- nº 164 Crecimiento económico
- nº 165 Ciclos económicos
- nº 166 El capital humano en la economía digital
- nº 167 La empresa española entre la eficiencia y la desigualdad: organización, estrategias y mercados
- nº 168 La calidad de las instituciones y la economía española
- nº 169 La innovación, un desafío inaplazable
- nº 170 Las finanzas tras la pandemia
- nº 171 Infraestructuras terrestres, transporte y movilidad de personas
- nº 172 Evaluación de políticas públicas
- nº 173 La economía española durante la pandemia
- nº 174 El futuro de la energía
- nº 175 La reforma de las reglas fiscales
- nº 176 La economía española ante el reto demográfico
- nº 177 La Europa del futuro
- nº 178 El regreso de los tipos de interés y sus efectos
- nº 179 Retos económicos en alimentación: la sostenibilidad, los precios y la innovación
- nº 180 Desafíos y oportunidades para el futuro de la educación superior
- nº 181 Inversión extranjera y multinacionales en España
- nº 182 Retos pendientes del sector público español
- nº 183 Función empresarial y desarrollo regional: hacia una estrategia de cualificación del tejido empresarial



9 778402 109102