DOCUMENTOS **CES**

Impacto socioeconómico y laboral del cambio tecnológico

CONSEJO ECONÓMICO
Y SOCIAL **ESPAÑA**

COLECCIÓN DOCUMENTOS | NÚMERO 02|2025

DOCUMENTO 02|2025

Impacto socioeconómico y laboral del cambio tecnológico

La economía, el trabajo y la sociedad han cambiado profundamente a golpe de grandes disrupciones tecnológicas que han generado nuevos paradigmas, abriendo el camino a distintas revoluciones industriales. Actualmente estamos inmersos en la cuarta revolución industrial constituida por avances tecnológicos plenamente consolidados como la hiperconectividad, la elevada penetración del Internet de las cosas, la aplicación de sistemas de inteligencia artificial o el análisis avanzado del *big data*.

El gran reto al que se enfrentan las sociedades en relación con la transformación tecnológica es lograr que la misma, principalmente la digitalización, y los desarrollos e innovaciones conexas, como la inteligencia artificial, se orienten hacia el progreso humano, social y medioambiental.

En este tema destacado, el Consejo Económico y Social de España busca identificar las oportunidades y los desafíos que plantea el cambio tecnológico desde una perspectiva socioeconómica y laboral; y lo hace bajo la premisa de que sus efectos e impactos no están predeterminados, sino que dependen de cómo los aborden los diferentes actores involucrados, así como de la implementación de marcos regulatorios y políticas públicas adecuadas.

Tema destacado incluido en la Memoria sobre la situación socioeconómica y laboral de España, 2024

www.ces.es

CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL **ESPAÑA**
DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES
NICES: 886-2025

Colección Documentos
Número 02/2025

Primera edición, septiembre de 2025

La reproducción de este documento está permitida
citando su procedencia.

© Para esta edición: Consejo Económico y Social.
España. 2025

Derechos reservados conforme a la Ley
Consejo Económico y Social
Huertas, 73
28014 Madrid. España
T 91 429 00 18
publicaciones@ces.es
www.ces.es

ISBN 978-84-8188-425-8
D.L.: M-20549-2025

Imprime
Solana e hijos, A.G.

Impacto socioeconómico y laboral del cambio tecnológico

CONSEJO ECONÓMICO
Y SOCIAL **ESPAÑA**

ÍNDICE

IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO 7

1. Cambio tecnológico y cuarta revolución industrial. Marco conceptual 10
2. Economía y cambio tecnológico. Impacto en las grandes variables macro 15
3. Desarrollo de la inteligencia artificial. Análisis comparado 24
4. Situación, retos y oportunidades para el tejido productivo español 28
5. El papel de las políticas económicas ante el reto tecnológico 40

IMPACTOS LABORALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO 49

1. Impactos en el empleo 51
   1.1. Visión general 51
   1.2. Situación y perspectivas en España 62
2. PAE como respuesta a los desafíos del cambio tecnológico 69
3. Cambio tecnológico y relaciones laborales. El papel del diálogo social y la negociación colectiva 78

IMPACTOS SOCIALES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL 99

1. Digitalización humanista e inteligencia artificial 101
   1.1. La necesidad de una IA segura, fiable y centrada en la persona 103
   1.2. Gobernanza algorítmica, transparencia y rendición de cuentas 109
   1.3. Hacia una IA no discriminatoria: una mirada específica a los sesgos de género 115
2. Impactos de la IA en las políticas de bienestar y protección social 117
   2.1. Retos y oportunidades para la educación 117
   2.2. La utilización de la IA y el *big data* en la gestión de la Seguridad Social 127
   2.3. La IA como puente para unos servicios y prestaciones sociales más inclusivos 131
3. La IA como elemento clave de la transición ecológica 136
   3.1. Oportunidades desde el punto de vista de la agenda urbana y rural 137
   3.2. Retos ambientales y posibles soluciones 139

IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

La economía, el trabajo y la sociedad han cambiado profundamente a golpe de grandes disrupciones tecnológicas que han generado nuevos paradigmas, abriendo el camino a distintas revoluciones industriales. Actualmente, estamos inmersos en la cuarta revolución industrial, constituida por avances tecnológicos plenamente consolidados como la hiperconectividad, la elevada penetración del Internet de las cosas, la aplicación de sistemas de inteligencia artificial o el análisis avanzado del *bigdata*.

En los últimos diez años, el CES ha venido reflexionando sobre los impactos económicos, laborales y sociales de dicha cuarta revolución industrial[1]. Sin embargo, la fuerte irrupción de la inteligencia artificial (IA) generativa, que tuvo como hito el lanzamiento de ChatGPT en noviembre de 2022, y su uso en el ámbito de las capacidades creativas hacen conveniente reflexionar nuevamente sobre el potencial del cambio tecnológico como instrumento para generar un patrón de crecimiento que lleve a un desarrollo estable, sostenible e inclusivo a medio plazo.

El gran reto al que se enfrentan las sociedades en relación con la transformación tecnológica es lograr que la misma, principalmente la digitalización, y los desarrollos e innovaciones conexas, como la inteligencia artificial, se orienten hacia el progreso humano, social y medioambiental. Si bien es cierto que los nuevos desarrollos tienen un potencial sin precedentes para propiciar sociedades más justas, más democráticas, más eficientes, más prósperas y respetuosas con el entorno, esa misma potencia podría también derivar en una fuerte concentración del poder de mercado, así como del poder político/geopolítico y económico, cuestionando y deteriorando su capacidad transformadora.

Desde la Unión Europea se apunta[2] que la IA puede generar beneficios económicos, medioambientales y sociales diversos para todos los sectores económicos y actividades sociales, proporcionando ventajas competitivas a las empresas y permitiendo «la obtención de resultados positivos desde el punto de vista social y medioambiental en los ámbitos de la asistencia sanitaria, la agricultura, la seguridad alimentaria, la educación y la formación, los medios de comunicación, el deporte, la cultura, la gestión de infraestructuras, la energía, el transporte y la logística, los servicios públicos, la seguridad, la justicia, la eficiencia de los recursos y la energía, el seguimiento ambiental, la conservación y restauración de la biodiversidad y los ecosistemas, y la mitigación del cambio climático

1 Destacando el Informe 1/2021, *La digitalización de la economía,* de 24 de febrero de 2021, el Informe 3/2018, *El futuro del trabajo,* de 30 de mayo de 2018 o el Informe 3/2017, *La digitalización de la economía,* de 25 de octubre de 2017.

2 Reglamento (UE) 2024/1689, de 13 de junio de 2024. Reglamento de inteligencia artificial.

y la adaptación a él, entre otros» [3]. Sin embargo, también señala que la IA puede «generar riesgos y menoscabar los intereses públicos y los derechos fundamentales (...), menoscabo que puede ser tangible o intangible e incluye los perjuicios físicos, psíquicos, sociales o económicos».

En este tema destacado, el Consejo Económico y Social de España busca identificar las oportunidades y los desafíos que plantea el cambio tecnológico desde una perspectiva socioeconómica y laboral; y lo hace bajo la premisa de que sus efectos e impactos no están predeterminados, sino que dependen de cómo los aborden los diferentes actores involucrados, así como de la implementación de marcos regulatorios y políticas públicas adecuadas.

1. Cambio tecnológico y cuarta revolución industrial. Marco conceptual

El concepto de cambio tecnológico hace referencia al conjunto de avances, transformaciones y disrupciones impulsados por innovaciones tecnológicas que modifican aspectos de la actividad económica, los mercados de trabajo y la sociedad. El cambio tecnológico es el resultado dinámico de la innovación que se desencadena cuando el contexto es propicio. Es decir, unos conocimientos previos (invenciones) contrastados empíricamente pasan a ser innovación cuando lo tecnológicamente posible se convierte en económicamente rentable y socialmente aceptable[4], es decir, cuando convergen la tecnología, la economía y el contexto socioinstitucional. A través de la mejora de procesos, la creación de nuevos modelos de negocio y la transformación de las estructuras sociales y económicas, el cambio tecnológico constituye el principal motor de transformación de la sociedad.

A lo largo de la historia reciente, las innovaciones radicales[5], siguiendo la terminología de Pérez, C. (2010), han dado lugar a diferentes revoluciones industriales que provocaron saltos cuánticos[6] en la productividad y transformaron las sociedades, estando actualmente inmersos en la llamada cuarta revolución industrial o industria 4.0. (recuadro 1).

3 Tal y como se expone en el International Standar ISO/IEC 22989, *Information technology–Artificial intelligence–Concepts and terminology,* hay muchas áreas de la tecnología de IA que se están desarrollando a gran velocidad y se encuentran estrechamente vinculadas entre sí, por lo que es difícil enumerar todos los campos técnicos que permiten su aplicación. A ello contribuye el hecho de que la IA tenga un elevado carácter interdisciplinario, al conjugar la informática, la ciencia de datos y las matemáticas con las ciencias naturales, las humanidades o las ciencias sociales, entre otras.

4 Pérez C. (2010): «Technological revolutions and techno-economic paradigms», Cambridge Journal of Economics, vol. 34, nº1, págs. 185-202.

5 Siguiendo la terminología de Pérez C. (2010), *op. cit.*

6 Un salto cuántico es un término que proviene de la física cuántica y hace referencia al cambio repentino e inesperado de un sistema de un estado a otro sin pasar por los estados intermedios. Fuera del ámbito científico, la expresión «salto cuántico» se usa en un sentido metafórico para referirse a un avance o cambio radical y significativo en cualquier área, como tecnología, conocimiento o incluso en la evolución de una idea o sociedad. En este contexto, se refiere a una mejora o transformación que ocurre de manera rápida y en una escala mucho mayor que los cambios anteriores.

RECUADRO 1. REVOLUCIONES INDUSTRIALES

	Periodos	Tecnologías y capacidades
Primera	1784 hasta mediados del s.XIX	La máquina de vapor y la mecanización de la producción
Segunda	Finales del s.XIX hasta 1970s	Electrificación de la producción en masa basada en la división del trabajo (líneas de ensamblaje).
Tercera	1970s hasta Hoy	Electrónica y TIC (computación y tecnologías digitales). Automatización de tareas complejas
Cuarta	Hoy	Inteligencia artificial, interconexión masiva de sistemas físicos y digitales, Internet de las cosas, redes de información y control descentralizadas

Fuente: elaborado a partir de European Parliamentary Research Service, *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*, September 2015.

La cuarta revolución industrial se define[7] como una transformación tecnológica que está desdibujando las fronteras entre el mundo físico, digital y biológico. Esta revolución se caracteriza por avances exponenciales interconectados en tecnologías clave como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, la robótica, el Internet de las cosas, la biotecnología y la genética, la nanotecnología, la impresión 3D, el *blockchain* y las tecnologías de la comunicación y la conectividad.

Alrededor de ella han surgido una serie de tecnologías disruptivas de enorme potencial para influir a las sociedades y a las economías que, desde 2011, han venido siendo identificadas anualmente por el Foro Económico Mundial en sus informes *«Top 10 emerging technologies»*. Muchas de las tecnologías *«Top»* señaladas en esos informes se han consolidado después, confirmando efectivamente su potencial. Así, por ejemplo, para 2024 se han señalado las siguientes[8]: la IA aplicable al descubrimiento científico, tecnologías que mejoran la privacidad, superficies inteligentes reconfigurables, plataforma-estación de gran altitud, sensores y comunicación integrados, tecnologías inmersivas para la construcción, tecnología elastocalórica, microbios capturadores de carbono, alimentos alternativos para el ganado o genómica para trasplantes. De esta lista de tecnologías disruptivas emanan dos ideas: por un lado, el carácter plurisectorial de la cuarta revolución industrial, en la que se integran elementos relacionados con múltiples campos como la salud, la conectividad, la energía, la sostenibilidad, entre otros y, por

7 Schwab K. (2016): *La cuarta revolución industrial*.

8 *Centre for the Fourth Industrial Revolution, Top 10 Emerging Technologies of 2024, Flagship Report, June 2024, World Economic Forum.*

otro lado, el carácter innovador de las tecnologías encontrándose, muchas de ellas, en la frontera del conocimiento de cada una de sus disciplinas.

Elementos diferenciales de la cuarta revolución industrial

En efecto, frente a revoluciones anteriores, la cuarta revolución industrial es una transformación de un alcance superior, altamente interconectada y global, de modo que no se circunscribe a ningún sector o industria específicos, yendo más allá de lo meramente productivo y afectando a múltiples aspectos de la vida de las personas, lo que hace que su impacto sea tan complejo como rápido.

Esa rapidez es quizá uno de los elementos diferenciales respecto a las tres revoluciones previas, las cuales tardaron décadas en alcanzar su madurez. En cambio, la cuarta revolución industrial se despliega a una velocidad vertiginosa, acelerada por la propia naturaleza de las tecnologías que la protagonizan, como la inteligencia artificial, la automatización o la computación cuántica.

Al igual que otras revoluciones industriales, existe una preocupación sobre su impacto sobre el mercado de trabajo. Sin embargo, como se analizará más adelante, a diferencia de las anteriores, afecta a todo tipo de ocupaciones. La cuarta revolución industrial no solo permite la automatización/robotización de tareas manuales, sino que también complementa o sustituye trabajos intelectuales y/o creativos, exigiendo crecientes esfuerzos de adaptación, de formación continua y de adquisición de nuevas habilidades.

Por otro lado, mientras que en revoluciones anteriores el cambio tecnológico se centraba en la mejora de procesos industriales y la eficiencia productiva, la actual revolución está impulsada por el acceso y análisis masivo de datos. El papel pivotal que juegan la información y el *bigdata* en la cuarta revolución industrial está introduciendo nuevos desafíos y debates que van más allá de lo meramente productivo, en concreto, sobre cómo garantizar la privacidad de las personas, la seguridad de la información y el consentimiento ético en la recolección de esos datos. En definitiva, plantea la necesidad de equilibrar el avance tecnológico y los derechos individuales.

Finalmente, un último elemento diferencial de la cuarta revolución industrial es el contexto geopolítico en el que se está desarrollando. La revolución industrial anterior y los primeros años de la actual se desenvolvieron en un entorno caracterizado por la globalización, desdibujando las fronteras entre países y sectores gracias a la expansión de las cadenas globales de valor. Sin embargo, los cambios geopolíticos y económicos ocurridos en los últimos cinco años, especialmente tras la pandemia, han provocado un creciente interés por la seguridad económica y la autonomía estratégica, dando lugar a una revisión o reconfiguración de la globalización donde las tesis proteccionistas están ganando terreno, hecho que, sin duda, marcará la orientación y los objetivos de los cambios tecnológicos en marcha.

La inteligencia artificial como principal elemento disruptivo

Dentro de esta cuarta revolución industrial, la inteligencia artificial es el ejemplo paradigmático de la convergencia de los avances tecnológicos en la capacidad de computación, su menor coste, la disponibilidad

de *big data* de múltiples fuentes, el aprendizaje en línea y la aplicación de algoritmos[9]. La IA otorga a las máquinas la capacidad de realizar tareas que hasta ahora se apoyaban en la inteligencia humana, como el razonamiento, el aprendizaje o la creatividad, y lo hace a partir de conocimientos matemáticos/estadísticos, de lógica, informáticos y lingüísticos, entre otros, creando algoritmos y modelos que, a partir de un entrenamiento previo, imitan o, incluso, mejoran algunas funciones cognitivas humanas[10].

Con mayor precisión, la Ley de Inteligencia Artificial de Unión Europea[11] define los sistemas de IA como aquellos «basados en una máquina que están diseñados para funcionar con distintos niveles de autonomía y que pueden mostrar capacidad de adaptación tras el despliegue, y que, para objetivos explícitos o implícitos, infieren de la información de entrada que reciben la manera de generar resultados de salida, como predicciones, contenidos, recomendaciones o decisiones, que pueden influir en entornos físicos o virtuales». El propio Reglamento UE subraya la necesidad de que el concepto de IA se armonice a nivel global para garantizar la seguridad jurídica y facilitar la convergencia a escala internacional y una amplia aceptación, al mismo tiempo que se prevé la flexibilidad necesaria para dar cabida a los rápidos avances tecnológicos en este ámbito.

En la actualidad, la versión generativa de la IA (IAG)[12] es la que más interés ha suscitado desde el lanzamiento de ChatGPT en noviembre de 2022, un *chatbot* de IAG. La IAG genera contenidos nuevos y originales a partir de datos existentes, como imágenes, textos, sonidos o vídeos, utilizando técnicas de aprendizaje automático, como las redes neuronales artificiales, con las que aprende de la información/datos y produce contenido aparentemente realista y coherente. La disrupción protagonizada por la IAG es de tal calibre, tanto por su alcance como por su aceleradísima implantación, que ha llegado a generar el debate de si se está ante una nueva revolución industrial. Sus capacidades son extraordinarias y crecientemente sofisticadas y, aunque podría beneficiar a distintos sectores y ámbitos de la sociedad, a su vez presenta riesgos y desafíos[13] (recuadro 2).

9 Si bien los primeros pasos de la IA se dieron a mediados del siglo XX de la mano de pioneros como Warren McCulloch y Walter Pitts (padres de los modelos de neuronas artificiales) o Alan Turing (Test de Turing para determinar si una máquina tenía un comportamiento inteligente indistinguible del humano) y John McCarthy (quien acuñó el término en 1956 y desarrollo el primer lenguaje de programación de IA), no ha sido hasta el siglo XXI cuando se ha dado la convergencia de los avances necesarios para su rápido desarrollo. La elevada disponibilidad de grandes cantidades datos, los avances en la potencia de procesamiento (*hardware*) y el desarrollo de algoritmos de IA y de modelos de aprendizaje profundo han permitido el desarrollo exponencial de la IA.

10 COTEC, *Uso responsable de la IA Generativa,* febrero 2024.

11 Reglamento 2024/1689

12 Existen muy diferentes tipos de IA y aplicaciones, por ejemplo: asistentes virtuales, recomendaciones de contenido, automóviles autónomos, *chatbots,* reconocimiento facial, traducción automática, análisis predictivo, videojuegos, IA en medicina o generadores de contenido.

13 COTEC, *op. cit.*

RECUADRO 2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA: POTENCIALIDADES Y DESAFÍOS

Capacidades de la IAG

- Crear contenidos de alta calidad y diversidad, que pueden ser utilizados para fines creativos, educativos o informativos. Por ejemplo, la IAG puede crear imágenes, textos o sonidos que no existen en la realidad, pero que son verosímiles y atractivos, o que pueden servir para ilustrar o explicar conceptos o ideas.
- Generar datos sintéticos tabulares, lo que permite crear nueva información como datos de ventas, datos de clientes, datos de producción, etc., que se asemejan estadísticamente a los datos con los que ha sido entrenada. Gracias a ello, es posible ampliar las muestras disponibles, generar escenarios extremos o, incluso, salvar limitaciones asociadas a la privacidad a través de la producción de información no identificable.
- Complementar o sustituir la labor humana en tareas que requieren una gran cantidad de datos, tiempo o recursos, como la traducción, el resumen, la clasificación o la generación de informes. Por ejemplo, la IAG puede traducir textos de un idioma a otro, resumir el contenido de un documento, clasificar imágenes según su temática o generar informes a partir de datos.
- Mejorar la experiencia de usuario y la satisfacción de los clientes, al ofrecer servicios más personalizados, interactivos y adaptados a las necesidades y preferencias de cada usuario. Por ejemplo, la IAG puede generar respuestas adecuadas y relevantes a las consultas o demandas de los usuarios, o crear contenidos que se ajusten a sus gustos, intereses o emociones.
- Facilitar el acceso y la democratización de la información, el conocimiento y la cultura, al permitir crear y compartir contenidos en diversos idiomas, formatos y estilos. Por ejemplo, la IAG puede generar contenidos en idiomas minoritarios o en diferentes géneros o estilos artísticos, o adaptarlos a diferentes niveles de comprensión.
- Fomentar la innovación y la investigación, al abrir nuevas posibilidades y desafíos para el desarrollo científico, tecnológico y artístico. Por ejemplo, la IAG puede generar contenidos que inspiren nuevas ideas, soluciones o creaciones, o que planteen nuevos problemas, preguntas o hipótesis.

Riesgos y desafíos

- Generar contenidos falsos, engañosos o manipulados, que pueden afectar a la veracidad, la credibilidad y la confianza de la información, así como a la reputación, la privacidad y la seguridad de las personas y las organizaciones. Por ejemplo, la IAG puede crear imágenes, textos o sonidos que muestren o digan cosas que no son ciertas, que distorsionen la realidad o que intenten influir en la opinión o el comportamiento de las personas.
- Crear o amplificar sesgos, discriminaciones o desigualdades, que pueden perjudicar a los grupos o individuos más vulnerables o marginados, o que pueden favorecer intereses particulares o ideológicos. Por ejemplo, la IAG puede generar contenidos que reflejen o reproduzcan estereotipos, prejuicios o injusticias, que excluyan o dañen a ciertas personas o colectivos, o que promuevan o justifiquen ciertas agendas o visiones del mundo.
- Reducir o limitar la creatividad, la originalidad o la diversidad humana, al sustituir o imitar el trabajo de los creadores, o al generar contenidos homogéneos o estandarizados. Por ejemplo, la IAG puede generar contenidos que copien o plagien el trabajo de otros, que no aporten nada nuevo o diferente, o que sigan patrones o fórmulas repetitivas o predecibles.
- Provocar o exacerbar conflictos, dilemas o problemas éticos, legales o sociales, al generar contenidos que puedan ser ofensivos, inapropiados, ilegales o dañinos para las personas o el medio ambiente. Por ejemplo, la IAG puede generar contenidos que violen derechos, normas o valores, que causen malestar, disgusto o indignación, o que generen riesgos, amenazas o daños.
- Dificultar o impedir el control, la supervisión o la regulación de la IAG, al generar contenidos que puedan ser difíciles de detectar, atribuir, verificar o corregir. Por ejemplo, la IAG puede generar contenidos que se confundan con los reales, que no se sepa quién los ha creado o con qué fin, que no se puedan comprobar o contrastar, o que no se puedan modificar o eliminar.

Fuente: COTEC, *Uso responsable de la IA Generativa*, febrero 2024.

2. Economía y cambio tecnológico. Impacto en las grandes variables macro

La atención sobre el potencial de las tecnologías involucradas en esta cuarta revolución industrial ha concentrado gran parte de los debates y análisis académicos de la última década que, desde el primer momento, se centraron en el impacto que la digitalización podría tener sobre la productividad y el crecimiento económico.

El CES se hizo eco de estos debates en 2017 en su *Informe sobre la digitalización de la economía*[14], donde señalaba el enorme potencial del cambio tecnológico que se estaba produciendo y que, en aquel momento, se plasmaba en la extensión de las infraestructuras digitales, la generalización del acceso e interconexión a la red, el aumento exponencial de la capacidad de computación o la sofisticación en el procesamiento de los datos a gran escala, pero también hacía referencia ya al avance de la inteligencia artificial y la automatización acelerada. Respecto al impacto que podría tener en la productividad, señalaba que este era incierto e imprevisible considerando, además, que el cambio tecnológico es un proceso dinámico y está en continuo desarrollo.

Debates sobre el potencial del cambio tecnológico

En 2021, en su actualización del informe anterior[15], el CES ampliaba los debates sobre el potencial del cambio tecnológico a los riesgos que suponía la irrupción del *big data*, la penetración del IoT en las actividades de la vida cotidiana, la elevada capacidad de procesado de información y los desarrollos de la inteligencia artificial sobre la privacidad de los datos personales y empresariales; todo ello, con implicaciones más allá de lo estrictamente económico, con consecuencias sociales pero también geopolíticas, ya que el «poder de los datos» y las «economías de alcance» resultantes potenciaban la hegemonía tecnológica de países o empresas y la necesidad, en consecuencia, de impulsar la ciberseguridad y abordar los límites éticos de los desarrollos digitales.

Así, el análisis del impacto macroeconómico del cambio tecnológico, y, en particular, de las tecnologías más disruptivas, es una línea constante de investigación que persigue dilucidar hasta qué punto la magnitud del impacto asociado a estas justifica que se pueda hablar, incluso, de una nueva revolución industrial al nivel que supuso la máquina de vapor o la electrificación.

Todo ello parte de considerar que los impactos del desarrollo tecnológico sobre las variables macroeconómicas requieren de tiempo y se producen a lo largo de varias fases: una primera de innovación-invención de la que resulta un aumento de eficiencia inicial que permite vislumbrar los potenciales impactos a medio plazo; una segunda fase de implantación que requiere tiempo para explotar las invenciones y lograr un despliegue generalizado hasta lograr una tecnología de uso general (*general purpose*

14 Informe CES 3/2017, *La digitalización de la economía.*
15 Informe CES 1/2021, *La digitalización de la economía.*

technologies)[16], que produzca ganancias de eficiencia por difusión —efectos de red—; y una tercera fase de consolidación que implicaría, una vez asentada la innovación, cambios organizacionales, del patrón de crecimiento, de los modelos de consumo y de los modelos de negocio. La evidencia disponible de innovaciones anteriores permite anticipar que con esta última fase se alcanzaría un techo en los efectos a largo plazo.

No obstante, también cabe señalar que estas mejoras de eficiencia asociadas al cambio tecnológico han coincidido en el tiempo con una evolución de la productividad muy moderada, que ha dado lugar a la denominada «paradoja de la productividad» que se viene reflejando desde hace más de una década.

Detrás de esta aparente contradicción hay varias explicaciones[17]. La primera tiene que ver con los problemas de medición en torno a la economía digital[18], ya que, aunque a lo largo de los años han mejorado las estimaciones sobre el valor agregado de esta en términos de PIB, no ocurre así con los nuevos desarrollos tecnológicos y, sobre todo, con los aumentos de productividad derivados a fin de capturar su aporte real en términos de bienestar. La segunda pone el énfasis en los desfases temporales asociados a las grandes revoluciones tecnológicas[19] y señala la importancia de la inversión en activos intangibles para el pleno despliegue de las innovaciones[20]. Precisamente, la importancia de la inversión en activos intangibles apoya la tercera explicación al menor crecimiento de la productividad, por la adopción y utilización desigual de los avances digitales en el tejido productivo. De hecho, aunque los estudios microeconómicos a nivel de empresa confirman la existencia de una relación positiva entre digitalización y productividad[21], no se puede decir lo mismo en términos agregados, ya que se observa mayor dispersión de la productividad entre sectores, empresas, individuos o territorios, lo que diluye el efecto positivo que la transformación digital pueda tener en la productividad agregada.

16 Tres características definen las tecnologías propósito general: 1) tienden a penetrar en todos los sectores y esferas sociales, 2) están sometidas a procesos de mejora sistemática que reducen su coste y 3) generan un innovación constante de instituciones, procesos y productos.Informe

17 Informe CES 1/2021, *La digitalización de la economía.*

18 De hecho, estimaciones de Adigital situaban el impacto directo de la economía digital en España en el 12,9 por 100 del PIB en 2024, casi cuatro puntos porcentuales más que en 2019, reflejando un crecimiento continuado de su aporte al PIB en términos agregados. Véase Adigital (2025), *Economía digital en España,* 5ª edición, mayo.

19 Retardos que pueden tener un triple origen: el tiempo que transcurre entre la innovación inicial y la implantación y capacidad de rentabilizarla; el tiempo necesario para que la inversión derivada de la innovación tenga peso en el capital existente y, por tanto, en la productividad agregada, y la necesidad de que para poder extraer todo el potencial de la innovación se realicen otras complementarias y se potencie el capital intangible (cambios organizativos y formación de capital humano).

20 La «curva J de la productividad» describe cómo las nuevas tecnologías, especialmente las tecnologías de propósito general, ofrecen ganancias de productividad solo después de un periodo de inversión en bienes intangibles complementarios, como procesos comerciales y nuevas habilidades. Véase Brynjolfsson, E. *et al,* (2021), «The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies», en *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 13, n.º 1.

21 Gal P. *et al*. (2020), *Digitalisation and productivity: In search of the holy grail – Firm-level empirical evidence from EU countries*, OECD Economics Department Working Papers Nº 1533, OECD.

El impacto macroeconómico de la IA

Frente al debate continuado sobre los impactos del cambio tecnológico, en los últimos tres años, los trabajos se han centrado en analizar el impacto potencial para la economía mundial de los desarrollos más disruptivos y, en particular, de la IA, así como sus limitaciones y riesgos. No cabe duda de su potencial transformador, aunque los impactos macroeconómicos son imprevisibles y resulta difícil aproximar en qué medida, cómo y cuándo se materializarán las ganancias de eficiencia resultantes y los potenciales efectos sobre la productividad y el crecimiento económico a largo plazo, lo que dependerá de la velocidad de los avances, la diversidad y desarrollo de aplicaciones y su despliegue generalizado e, incluso, de si se acelerarán aún más o llegarán a estancarse.

Al igual que otras innovaciones tecnológicas previas, el impacto provendrá de la automatización de algunas tareas y las mejoras de productividad en ciertas ocupaciones[22], surgiendo, de nuevo, interrogantes sobre qué tipos de trabajos están en riesgo de ser automatizados, no solo tareas rutinarias y/o manuales sino también cognitivas y/o intelectuales, qué trabajadores se beneficiarán o perderán con el desarrollo de la IA, cuáles serán los efectos en la productividad y cómo la IA podrá complementar algunas tareas de forma más eficiente. No obstante, ahora, incluso, se plantean también cuestiones trascendentes sobre la capacidad o límites del cerebro humano para realizar tareas muy complejas[23]. Los desarrollos más recientes de modelos de IA generativa llevan incluso el debate a la cuestión de si esto supone una transformación diferencial con un impacto exponencial en el crecimiento o si estos avances tecnológicos y las ganancias de eficiencia derivadas de su implantación y difusión no llegarán al nivel de otras revoluciones industriales anteriores [24].

Con el fin de contrarrestar la incertidumbre asociada al desarrollo de la IA, algunos expertos plantean escenarios con distintos ritmos de avance y grado de automatización de tareas —tanto en cantidad como en tiempo— de los que se derivan impactos diferentes sobre el crecimiento, la productividad o el empleo, pero que permiten visibilizar las oportunidades y los riesgos potenciales en cada caso y adoptar políticas en consecuencia[25].

Determinar cuál de los escenarios sobre el desarrollo de la IA se aproxima más al futuro requiere un seguimiento continuado de indicadores en múltiples ámbitos que engloban desde pruebas de rendimiento de las tecnologías o niveles de inversión para

22 Acemoglu, D. (2024), *The simple macroeconomics of AI*.

23 Korinek, A. (2023) *Planificación de escenarios para un futuro con IA(G)*, FMI.

24 Gordon, R. J. (2016): *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living since the Civil War*. Princeton University Press.

25 Escenarios que van desde un perfil conservador, asumiendo un recorrido similar al observado en las últimas décadas, a otros escenarios más agresivos, que asumen una automatización mucho mayor con distintos horizontes temporales a más largo plazo (20 años) e incluso a corto plazo (5 años). Véase Korinek, A. (2023) *Planificación de escenarios...*, FMI.

su desarrollo y adopción por el conjunto de la economía al análisis de las tendencias macroeconómicas y del mercado de trabajo.

Todo lo anterior permite constatar las dificultades e incertidumbre existente para aproximar los impactos de la IA. Por ello, prácticamente la totalidad de los trabajos académicos tratan de estimar impactos en un plazo relativamente cercano —en un horizonte de diez años—, considerando que el desarrollo futuro es incierto, no está predeterminado y dependerá en gran medida de las decisiones y políticas adoptadas hoy.

Hasta el momento, la evidencia empírica disponible prevé un impacto de la IA muy limitado, ya que estamos en una fase temprana de adopción; incluso en los países con una mayor penetración de la IA, como Estados Unidos, no se constatan incrementos sustanciales de productividad y muchas de las aplicaciones generadas no son necesariamente de alto valor añadido. El hecho de que este impacto sea difícil de prever requiere más esfuerzos en investigación con el fin de superar el desequilibrio existente entre la magnitud y rapidez con que surgen y se implantan estas tecnologías y el limitado conocimiento sobre sus consecuencias económicas y sociales.

Impactos en la productividad y el crecimiento económico

A priori, como en innovaciones tecnológicas previas, el mayor impacto de la IA provendrá de la automatización de algunas tareas y las mejoras de la productividad de algunos trabajadores en ciertas ocupaciones lo que, en base al teorema de Hulten, redundará en la productividad agregada[26]. En función del grado de exposición de los empleos a la automatización, estos podrían transformarse, surgir nuevos empleos o propiciar mayor complementariedad de tareas. Así, las ganancias de productividad surgirían por distintas vías[27]: por la propia automatización de algunas tareas, por la complementariedad con tareas no completamente automatizadas (acceso a mejor información o a *inputs* complementarios), por la profundización de la automatización, aumentando la productividad del capital en tareas ya automatizadas, o por la creación de nuevas tareas gracias a la IA. En este último caso, siempre que las nuevas tareas creadas generen efectos positivos, ya que en caso contrario la productividad se vería mermada[28].

Sin embargo, la principal diferencia respecto a innovaciones tecnológicas anteriores es que la IA puede alcanzar a tareas cognitivas y de «aprendizaje difícil». En este caso, el crecimiento de la productividad, del PIB y, en última instancia, del bienestar, se produciría tanto por las ganancias de eficiencia en tareas rutinarias como en tareas intelectuales y/o creativas (por ejemplo, la producción de ideas) y, en consecuencia, por el

26 Según el teorema de Hulten, el crecimiento en la productividad agregada puede calcularse como la suma ponderada de las productividades individuales (en términos del ahorro promedio de costes). Véase Hulten, Ch. (1978), «Growth Accounting with Intermediate Inputs», *The Review of Economic Studies*, vol. 45(3), págs. 511-518.

27 Acemoglu, D. y Restrepo, P. (2019), «Artificial Intelligence, automation and work», en *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, Agrawal, A. *et al* (editores).

28 Acemoglu, D. (2024), *The simple…*; *op. cit*.

incremento de la productividad agregada, como por la aceleración de la innovación que se produce con la incorporación de estas tecnologías disruptivas en todos los tipos de tareas (por ejemplo, proporcionando mejor información a los trabajadores en su experiencia laboral). De hecho, la mayor innovación se genera en ocupaciones que requieren altas capacidades cognitivas, por lo que mejorar la eficiencia de este tipo de tareas tiene gran potencial para generar más innovación. A su vez, un crecimiento más rápido de la productividad gracias a la IA expandirá la capacidad productiva de la economía y, por tanto, la oferta agregada, que se materializará en un aumento del PIB potencial.

Precisamente, la falta de indicadores para medir el ahorro de costes en tareas no rutinarias dificulta el análisis del impacto de la IA a nivel macroeconómico. Los trabajos más recientes, de hecho, estiman impactos evidentes, pero con un rango muy abierto[29], en función de los supuestos de partida considerados, principalmente, respecto al porcentaje de automatización de tareas y ocupaciones.

Por ello, gran parte de la literatura académica ha tratado de estimar a nivel microeconómico el impacto de la automatización en tareas y ocupaciones concretas para, a partir de ahí, inferir los efectos agregados para el conjunto de la economía (cuadro 1). Aunque existen dudas sobre esta metodología, parece confirmarse que los sistemas de IA capturan y transmiten parte del conocimiento tácito de estas tareas (conocimiento, experiencia y búsqueda de soluciones) que antes solo se obtenía a través de la experiencia en el trabajo[30].

Las posturas más optimistas estiman crecimientos de la productividad elevados, sobre todo, por la utilización complementaria de la IA en un elevado porcentaje de tareas realizadas por la mayoría de los trabajadores y su aplicación en distintos campos y, en consecuencia, impactos positivos en el crecimiento de la actividad, que llegan incluso, como señala Goldman Sachs, a crecimientos del PIB global del 7 por 100 en un horizonte de diez años[31].

En el otro extremo están las posturas más pesimistas que, apoyándose en modelos de análisis del impacto de la IA en la productividad a nivel de sectores y actividades e incluso de tareas, anticipan que las ganancias de productividad no serán tan grandes y, en cambio, los riesgos asociados a estas nuevas tecnologías pueden ser importantes. Con carácter general, estas posturas no contemplan los efectos que produciría la automatización en la producción de ideas, clave en el desarrollo de modelos disruptivos, como la IA generativa.

En este planteamiento de un impacto reducido, destacan los trabajos de Daron Acemoglu, que señala que la teoría económica y los datos disponibles justifican una

29 Brynjolfsson, E y Unger, G. (2023) *La macroeconomía de la IA*, FMI.
30 Brynjolfsson, E. y otros (2023) *Generative AI at Work*, NBER
31 Briggs, J. y Kodnani, D. (2023), *The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth*, Goldman Sachs Economics Research.

CUADRO 1. ESTIMACIONES SOBRE EL IMPACTO DE LA IA (A partir de los estudios más destacados)

Estudios	Año de publicación	Referencia geográfica	Enfoque y condicionantes	Supuesto de % empleos/tareas afectados	Productividad agregada (PTF) en 10 años (pp)	Productividad del trabajo	PIB
Baily, Brynjolfsson y Korinek (FMI)	2023	EE. UU.				2,6 pp en 10 años	
McKinsey	2023	Global		*60-70%*		Crecimiento entre 0,5 y 3,4 pp en diez años	Crecimiento anual promedio entre 3-4 pp de la economía mundial
Goldman Sachs (Briggs y Kodani)	2023	EE. UU./ global	Dependerá del desarrollo de capacidades de la IA y velocidad de adopción	2/3 partes de empleos automatizados por la IA (300 millones)	Crecimiento de la productividad en 1,5 pp en 10 años en US y 1,3 pp a nivel global		Aumento del 7% del PIB global
Goldman Sachs (Briggs)	2024	EE. UU.		25% de las tareas automatizadas con la IA generativa	9,2% en diez años		Crecimiento del 15% en diez años
Acemoglu	2024	EE. UU.	Basado en impacto de la IA a nivel de tareas. Automatización y complementariedad de tareas	20% de tareas expuestas a la IA y solo el 4,6% expuestas a IA generativa	Crecimiento de la PTF 0,71-0,55 en 10 años. Con supuestos más restrictivos 0,66 -0,53	Mejora de la productividad en trabajadores de baja cualificación	Aumento 1-1,5%
Aghion y Bunel	2024	EE. UU.	A partir de la experiencia de revoluciones tecnológicas previas		Crecimiento 0,8-1,3 pp por año durante 10 años		Incremento entre 250-400 billones€ en diez años
			Aplicando el modelo Acemoglu con supuestos y revisión de la literatura propia		Crecimiento 0,07-1,24 pp por año durante 10 años		
High Level Panel of Expert's Report to the G7	2024	G7	Depende del grado de automatización de tareas y de la innovación		Conclusiones sobre estimaciones existentes 0,1-1,2 pp por año		
OCDE	2024	EE. UU.			Crecimiento de la PTF entre 0,25-0,6 pp	Cecimiento de productividad del trabajo entre 0,4 y 0,9 pp	

Fuente: elaboración propia a partir de los trabajados referenciados: OCDE (2024), *Miracle or myth? Assessing the macroeconomic productivity gains from Artificial Intelligence;* Martin Neil Baily. M *et al*, (2023), *Machines of mind: The case for an AI-powered productivity boom;* Briggs, J. y Kodnani, D. (2023), *The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth,* Goldman Sachs Economics Research; Acemoglu, D. (2024), *The simple macroeconomics of AI;* Aghion, P. y Bunel, S. (2024), *AI and Growth: Where Do We Stand?*

postura prudente respecto a los impactos futuros de la IA[32], prudencia que se basa en estimaciones de solo un 4,6 por 100 de tareas reemplazables, de las que, además, una cuarta parte serían de «aprendizaje difícil». A partir de estos supuestos, las estimaciones sobre el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) en los próximos diez años estarían entre el 0,53 y el 0,71 por 100, y el crecimiento del PIB derivado, considerando un aumento en el *stock* de capital proporcional al aumento de la PTF, alcanzaría un rango entre el 0,9 y el 1,5 por 100, e incluso podría llegar al 1,8 por 100 si el incremento de las inversiones fuera similar al de olas anteriores de innovación. Además, considera que algunas de las tareas generadas por la IA pueden tener un valor social negativo (por ejemplo, en el uso de las redes sociales), lo que supondría una reducción del bienestar.

La mayor parte de los estudios se sitúan en una postura intermedia al estimar un impacto más moderado que depende del impacto individual en los empleos, en función tanto de que la IA provoque sustitución, desplazamiento o complementariedad de tareas y los cambios que se produzcan en este sentido a medida que la IA se desarrolla, como por la existencia de retardos en su adopción por el sistema productivo o un despliegue desigual en el conjunto del tejido empresarial[33], elementos que se han señalado anteriormente en relación con la paradoja de la productividad. A este respecto, Aghion y Bunel[34], a partir del paralelismo entre la revolución de la IA y las revoluciones tecnológicas pasadas, estiman un impacto de crecimiento de la productividad agregada entre 0,8 y 1,3 puntos porcentuales por año durante la próxima década y aplicando el enfoque basado en tareas de Acemoglu a sus propios supuestos, estiman de media un incremento de 0,68 puntos porcentuales a lo largo de diez años. En esta misma línea, la OCDE[35] ha señalado que la IA tendrá un papel clave en el crecimiento económico futuro, pero que, al mismo tiempo, existe una elevada incertidumbre sobre la magnitud de dicho impacto. El crecimiento anual de la PTF estimado está en un rango entre 0,25 y 0,6 puntos porcentuales.

Se puede concluir, por tanto, que existe un rango muy amplio en las estimaciones de impacto de la IA en el crecimiento anual de la productividad agregada y, en consecuencia, en el PIB en función de las restricciones y supuestos de partida, y que el efecto principal se producirá por la automatización de tareas y habilidades y, en este sentido, el elemento clave es el porcentaje y qué tipo de tareas pueden verse afectadas[36].

32 Acemoglu, D. (2024), *The simple…*; *op. cit*.

33 Zolas, N *et al.* (2021) *Advanced technologies adoption and use by US firms: evidences from the annual business Survey,* NBER WP 28290.

34 Aghion, P. y Bunel, S. (2024), *AI and Growth: Where Do We Stand?*,

35 Filippucci, F *et al*. (2024), *Miracle or myth? Assessing the macroeconomic productivity gains from Artificial Intelligence*, OECD Artificial intelligence papers, november.

36 Existe cierto consenso en que se verán afectadas en torno al 60 por 100 de las tareas en los países más avanzados (hasta un 65 por 100 en el caso de España según señala el Informe HispanIA 2040) que llegaría hasta el 80 por 100 en Estados Unidos, donde existe una mayor penetración de la IA. Véase Eloundou, T. e*t al.* (2023) *GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models.*

En todo caso, para que se materialicen las ganancias de productividad, los avances en la IA deben diseminarse por toda la economía, lo cual lleva tiempo, ya que los avances deben ser adoptados y desplegados por todas las empresas, incluidas las pequeñas y medianas empresas, y algunas pueden tardar en adoptar estas nuevas tecnologías avanzadas o carecer de las habilidades necesarias para rentabilizarlas. La demanda de inversión, especialmente en activos intangibles, para mejorar la capacidad de adopción por parte de las empresas supondrá un impulso a la demanda agregada, aunque las posibles ganancias de productividad no aparecerán de inmediato.

Otros impactos macroeconómicos

Más allá del impacto en la productividad del trabajo, la IA tendrá impacto en el mercado laboral, analizado con detalle en el espacio dedicado a este tema en el capítulo II de la Memoria CES 2024, tanto en términos de creación de empleo como de incremento salarial, al igual que ha ocurrido con tecnologías previas. Sin embargo, de forma diferencial respecto a tecnologías previas, el impacto se producirá en todo tipo de empleos, de menor y mayor cualificación, tareas y habilidades, lo que condicionará los efectos en la polarización laboral en función de si se potencia la complementariedad de las tareas desarrolladas en lugar de la sustitución o la aparición de nuevas tareas. El FMI señala que casi el 40 por 100 del empleo mundial y el 60 por 100 en los países más avanzados está expuesto a la IA[37].

A su vez, cómo se distribuyan las mejoras de productividad y salario resultantes entre unos trabajadores y otros y los distintos grupos demográficos podría tener efectos en la desigualdad[38]. La evidencia empírica sugiere que las TIC han podido contribuir a la polarización laboral entre trabajadores de ingresos altos y bajos y, en consecuencia, a la desigualdad. No obstante, en el caso de la IA las posturas son más ambiguas: desde los que defienden que puede aumentar la desigualdad si predomina el efecto sustitución de trabajadores a los que apuestan por que este efecto no se produzca e incluso por que el impacto de la IA se distribuya de forma más homogénea por niveles de renta y, por tanto, no se incremente la desigualdad, ya que los trabajadores con menor cualificación o experiencia mejorarán su productividad[39].

También se plantean posturas distintas en relación al impacto de la IA en la desigualdad a nivel de empresas en función del grado de adopción de la IA y la posibilidad de una mayor concentración industrial[40]. Las tendencias hacia una mayor concentración se apoyan en que solo las empresas más grandes tienen mayor capacidad de inversión y uso de grandes datos, y pueden utilizar la IA de forma intensiva, siendo más productivas, rentables y grandes que sus competidoras. La evidencia muestra que

37 IMF Blog, Georgieva, K. (2024) *La economía mundial transformada por la inteligencia artificial ha de beneficiar a la humanidad*, 16 de enero de 2024.

38 Brynjolfsson, E y Unger, G. (2023) *La macroeconomía de la IA*, FMI.

39 Brynjolfsson, E. *et al* (2023) *Generative AI at Work*, NBER, WP 31161 y Rockall, E y otros (2024), *AI Adoption and Inequality.*

40 Brynjolfsson, E. y Unger, G. (2023), *La macroeconomía*…, FMI.

resulta muy difícil contrarrestar la concentración de poder de mercado de los grandes actores digitales y existe una preocupación razonable de que las empresas digitales dominantes tengan fuertes incentivos para participar en comportamientos anticompetitivos a una escala global, difícilmente regulables o controlables. No obstante, también hay posturas que abogan por una menor concentración y mayor competencia con reglas del juego equilibradas, porque la IA desarrolla modelos de código abierto, ampliamente disponibles y accesibles por parte de todas las empresas.

En cuanto a otras variables macroeconómicas, la atención es más limitada. Por ejemplo, la adopción generalizada de la IA podría repercutir en la dinámica de la inflación[41], ya que, *a priori*, la mejora de la productividad y el ahorro de costes podrían justificar un efecto deflacionario sobre la economía, aunque si el impacto sobre la productividad se anticipa, la inflación podría aumentar[42]. La IA también podría condicionar la evolución al alza de los tipos de interés reales a largo plazo (que correlacionan positivamente con la mejora de la productividad), con los consiguientes efectos sobre la estabilidad financiera. De hecho, se señalan efectos en ambos sentidos para la estabilidad financiera, ya que algunos riesgos se reducirían al facilitar una gestión más eficaz de los mismos y permitir ampliar la liquidez en los mercados, pero al mismo tiempo se podría generar cierta opacidad, dificultando la supervisión y aumentando la vulnerabilidad[43].

Finalmente, aunque se trata con mayor detalle en el apartado dedicado a esta cuestión en el capítulo III de la Memoria CES 2024, el impacto de la IA, en términos de crecimiento, no puede obviar los problemas ambientales que plantea su desarrollo cuestionando las ganancias de bienestar estimadas. En este sentido, si bien se tiende a señalar que la IA puede ayudar a enfrentar las emergencias climáticas actuales al disponer de una mayor cantidad de datos e información, se constatan efectos negativos importantes por las infraestructuras asociadas a su desarrollo (centros de datos necesarios para entrenar, alojar y ejecutar modelos de IA), que requieren utilizar una cantidad ingente de recursos —consumo intensivo de energía y agua, minerales críticos y tierras raras— y generan un elevado volumen de residuos peligrosos[44]. La ausencia de procedimientos normalizados a escala internacional para poder medir este coste y la huella medioambiental generada hace difícil aproximarse a cuál puede

41 BIS (2024), *Annual Economic Report 2024*, junio.

42 Aldasoro, I. *et al.* (2024) *The impact of artificial intelligence on output and inflation,* CEPR Discussion papers 19604, october.

43 FMI (2024), *Informe sobre la estabilidad financiera mundial: Estabilizar el rumbo, incertidumbre, IA y estabilidad financiera*, octubre.

44 La Memoria CES 2023 daba cuenta, precisamente, al tratar el tema del cambio climático como el sector digital debe hacer un esfuerzo para que su contribución positiva a la lucha contra el cambio climático no se vea mermada por su impacto directo sobre el medio ambiente. Véase Memoria CES 2023, págs. 152-153.

ser este impacto, aunque existe un consenso creciente en la necesidad de tenerlo en cuenta y de tratar de articular medidas para minimizarlo[45].

En definitiva, más allá de los impactos macroeconómicos señalados, la IA y, en concreto, la IA generativa tienen también efectos importantes en el empleo y en el mercado de trabajo, así como impactos sociales, que han de ser tenidos en cuenta en su conjunto a la hora de valorar su aporte más allá de las ganancias de productividad y crecimiento que implica. A ello se dedican los apartados referidos en los capítulos II y III de la Memoria CES 2024.

3. Desarrollo de la inteligencia artificial. Análisis comparado

A lo largo de los últimos años se ha venido reconociendo la importancia estratégica de la inteligencia artificial como un motor clave para el desarrollo económico y social. La mayor parte de las economías han destinado recursos significativos, diseñado políticas y puesto en marcha estrategias con el objetivo de mantenerse en la vanguardia en este campo tecnológico.

Según el Global AI Index[46], un indicador compuesto que compara la capacidad en inteligencia artificial de las principales economías del mundo, Estados Unidos y China lideran el *ranking* desde hace cinco años y dominan tanto en innovación, implementación como en inversión en IA (gráfico 1); no obstante, la puntuación de la economía norteamericana (100) es bastante superior a la de China (54).

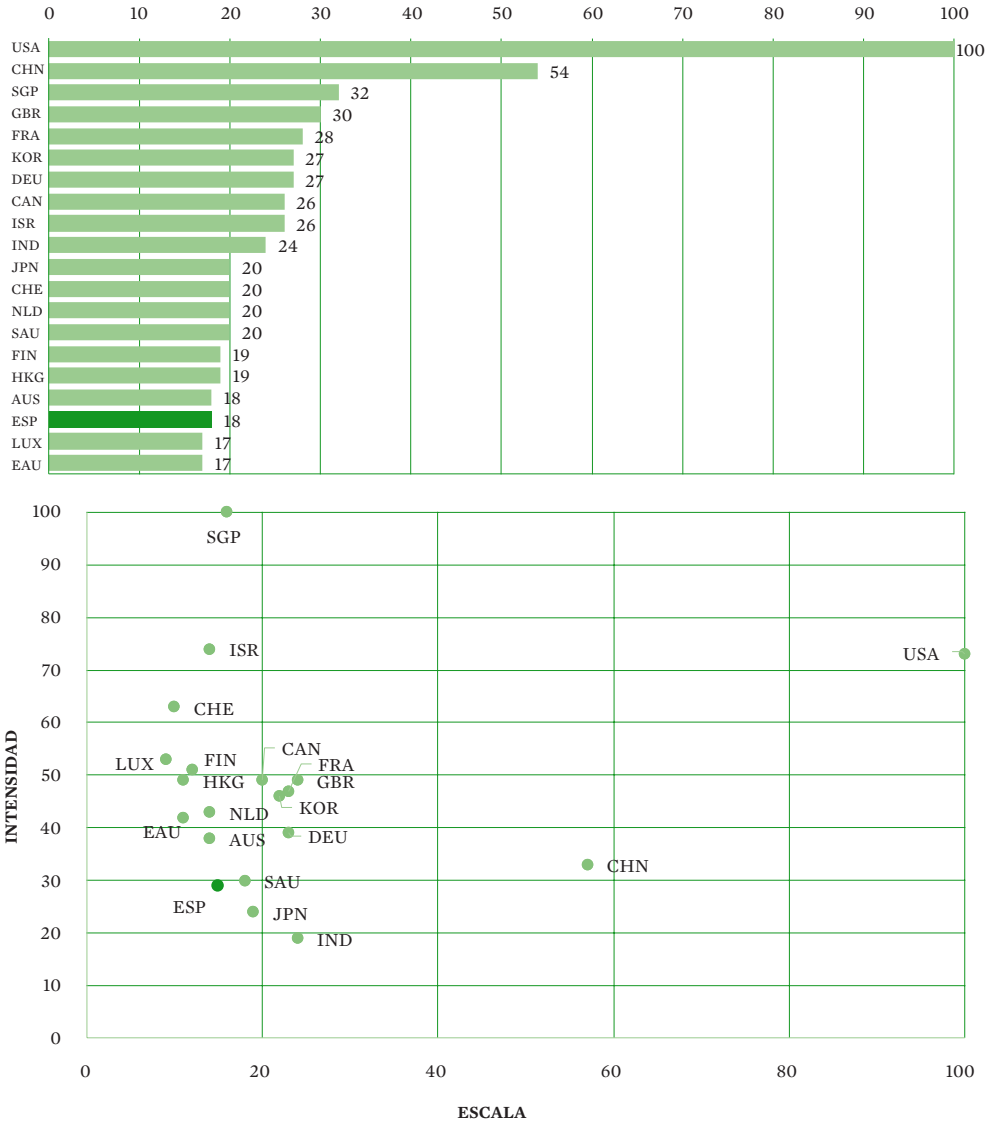
En el grupo de seguidores, con una puntuación algo más baja, se encuentran algunas economías comunitarias como Francia (28), Alemania (27), Países Bajos (20), Finlandia (19), España (18) o Luxemburgo (17). Desde una perspectiva dinámica, el índice detecta que, desde la irrupción de la IA generativa, Francia ha mejorado considerablemente su puntuación, mientras que Canadá o Israel han retrocedido en el *ranking*.

Además, el índice analiza la capacidad nacional en IA a través de medidas absolutas y relativas, siendo la puntuación final del índice una combinación de ambas. Distingue la «escala», que mide la capacidad en IA de un país en términos absolutos (donde lideran Estados Unidos y China), de la «intensidad», que mide la capacidad en función del tamaño de su economía o su población (donde lideran Singapur, Israel y Suiza). Aunque lejos de las posiciones de Estados Unidos o de China, España se encuentra entre las economías con un relativo buen desempeño en IA acorde con el tamaño de su economía.

45 Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente (2024), *Artificial Intelligence (AI) end-to-end: The Environmental Impact of the Full AI Lifecycle Needs to be Comprehensively Assessed*, Policy Brief, September.

46 El Global AI Index (2024) evalúa el grado de desarrollo de la inteligencia artificial en 83 países, a través de 122 indicadores agrupados en tres pilares de análisis: implementación, innovación e inversión. El Global AI Index elaborado por Tortoise ha sido utilizado por el World Economic Forum o la estrategia española HispanIA 2040 para valorar la posición de las economías en la carrera por la IA. Existen otros indicadores globales como el AI Preparedness del FMI o el AI Readiness Index de Oxford que, por su metodología, permiten identificar áreas de mejora, pero no clasificar países.

GRÁFICO 1. ÍNDICE GLOBAL DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL, 2024



Nota: esta clasificación debe tomarse con cautela dado que se asiste a una acelerada carrera innovadora en IA por lo que la aparición de nuevos desarrollos puede provocar cambios sustantivos en la misma.

Fuente: Tortoise, *Global AI Index*, publicado el 19 de septiembre de 2024.

Con el objetivo de valorar el nivel de preparación de los países a la hora de adoptar la IA —pero sin tener en cuenta, en este caso, el liderazgo en invención— el FMI propone un Índice de Preparación para la IA[47] (gráfico 2). Un nivel adecuado de preparación

47 El Índice de Preparación para la IA (AIPI) evalúa el nivel de preparación para la inteligencia artificial en 174 países basado en indicadores macroestructurales que abarcan infraestructura digital, capital humano, políticas

permite optimizar el potencial transformador de la IA, es decir, maximizar los beneficios mientras se mitigan de manera simultánea los riesgos inherentes a su implementación. El índice está compuesto por un conjunto de indicadores organizados en cuatro categorías: infraestructura digital, innovación e integración económica, capital humano y políticas del mercado laboral, y regulación y ética, todos ellos interconectados. De hecho, es el desempeño colectivo en esas áreas el que determina el grado de preparación para la IA de una economía.

Evidentemente, la existencia previa de una infraestructura digital de calidad y amplio alcance (territorial, por ejemplo) resulta clave, pero solo será efectiva si existe el talento para utilizarla, de ahí la relevancia del capital humano y las políticas de mercado de trabajo a la hora de asegurar unas habilidades digitales y garantizar una transición justa en el empleo. Talento e infraestructuras son fundamentales para la innovación y la integración económica, esto es, para propiciar el desarrollo tecnológico y unas relaciones económicas exteriores prósperas. Sobre todo ello, sobrevuela la necesidad continua de adaptar los marcos legales a los nuevos modelos de negocio digitales y la de garantizar una gobernanza ética de la IA basada en un modelo social justo y en principios democráticos. Las mayores diferencias en cuanto al grado de preparación entre países atendiendo a su nivel de desarrollo se dan en la dotación de infraestructuras digitales y en la existencia del citado marco regulatorio.

La Unión Europea está al 66 por 100 del grado de preparación óptimo para adaptarse a la IA y, dentro del bloque comunitario, Dinamarca, Países Bajos, Estonia, Finlandia o Alemania superan el 75 por 100. La preparación de España respecto a los retos que plantea la IA es prácticamente la misma que la de la media de la Unión Europea (65 por 100) y algo inferior a la media de las economías avanzadas (68 por 100). Aunque todavía hay margen para la mejora, las infraestructuras digitales o la innovación e integración económica españolas ofrecen un entorno para el desarrollo de la IA parecido al de la media comunitaria o el de las economías avanzadas. Sin embargo, en España se deben realizar más esfuerzos en la preparación del capital humano y en las políticas de mercado de trabajo, así como en regulación y ética[48].

Estrategias de IA: UE y España

Desde 2018, con la puesta en marcha de la Estrategia Europea de Inteligencia Artificial[49], la Unión Europea viene trabajando para fomentar la IA, asegurando su coherencia con los valores y principios comunitarios. En 2020, la Comisión Europea presentó el Libro Blanco sobre la IA[50], en el que se establecían dos ejes fundamentales:

laborales, innovación, integración económica, y regulación y ética. Los datos provienen de 8 instituciones internacionales, como el Banco Mundial y la OIT. Fuente: Cazzaniga *et al.* 2024. «Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work.» IMF Staff Discussion Note SDN2024/001, International Monetary Fund, Washington, DC

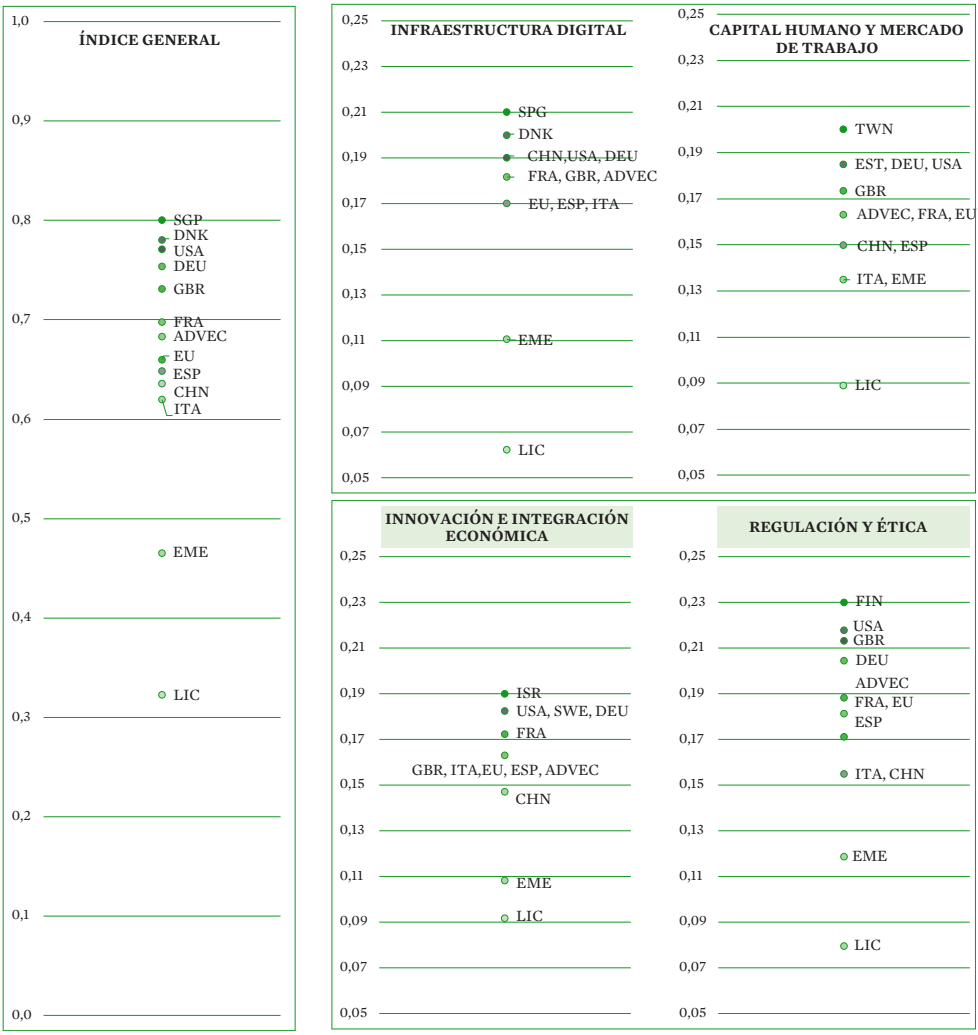
48 Estos resultados son coherentes con los ofrecidos por las sucesivas ediciones del Digital Economy and Society Index (DESI) de la Comisión Europea, de las que ha dado cuenta este Consejo.

49 COM (2018) 237 final, 25 de abril, sobre una inteligencia artificial para Europa.

50 COM (2020) 65 final, 19 de febrero.

un ecosistema de excelencia, destinado a fomentar la innovación y la competitividad, y un ecosistema de confianza, enfocado en garantizar un marco regulador que mitigue los riesgos asociados a la IA. En 2021, presentó un paquete sobre la IA que incluía una comunicación para fomentar un planteamiento europeo[51], la revisión del Plan Coordinado[52], y se empezaba a trabajar en un marco regulador integral.

GRÁFICO 2. ÍNDICE DE PREPARACIÓN PARA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Fuente: elaboración propia a partir de IMF *AI Preparedness Index* (datos 2023).

51 COM (2021) 205 final.

52 En 2021, COM (2021) 102 final, se revisó el plan de coordinación de las estrategias nacionales de impulso de la inversión en IA, COM (2018) 795 final.

En 2024, la Ley de Inteligencia artificial[53] vio finalmente la luz, constituyendo la primera norma integral para la IA a nivel mundial. Clasifica las aplicaciones de IA en tres categorías de riesgo: las que suponen un riesgo inaceptable, que quedan prohibidas (por ejemplo: manipulación subliminal o vigilancia biométrica masiva), las de alto riesgo, sometidas a requisitos de seguridad y transparencia (por ejemplo, las relacionadas con salud o finanzas personales) y las de riesgo limitado y mínimo, con algunas obligaciones de transparencia. También en 2024, la Comisión Europea aprobó el Paquete de Innovación en IA, donde preveía financiación para el desarrollo de la IA generativa a través de herramientas como «Horizonte Europa», fomentar el talento en IA, apoyar a *startups* y empresas en expansión mediante financiación y capital riesgo, desarrollar un espacio europeo de datos e impulsar el uso de la IA en sectores estratégicos como la salud, biotecnología y movilidad, a través de la Iniciativa *GenAI4EU*.

A principios de 2025, en la Cumbre de Acción sobre IA, la Comisión Europea presentó la iniciativa *InvestAI*, para movilizar 200.000 millones de euros para la inversión en IA, incluido un nuevo fondo europeo de 20.000 millones de euros para gigafábricas de IA.

En este contexto, España ha venido desarrollando su propia estrategia de fomento de la IA, teniendo como primer hito destacado la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial de 2020. Cuatro años más tarde, en cumplimiento del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), se aprobó una nueva estrategia: la Estrategia de Inteligencia Artificial 2024, que da continuidad, refuerza y adapta a los nuevos avances tecnológicos la estrategia de 2020 y cuenta con 1.500 millones de euros procedentes fundamentalmente del PRTR y de su adenda para su desarrollo. De hecho, el impulso de la inteligencia artificial también está contemplado en la Agenda España Digital 2026 como un elemento clave de carácter transversal para transformar el modelo productivo e impulsar el crecimiento de la economía española. Además, en línea con la Ley de Inteligencia Artificial comunitaria, en marzo de 2025 se presentó un Anteproyecto de Ley sobre IA que recoge los requisitos para la transparencia de los contenidos generados por IA y las medidas sancionadoras.

4. Situación, retos y oportunidades para el tejido productivo español

La IA en el tejido productivo español

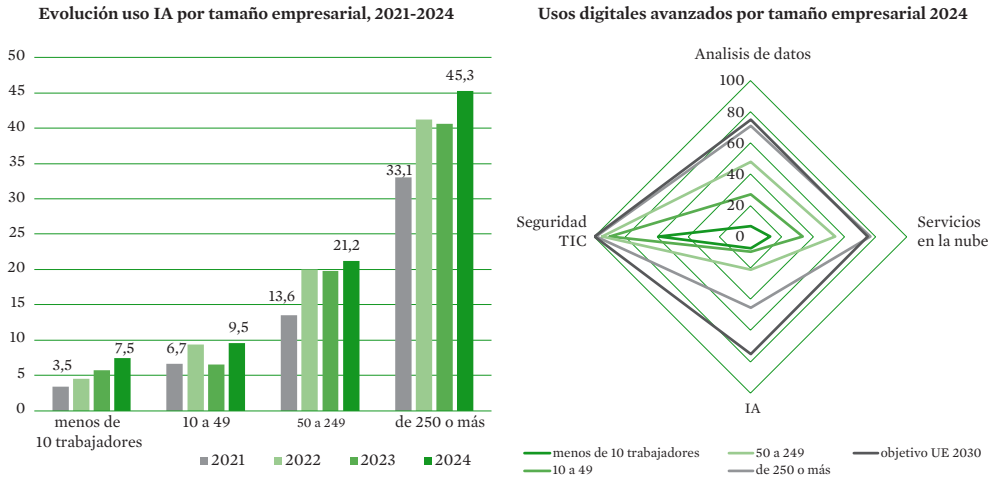
En los últimos años, el tejido empresarial español ha avanzado en la integración de las tecnologías digitales. De hecho, la Comisión Europea, en su último Informe sobre la Década Digital (2024), destacó el notable crecimiento en la adopción de IA por parte de las empresas españolas que, además, las ha llevado a situarse por encima de la media comunitaria, en un *ranking* liderado por Dinamarca, Suecia o Bélgica, donde más de un cuarto de las empresas de diez o más empleados utilizan la IA.

53 Reglamento (UE) 2024/1689, de 13 de junio de 2024, por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (...).

A pesar de los avances, todavía queda bastante recorrido para el tejido productivo español, sobre todo en el caso de las pymes, en cuanto a la adopción de tecnologías avanzadas como la propia inteligencia artificial, el uso de la nube o el análisis masivo de datos, y también respecto a mejoras en ciberseguridad. Cabe recordar que la Unión Europea en su plan Década Digital Europea, ha establecido como meta para 2030 que el 75 por 100 de las empresas hayan adoptado servicios en la nube, *big data* e inteligencia artificial.

Ese objetivo aún queda lejos. Según los datos más recientes de la encuesta sobre el uso de TIC y del comercio electrónico en las empresas del Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2024, solo el 12,4 por 100 de las empresas españolas de diez o más empleados utilizaban inteligencia artificial (gráfico 3). El uso de esta tecnología aumenta con el tamaño de la empresa: solo el 7,5 por 100 de las microempresas empleaban IA, frente al 9,5 por 100 de las pequeñas, el 21,2 por 100 de las medianas y el 45,3 por 100 de las grandes[54].

GRÁFICO 3. USOS DIGITALES AVANZADOS DE EMPRESAS ESPAÑOLAS Y EVOLUCIÓN DEL USO EN IA
(Porcentaje de empresas)



Nota: La UE no fija un objetivo específico para Seguridad TIC, para la visión gráfica se ha considerado 100 por 100 como meta óptima.

Fuente: Elaboración propia a partir de INE, Encuesta sobre el uso de TIC y del comercio electrónico en las empresas (1er trimestre 2024), octubre 2024.

54 Promemoria: las microempresas españolas (de 0 a 9 trabajadores) son el 94,3 por 100 de las empresas, representan un 34,4 por 100 de los ocupados y responden del 25,8 por 100 del VAB (2023). Las empresas pequeñas (de 10 a 49 trabajadores) representan el 5,0; el 19,9 y el 17,1 por 100, respectivamente. Las medianas, el 0,6; 13,3 y 16,4 por 100 y las grandes (más de 250 trabajadores) el 0,1 del número de empresas; el 32,3 de las personas ocupadas y el 40,6 por 100 del VAB. Fuente: *European Commission, 2024 SME country fact sheet, Spain.*

Atendiendo a las ramas de actividad, las empresas de servicios son las que mayor uso hacen de la IA en su actividad, un 15,6 por 100, mientras que solo un 4,5 por 100 de las dedicadas a la construcción la utilizan (gráfico 4). Sin embargo, al analizar el uso de la IA según el tamaño de las empresas en cada sector, se observa que las grandes empresas industriales son las que usan más intensamente la IA, un 48 por 100, seguidas de las de servicios y las de construcción. Entre las empresas de menor dimensión, son las pequeñas empresas de servicios las que mayor uso hacen de la IA, un 12,7 por 100, mientras que en el otro extremo están las pequeñas empresas dedicadas a la construcción, con solo un 3,7 por 100.

De hecho, dentro del sector servicios, existen dos ramas: la de servicios de información y comunicaciones y la de actividades profesionales, científicas y técnicas, que son las que mayor uso hacen de la IA, un 46,6 y un 26,1 por 100 de media, respectivamente. Cabe recordar que el dinamismo mostrado por ambas ramas en los últimos años explica parte del crecimiento del VAB español, del cambio estructural en su estructura productiva, así como del favorable balance en el comercio internacional de servicios. En concreto, el 70,1 por 100 de las grandes empresas del sector de servicios de información y comunicación utilizan IA. En el caso de las pequeñas empresas de este mismo sector, la adopción alcanza el 40 por 100, una cifra que supera el uso de IA en las grandes empresas de otros sectores.

Resulta evidente, por consiguiente, que la adopción de la inteligencia artificial en las empresas varía significativamente según su tamaño y sector de actividad, revelando que no existe una solución única aplicable a todos los casos. En su lugar, la versatilidad de la IA le permite ajustarse a cada contexto y a las necesidades específicas de cada empresa para aprovechar mejor su potencial.

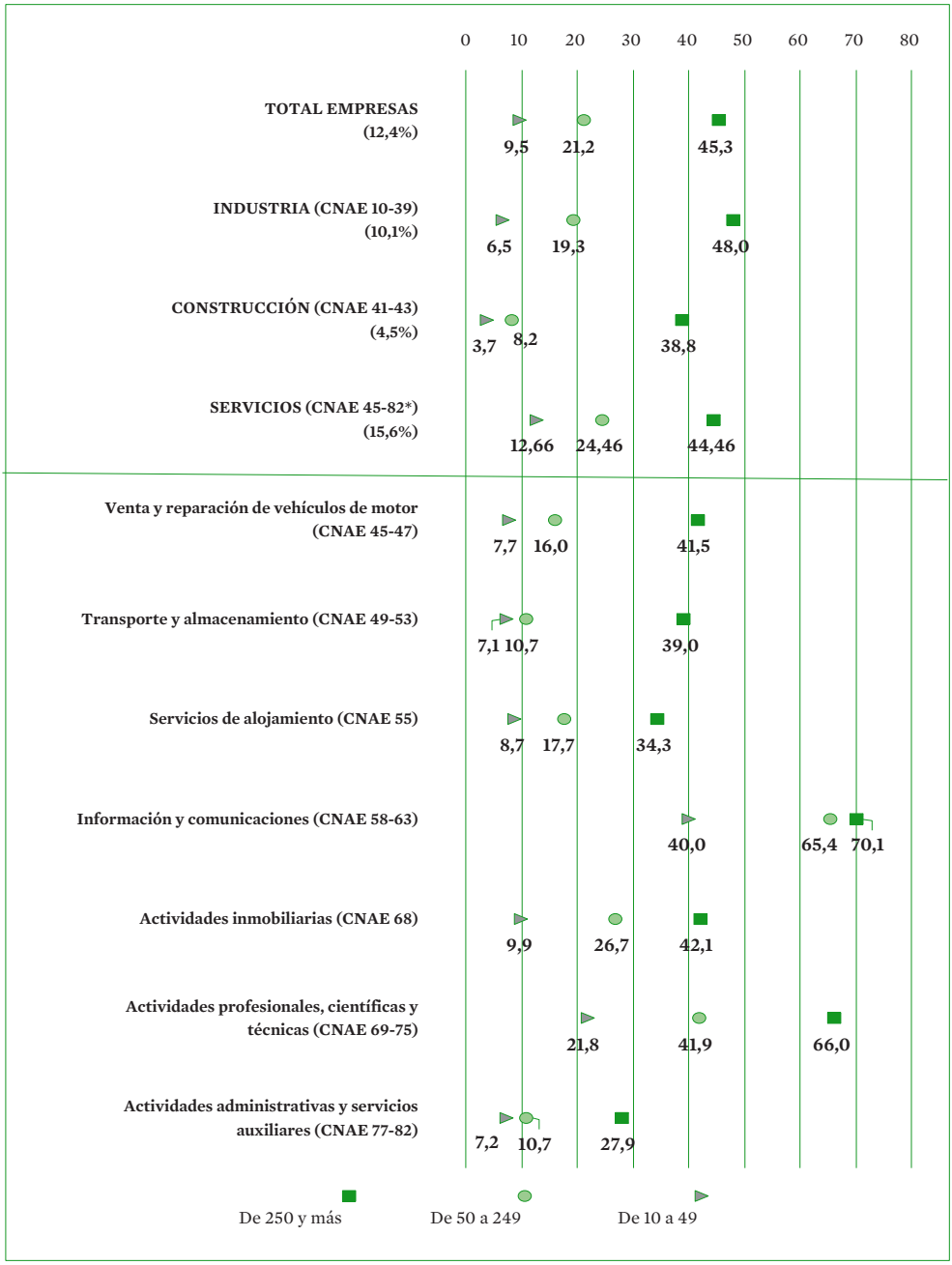
De hecho, la propia encuesta del INE clasifica los diferentes usos de la IA en las empresas, y destaca la amplitud del concepto y la diversidad de sus aplicaciones. Así, al valorar la integración de la IA en la empresa, la encuesta se refiere a sistemas que utilizan tecnologías tales como minería de texto, visión artificial, reconocimiento de voz, generación de lenguaje natural, *machine learning* y *deep learning* para recopilar y/o utilizar datos para predecir, recomendar o decidir, con diferentes niveles de autonomía, la mejor acción para lograr objetivos específicos.

De este modo, se distinguen dos tipos de sistemas. Por un lado, sistemas de inteligencia artificial que pueden estar basados exclusivamente en *software*, como, por ejemplo, *chatbots* y asistentes virtuales de negocios basados en el procesamiento del lenguaje natural, sistemas de reconocimiento facial basados en sistemas de visión artificial o reconocimiento de voz, *software* de traducción automática o análisis de datos basados en el aprendizaje automático, entre otros; por otro lado, están los sistemas incrustados a dispositivos, como, por ejemplo, robots autónomos para la automatización de almacenes o trabajos de montaje de producción o drones autónomos para la vigilancia de la producción o manipulación de paquetes[55].

55 En la última encuesta (2023-2024), el INE aclaraba además que el concepto incluye la utilización empresarial de grandes modelos de lenguaje (LLM) como ChatGPT (OpenAI), Bard (Google), Llama (Meta), Bing Chat (Microsoft), Copilot (Github), entre otros.

GRÁFICO 4. USOS IA POR SECTORES PRODUCTIVOS ESPAÑA, 2024

(% empresas)



Nota: el INE solo ofrece detalle sectorial para empresas de más de 10 trabajadores. Entre paréntesis, por debajo de los grandes sectores, se recoge el uso medio de IA de cada sector.

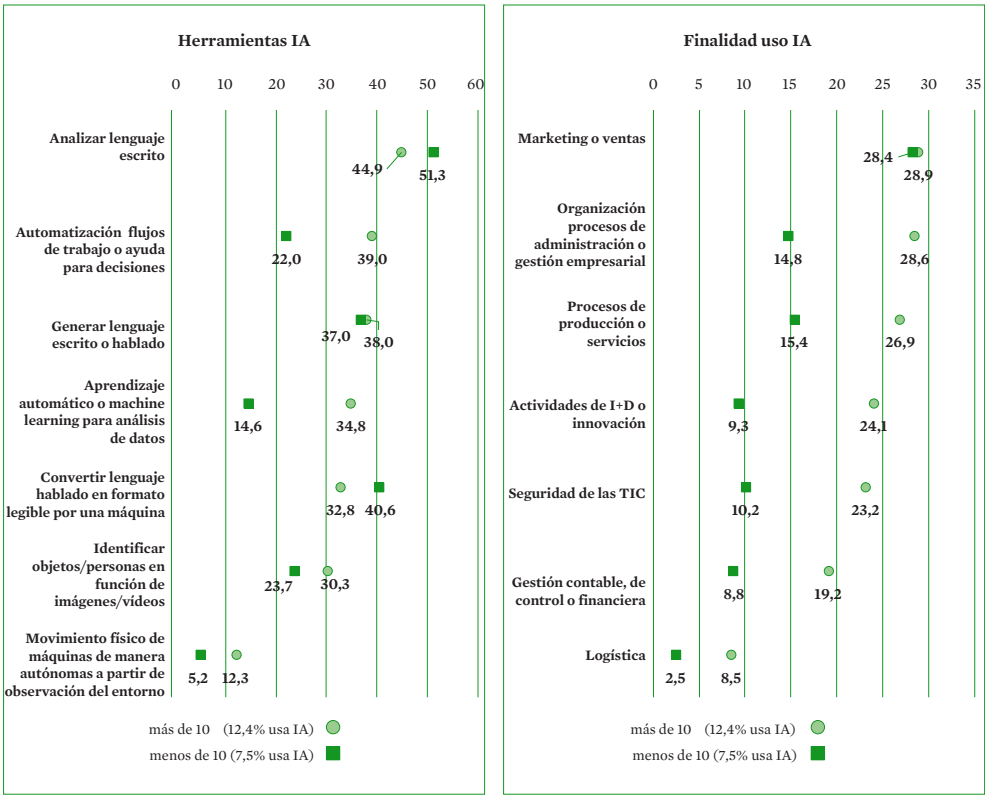
*Excluidos servicios de comidas y bebidas y servicios financieros.

Fuente: elaboración propia a partir de INE, Encuesta sobre el uso de TIC y del comercio electrónico en las empresas (1er trimestre 2024), octubre 2024.

Entre todas estas soluciones, la herramienta de IA más utilizada por las empresas españolas es el análisis del lenguaje escrito, tanto en microempresas como en el resto (gráfico 5). En cuanto a las demás tecnologías, las empresas de menor dimensión recurren principalmente, a la conversión de lenguaje hablado a un formato legible por máquina y a la generación de lenguaje escrito o hablado. Por su parte, el resto del tejido empresarial español hace mayor uso de la automatización de flujos de trabajo y asistencia en la toma de decisiones, además de la generación de lenguaje escrito o hablado.

En el tejido empresarial español, la principal aplicación de la IA es en actividades de *marketing* y ventas, tanto en microempresas como en empresas de mayor tamaño (gráfico 5). Le siguen su uso en la organización de procesos administrativos y de gestión empresarial, así como en la ejecución de procesos de producción o prestación de servicios. Sin embargo, en estos dos ámbitos y en el resto, las microempresas recurren a la IA con menor intensidad de lo que lo hacen las empresas de más de diez o más empleados.

GRÁFICO 5. HERRAMIENTAS Y FINALIDAD DE USO DE LA IA DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS, 2024
(% sobre empresas que usan IA)



Fuente: elaboración propia a partir de INE, Encuesta sobre el uso de TIC y del comercio electrónico en las empresas (1er trimestre 2024), octubre 2024.

Finalmente, de cara al diseño de medidas de promoción de uso de la IA por parte del tejido productivo, resulta interesante conocer las razones por las que las empresas deciden no adoptar estas tecnologías, incluso después de haber considerado su implementación (gráfico 6).

Más de tres de cada cuatro empresas españolas han desistido de utilizar IA debido a la falta de conocimientos especializados relevantes en la empresa, lo que constituye la principal barrera para la adopción de esta tecnología en España.

Asimismo, las microempresas se ven disuadidas de utilizar la IA debido a la inseguridad jurídica que les genera la falta de claridad sobre las consecuencias legales de su uso o por el riesgo de infringir las normativas de protección de datos y privacidad. En el resto de las empresas, la incertidumbre legal es también la segunda razón más importante para no adoptar esta tecnología, seguida de la dificultad para obtener los datos necesarios o garantizar su calidad.

Finalmente, resulta revelador que menos de un 10 por 100 de las empresas (de 10 o más empleados) no hayan hecho uso de la IA porque no la encuentran útil; en el caso de las microempresas es un 16,5 por 100.

A pesar de los avances logrados en los últimos años, la persistencia de las brechas digitales en España, objeto de análisis continuo por parte de este Consejo, puede suponer un desafío añadido tanto para la integración de la IA en la estructura productiva española como para su apropiación social.

Brechas digitales e IA

La transformación digital, en general, y los desarrollos de IA, en particular, necesitan redes de alta capacidad, como la fibra óptica o el 5G, almacenamiento en la nube y centros de datos y una elevada capacidad de procesamiento. Así, por ejemplo, actividades que necesitan procesamiento en tiempo real, como las relacionadas con la sanidad digital, la industria 4.0, la movilidad conectada o la ciberseguridad se apoyan en esas infraestructuras.

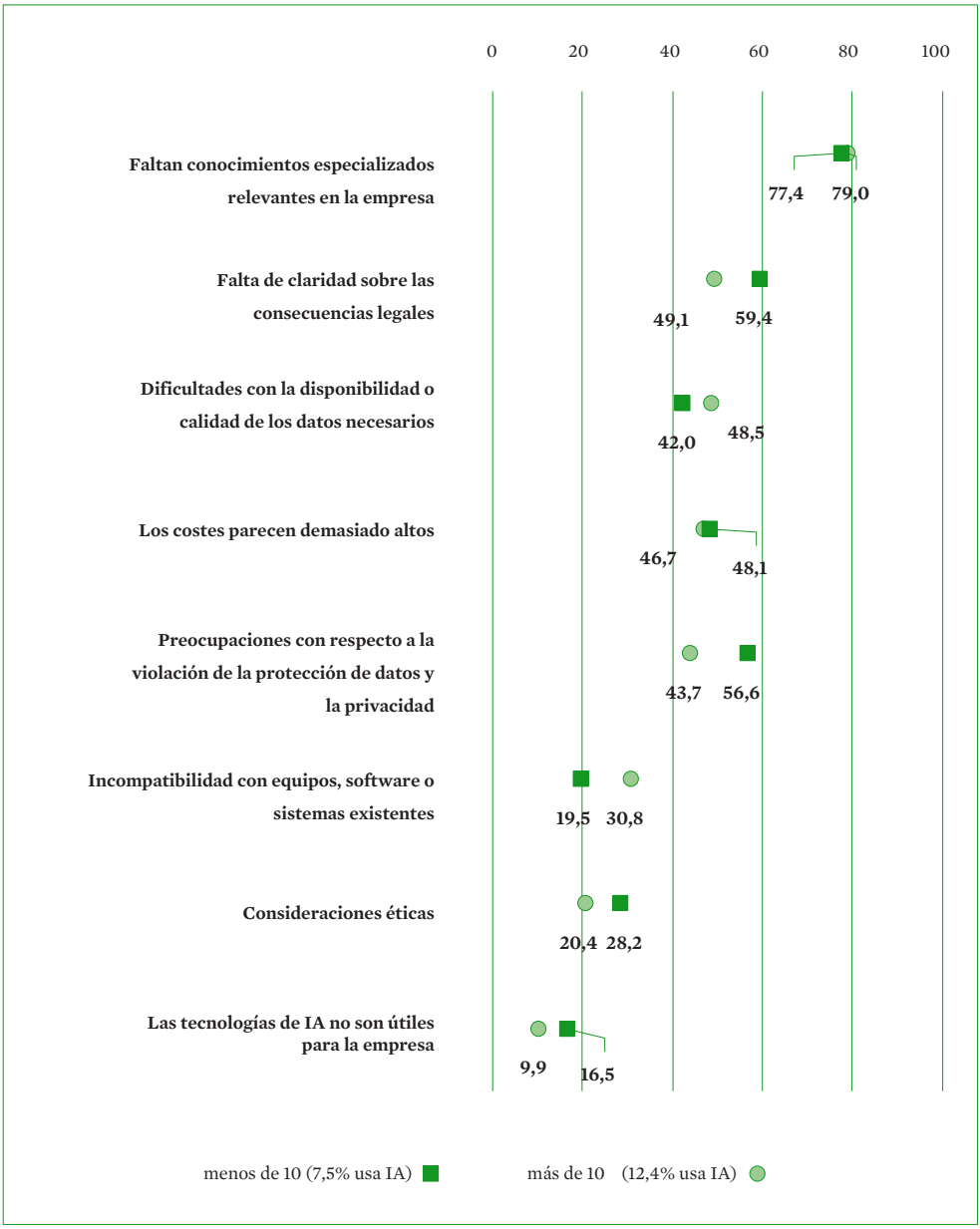
Sin duda, los avances logrados en conectividad digital en España[56] facilitan la integración de estas nuevas tecnologías, sin embargo, sigue siendo limitada en algunas zonas del medio rural o en áreas de baja densidad poblacional, lo que podría constituir una barrera para el desarrollo de la IA y condicionar su aprovechamiento, especialmente en el sector primario y en las pequeñas y medianas empresas que conforman la mayor parte del tejido productivo en el entorno rural. De hecho, a la brecha territorial entre el medio rural y el urbano se vienen a sumar las diferencias en los usos digitales por razones de tamaño empresarial o por razones socioeconómicas.

Una vez más, el CES quiere insistir en la necesidad de intensificar los esfuerzos de despliegue en las zonas rurales a fin de garantizar la misma capacidad de las redes de telecomunicaciones de alta velocidad como manera de evitar que se produzca, nue-

56 European Commission, *Spain 2024 Digital Decade Country Report*.

GRÁFICO 6. RAZONES DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS PARA NO USAR IA

(% sobre total de empresas que alguna vez han considerado utilizar alguna tecnología de IA)



Fuente: Elaboración propia a partir de INE, Encuesta sobre el uso de TIC y del comercio electrónico en las empresas (1er trimestre 2024), octubre 2024.

vamente, una brecha digital entre los territorios españoles tanto en infraestructuras como en futuros usos avanzados como la IA y, para contribuir a la cohesión territorial.

En cuanto a la brecha empresarial, las pequeñas y medianas empresas, por lo general, usan menos intensivamente soluciones de IA, tal y como se ha expuesto. Su difícil acceso a la financiación, la falta de personal cualificado en tecnologías avanzadas o una cultura digital menos desarrollada son los principales factores explicativos de esa diferencia respecto a las grandes empresas. Todo ello limita las inversiones en infraestructuras tecnológicas y dificulta la incorporación de soluciones basadas en IA entre el pequeño empresariado.

Además, desde una perspectiva dinámica, esa brecha puede agrandarse, puesto que aquellas empresas que adoptan y aplican soluciones de IA de manera temprana tienden, por lo general, a mejorar su eficiencia y aumentar su competitividad, generando una mayor capacidad para seguir reinvirtiendo en nuevas tecnologías, aspecto que, como se ha indicado, es consustancialmente necesario en el marco de la nueva revolución industrial. De este modo, van generando experiencia y capacidad innovadora que retroalimenta positivamente su posición ventajosa ampliando la brecha empresarial.

Para hacer frente a este problema, la nueva Estrategia de Inteligencia Artificial 2024 española dedica su palanca número 6 a ayudar a la expansión de la IA en el sector privado, en particular en las pequeñas y medianas empresas, y lo hace con el objetivo de «capitalizar los aumentos de productividad en todos los sectores y generar nuevas oportunidades de negocio a través de servicios de valor añadido donde la IA proporcione un valor diferencial». Para ello, contempla tres iniciativas: la primera, dedicada a la incorporación de la IA a los procesos de las pymes, que, entre otras medidas, introduce el *Kit Consulting*, siguiendo el modelo del *Kit Digital*, para asesorar a las pymes en la adopción de soluciones de IA y se apoya en la plataforma Acelera pyme. La segunda iniciativa va destinada al desarrollo del ecosistema de emprendimiento en IA para facilitar el acceso a la financiación de *startups* o a consolidar el desarrollo de empresas de base tecnológica altamente innovadoras *(scale-ups)* que desarrollen nuevas soluciones de IA. Y la tercera y última trata de establecer una infraestructura segura para que el tejido empresarial pueda desarrollar y probar nuevos productos y servicios a través de la creación de modelos específicos y especializados en sectores o actividades.

No obstante, más allá de las iniciativas concretas, este Consejo estima conveniente que las pequeñas empresas desarrollen, además, una cultura corporativa catalizadora del cambio tecnológico y participen en ecosistemas que aseguren estrategias de cooperación interempresarial. Cabe insistir en la necesidad de una mayor sensibilización, alfabetización y promoción de la digitalización entre el pequeño tejido empresarial en España que les permita conocer la verdadera dimensión del proceso y las implicaciones de las nuevas tecnologías en el futuro de sus negocios.

Retos y oportunidades en ciberseguridad

De acuerdo con las últimas cifras del Ministerio del Interior sobre criminalidad en España, las estafas informáticas

CUADRO 2. CIBERCRIMINALIDAD, HECHOS CONOCIDOS POR CATEGORÍA DELICTIVA

Categoría	2019	2020	2021	2022	2023
Acceso e interceptación ilícita	4.004	4.653	5.342	5.578	7.367
Amenazas y coacciones	12.782	14.066	17.319	15.982	17.472
Contra el honor	1.422	1.550	1.426	1.191	1.174
Contra propiedad indust./intelectual	197	125	137	114	64
Delitos sexuales	1.774	1.783	1.628	1.646	1.804
Falsificación informática	4.275	6.289	10.476	12.569	15.137
Fraude informático	192.375	257.907	267.011	335.995	427.448
Interferencia datos y en sistema	1.473	1.590	2.138	1.662	1.659
Total hechos conocidos	218.302	287.963	305.477	374.737	472.125

Fuente: Ministerio del Interior, *Informe sobre la cibercriminalidad en España, 2023.*

alcanzaron en 2024 las 414.133 infracciones, un 3,1 por 100 menos que en 2023. No obstante, la tendencia a largo plazo indica la creciente importancia de estos delitos. En su último informe disponible sobre cibercriminalidad en España, el Ministerio del Interior indicaba que, entre 2019 y 2023, los delitos informáticos crecieron un 116 por 100, pasando de 218.302 a 472.125 casos registrados, lo que evidencia la creciente exposición de la ciudadanía y las empresas a este tipo de amenazas.

En 2023, nueve de cada diez delitos eran de fraude informático —de introducción, alteración o borrado de datos informáticos, o la interferencia en sistemas informáticos, con el objetivo de obtener un lucro— con un crecimiento del 122,2 por 100 en el último lustro. Destaca, asimismo, la falsificación informática que, aunque con cifras absolutas menores, ha registrado el mayor crecimiento relativo, con un aumento del 254,1 por 100. También destacan los aumentos en accesos ilícitos e interferencias en sistemas, así como en delitos sexuales cometidos a través de medios digitales, lo que refleja una diversificación creciente del cibercrimen. Solamente los delitos contra el honor o contra la propiedad industrial e intelectual han experimentado descensos en los últimos cinco años.

El último Premio de Investigación del CES ha abordado precisamente esta problemática y, en su resumen ejecutivo, señalaba que «la digitalización ha transformado a la economía y la sociedad, aunque estos cambios han provocado un incremento exponencial de la ciberdelincuencia. Este problema resulta cada vez más evidente, porque las amenazas son mucho más sofisticadas debido al uso intensivo y extensivo de tecnologías emergentes. Los ciberdelincuentes aprovechan un amplio abanico de herramientas digitales buscando atacar ordenadores y sistemas, comprometer datos sensibles y ejecutar delitos con mayor facilidad y rentabilidad. (...) Esta situación se complica por la ausencia de un marco legal unificado y la falta de consenso internacional en ciberseguridad. Esta escasa —incluso nula— coordinación puede implicar una

relativa impunidad de los ciberataques, incrementando tanto el impacto económico como la erosión de la confianza en los sistemas digitales, cercenando el comercio electrónico. Además, esta creciente sofisticación de los ciberataques no entiende de tamaño ni de sector empresarial. Debido a la interconexión, ninguna empresa, organización o persona está totalmente segura, ni siquiera aquellas de mayor tamaño y/o las que cuentan con medios económicos y tecnológicos suficientes.»

En este marco, la inteligencia artificial desempeña actualmente un papel clave en la detección y respuesta a ciberataques, gracias a su capacidad de análisis predictivo a partir de grandes volúmenes de datos en tiempo real, que le permite identificar comportamientos anómalos y predecir, en consecuencia, potenciales amenazas[57]. Además, la IA puede automatizar las respuestas a los ciberataques, permitiendo que sean más ágiles y eficaces, lo que mejora la ciberresiliencia. No obstante, la IA también plantea desafíos importantes, ya que su utilización por la ciberdelicuencia ha traído consigo ataques cada vez más sofisticados, como el *phishing* automatizado[58] o la creación de *deepfakes*[59], haciendo más difícil su detección.

Todo ello supone un reto económico/financiero y técnico en términos de ciberseguridad puesto que requiere, por un lado, invertir de manera continua en soluciones e infraestructuras de *software* avanzadas y, por otro, contar con personal cualificado en este terreno, siendo esto último un gran reto para casi todas las economías, incluidas la española[60]. De hecho, la supervisión humana es esencial para asegurar que el uso que se haga de la IA en el ámbito de la ciberseguridad sea equilibrado y ético.

En España, los esfuerzos se han venido concentrando en el fomento de la I+D para el desarrollo de la inteligencia artificial. Ya en 2019, el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades presentó la Estrategia Española de I+D+i en Inteligencia Artificial, que en coherencia con el «Plan Coordinado de la IA» europeo de 2018, constituiría el embrión de la Estrategia Nacional para la Inteligencia Artificial y concentraba los esfuerzos en fomentar la I+D+i en IA en tecnologías relacionadas con la medicina personalizada, los servicios turísticos, la ciberseguridad y en el desarrollo de una administración pública interoperable y digital.

I+D+i e IA, una relación bidireccional

A partir de 2021, en el marco del Plan de Recuperación, se lanzó el programa Misiones de I+D en Inteligencia Artificial, como parte de la agenda España Digital

57 Galián L. (2024): «Impacto de la IA en la ciberseguridad. Reforzar la resiliencia digital», *Revista Bit,* núm. 232, págs:14-18. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.

58 El *phishing* automatizado con IA permite generar y distribuir grandes volúmenes de mensajes fraudulentos, adaptando el contenido a cada víctima mediante técnicas de procesamiento de lenguaje natural o análisis de perfiles.

59 Proceso que utiliza técnicas avanzadas de IA, especialmente redes neuronales, para generar contenido audiovisual falso, aunque realista.

60 Cabe reseñar que la ciberseguridad se ha contemplado como objetivo prioritario en el Plan Industrial y Tecnológico para la Seguridad y la Defensa presentado en 2025. Así, se dedica un 31 por 100 de los fondos a desarrollar y adquirir nuevas tecnologías de telecomunicación y ciberseguridad.

2025, de la Estrategia Nacional de Inteligencia Digital, con el objetivo de financiar, hasta finales de 2024, proyectos colaborativos que integren grandes empresas, pymes e instituciones de conocimiento y un enfoque en tecnologías de baja y media madurez[61]. La valoración de los proyectos seguirá criterios como la reducción de brechas sociales, la transición ecológica o la inclusión de pymes, y deberán enmarcarse en uno de cinco sectores estratégicos: agricultura con huella de carbono neutra, salud preventiva, recuperación ambiental, empleo adaptado al futuro laboral y energía basada en renovables. Asimismo, la inversión en la I+D relativa al desarrollo de infraestructuras como los centros de datos o la supercomputación, así como el fortalecimiento del capital humano en este ámbito, generan un ecosistema tecnológico propicio para desarrollar la IA.

En sentido inverso, la propia IA es una herramienta muy potente para la investigación y está revolucionando los procesos de I+D de manera evidente. De hecho, la IA tuvo su propio protagonismo en los Premios Nobel de 2024, cuando los galardones de Física y Química premiaron a científicos cuyo trabajo se centraba en el desarrollo y aplicación de herramientas de IA[62].

En efecto, la IA está adquiriendo un papel cada vez más relevante en los procesos de I+D debido a las múltiples ventajas que ofrece para las distintas fases de estos procedimientos. Entre otras: la capacidad para analizar grandes volúmenes de datos, la formulación automatizada de hipótesis, la modelización de fenómenos complejos, la optimización de diseños experimentales o la validación de resultados. Todo ello permite no solo agilizar el ritmo del descubrimiento científico, sino también proporcionar un apoyo sustantivo a la labor investigadora. En disciplinas como la ingeniería, la biotecnología o la farmacología, la IA ha demostrado su potencial para reducir significativamente los plazos de investigación, como evidencia el desarrollo de nuevos materiales en plazos de semanas frente a los años que requerían anteriormente[63].

Las aplicaciones de la IA a la I+D+i merecen una reflexión tanto por las oportunidades que ofrecen como por los riesgos y desafíos que implican. En febrero de 2025, la Fundación COTEC[64] celebró un taller transdisciplinar para explorar el papel de la inteligencia artificial en la investigación, el desarrollo y la innovación. En concreto,

61 En abril de 2025, el Consejo de Ministros aprobó una convocatoria para proyectos de investigación en inteligencia artificial, gestionada por la Agencia Estatal de Investigación y con un presupuesto inicial de 31 millones de euros, ampliable a 36 millones, no ligado ya al PRTR. Esta iniciativa, enmarcada en el Plan Estatal de Investigación 2024-2027, tiene como objetivo impulsar el talento especializado en IA y responder a desafíos científicos, técnicos, sociales y económicos.

62 Geoffrey Hinton y John Hopfield recibieron el Nobel de Física por crear modelos de aprendizaje automático basados en redes neuronales, sentando las bases técnicas de la IA moderna. El Nobel de Química fue un galardón compartido por David Baker por el diseño computacional de nuevas proteínas y por Demis Hassabis y John M. Jumper por crear AlphaFold2, una herramienta que decodifica las estructuras de proteínas microscópicas; todo ello clave, por ejemplo, para entender enfermedades raras o desarrollar nuevos fármacos.

63 Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. *The AI Index Report: Measuring Trens about AI, 2024.*

64 COTEC, *Conclusiones del Taller sobre el impacto de la IA en los procesos de I+D+i, 2025.*

RECUADRO 3. RETOS PARA LA I+D+I QUE PLANTEA LA IA

1. En cuanto al **talento y la formación**, se apunta que un uso creciente de la IA en investigación puede generar dependencia, afectando a habilidades como la intuición científica o el pensamiento crítico, cuando estas son necesarias para generar disrupciones científicas. Además, el recurso a la IA puede restar importancia a la relación entre investigadores veteranos y más nuevos (incluidos doctorandos), hasta ahora esencial para la transmisión de conocimiento o para la valoración crítica de los resultados. Por ello, es clave rediseñar la educación para integrar la IA sin perder las capacidades esenciales de los investigadores.
2. Puede afectar a la **publicación científica**, ya que un uso masivo de IA para redactar *papers* puede poner en riesgo la autenticidad y calidad de la producción científica, y cuestionar el sistema actual de evaluación por publicaciones. Sin embargo, la IA podría aportar objetividad al sistema al divulgar resultados negativos/fallidos, superando el actual sesgo hacia la publicación de resultados positivos, lo que será de ayuda a investigaciones futuras.
3. Favorece la **investigación interdisciplinar** al facilitar la colaboración entre investigadores de distintas materias a través de análisis de datos complejos/distintos de los de la disciplina propia, revelando posibles conexiones inesperadas. No obstante, la IA también podría reemplazar al diálogo directo entre investigadores, lo que resulta preocupante y, en definitiva, empobrecedor, ya que, por el momento, el intercambio humano de ideas resulta esencial.
4. Supone un desafío para la **burocracia científica** actual y el apoyo financiero, ya que la velocidad que imprime la IA a la investigación se enfrenta a procedimientos lentos y largos a la hora de obtener financiación pública.
5. El acceso y la adopción de la inteligencia artificial están marcados por **desigualdades** que afectan especialmente a los agentes con menos recursos, lo que puede aumentar las brechas existentes en cuanto a la innovación. Por ello, es esencial democratizar su acceso, fomentar la formación y desarrollar infraestructuras y ecosistemas compartidos.
6. En las organizaciones, la IA puede suponer un cambio en la manera de hacer I+D+i puesto que facilita la comunicación e integración entre departamentos diferentes, lo que puede requerir cambios en su estructura, funcionamiento y, evidentemente, en su **cultura de innovación**. En todo caso, la automatización debe equilibrarse con la preservación de equipos multidisciplinares para no perder la diversidad de perspectivas que es el origen de la innovación más disruptiva.
7. La IA hace surgir cuestiones **éticas y regulatorias** nuevas. La ausencia de marcos regulatorios claros puede generar problemas de sesgos en los modelos de IA, de ahí que resulte esencial establecer normas que aseguren equidad y transparencia, para comprender y validar los resultados generados por la IA, manteniendo la integridad científica. Además, pueden surgir dudas sobre la atribución de autoría y propiedad intelectual cuando la IA influye significativamente en los descubrimientos científicos.
8. ¿Supone **el fin de la economía del conocimiento**? Actualmente, el conocimiento es un bien escaso, pero si la IA simplifica y abarata la generación y aplicación de investigaciones podría convertirse en un *commodity*, similar a Internet. Además, aunque la IA democratizaría descubrimientos e invenciones, reduce la ventaja competitiva de quienes los promueven, disminuyendo también el incentivo para protegerlos mediante propiedad industrial.

Fuente: elaborado a partir de COTEC, *Conclusiones del Taller sobre el impacto de la IA en los procesos de I+D+i, 2025.*

COTEC identifica ocho retos planteados por la IA generativa en los procesos de investigación científica que cuestionan los procesos de investigación convencional y obliga a repensar la gobernanza de instituciones y empresas investigadoras (recuadro 3).

5. El papel de las políticas económicas ante el reto tecnológico

Las oportunidades y retos que plantea el cambio tecnológico, como el CES ha señalado en reiteradas ocasiones, deben ser abordados desde un enfoque multidimensional con el objetivo de lograr un equilibrio entre favorecer e impulsar un desarrollo tecnológico acelerado y, al mismo tiempo, garantizar que los beneficios de este lleguen a toda la sociedad sin comprometer derechos fundamentales, minimizando las consecuencias no deseadas sobre los equilibrios económicos y sociales y garantizando que nadie «se quede atrás», ni la ciudadanía, ni sectores, ni empresas, ni territorios.

En este sentido, una política económica en favor de la IA debe contemplarse como una estrategia integral que, sobre la base de unos principios y reglas de juego claras y transparentes, persiga maximizar los beneficios para la sociedad y limitar los riesgos y efectos negativos del cambio tecnológico[65].

Para ello, es imprescindible contar con un marco de gobernanza de la IA que, partiendo de los principios de equidad, transparencia y responsabilidad, tenga como objetivo lograr una IA confiable, inclusiva, sostenible y enriquecedora[66]. Sin embargo, también implica abordar una regulación clara que otorgue seguridad y un ecosistema digital que estimule la innovación y favorezca la investigación científica, con instrumentos que faciliten la adopción de la IA por ciudadanos y empresas, especialmente pymes, tanto en lo que se refiere a las capacidades físicas como en las competencias de los recursos humanos y organizacionales.

El enfoque de la Unión Europea respecto a la inteligencia artificial, como ya se ha señalado, se ha venido centrando desde el primer momento en impulsar la investigación y la capacidad industrial, garantizando, al mismo tiempo, la seguridad y los derechos fundamentales. La excelencia y la confianza son los elementos que sustentan este planteamiento con el objetivo de poder disfrutar de los beneficios de la IA de forma segura y protegida. Es en este contexto en el que se deben situar las iniciativas normativas y estratégicas que se desplieguen en España en el ámbito de la inteligencia artificial.

La rápida evolución de las tecnologías de IA hace necesario articular políticas que consideren y gestionen proactivamente los cambios tecnológicos impulsados por esta y sus desarrollos futuros. Sin embargo, esto supone contar previamente con un marco de gobernanza en el que los responsables políticos, los interlocutores sociales,

Establecer un marco de gobernanza de la IA

65 OECD (2024), *Assessing potential future AI risks, benefits and policy imperatives*, Artificial Intelligence Papers.

66 Wirjo, A *et al* (2022), *Artificial Intelligence in Economic Performance*, Policy Brief Asia-Pacific Economic Cooperation, nº 52, November.

las empresas, la comunidad investigadora y otros actores de la IA se comprometan con unos principios comunes y con unas acciones concretas dirigidas a capturar los beneficios de la IA y gestionar los riesgos, pero también a fortalecer las capacidades para anticipar y dar forma a los desarrollos futuros de la IA.

Desde hace ya más de una década, se viene prestando atención a la gobernanza global del proceso de digitalización con el fin de que la transición resulte en un balance positivo. En este contexto, la propia gobernanza de la IA ha cobrado especial relevancia por sus implicaciones éticas, de seguridad y confianza. La «Declaración de Principios de la IA» de la OCDE señalaba, ya en 2019 que la tecnología debía respetar los derechos humanos y los valores democráticos, y que, el principio de responsabilidad en su desarrollo debía ir ligado a la seguridad, la protección y la privacidad. Desde entonces, instituciones a nivel internacional y europeo, pero también numerosos Estados, han alcanzado consensos para establecer un marco de gobernanza que garantice la protección de las personas y sus derechos fundamentales, acordar unos valores éticos en su uso y generar confianza al tiempo que se fomenta su innovación.

En este contexto, la Comisión Europea ha sido pionera con la creación del Grupo de Expertos de Alto Nivel en Inteligencia Artificial ya en 2019, la aprobación de las «Directrices éticas para una IA Fiable» y la publicación del «Libro Blanco sobre Inteligencia Artificial» que establecía el enfoque europeo para promover el desarrollo de la IA basado en dos pilares: la excelencia técnica y la confianza en la IA. Más recientemente, en 2024, ha regulado el uso de la IA, que sigue un enfoque basado en los riesgos de su uso y establece usos prohibidos como consecuencia de estos.

Contar con un marco de gobernanza de la IA requiere una mayor coordinación entre organismos supranacionales y países, pero también a otros niveles (regional y local), fomentar la colaboración público-privada y promover alianzas con personas expertas. Todo ello con el fin de promover una IA segura, confiable y adaptable a los rápidos avances que se están produciendo, sobre la base de principios éticos acordados de manera conjunta y global por organismos supranacionales, gobiernos y empresas. Así se señala en el informe «Gobernanza de la IA en beneficio de la humanidad» aprobado en 2024 por la ONU, que proponía la creación de un grupo internacional de científicos, de foros internacionales sobre normas y políticas de gobernanza, de una red de centros de desarrollo de capacidades en IA, de un marco mundial de datos y de un fondo de financiación para reducir las brechas que pudiesen surgir.

Por otro lado, la IA puede contribuir a la propia formulación e implementación de las políticas públicas[67]. La posibilidad de apoyarse en la IA para realizar ejercicios de previsión estratégica con mayores volúmenes de información permite abordar problemas complejos, evaluar la viabilidad y eficacia de diferentes opciones políticas y, de este modo, orientar la toma de decisiones. Asimismo, puede contribuir al

67 Wirjo, A *et al.* (2022), *Artificial Intelligence in... op. cit.*

seguimiento y evaluación de las políticas públicas posibilitando el tratamiento de los datos de resultados masivos. Todo ello deriva en una mejora de la eficiencia y calidad de los servicios públicos.

El desarrollo de la IA requiere contar con un marco regulatorio claro y transparente que establezca las mismas reglas de juego para todos los actores involucrados en este proceso de cambio tecnológico. La regulación debe buscar el equilibrio entre garantizar la protección y la seguridad jurídica de ciudadanos y empresas sin frenar la creatividad y la competitividad empresarial y una amplia aceptación de la IA[68]. El marco regulatorio debe propiciar un clima inversor favorable a la innovación con la flexibilidad necesaria para dar cabida a los rápidos avances tecnológicos en este ámbito.

Garantizar un marco regulatorio que ofrezca seguridad y protección

Los desarrollos normativos, en este sentido, deben apoyarse en la Ley europea de IA aprobada en 2024 que, consciente de la disrupción que supone esta nueva tecnología, ha articulado un marco regulatorio armonizado a escala europea y de carácter transversal en materia de inteligencia artificial; todo ello más allá de regulaciones específicas en cuestiones clave que afectan al desarrollo de la IA como la privacidad de los datos, la ciberseguridad, el intercambio digital de información o las propias normas de competencia para evitar dinámicas de concentración del mercado.

En todo caso, existen brechas regulatorias relacionadas con la IA, especialmente en lo que respecta a la transparencia, la rendición de cuentas, la no discriminación, las prácticas de control poco éticas, la recopilación de datos y su uso, así como las implicaciones de ello, por ejemplo, en la seguridad económica, pero también en relación con los derechos de propiedad que sustentan el resultado de las aplicaciones de IA con implicaciones de gran alcance. De hecho, existe incertidumbre legal sobre las cuestiones relacionadas con los derechos de propiedad tanto del contenido de las aplicaciones de IA como de los retornos, que puede reducir los incentivos a mayores inversiones en su desarrollo y a la generación de contenido, penalizando la actividad innovadora. De ahí la necesidad de adecuar este marco regulatorio a los rápidos desarrollos surgidos en este ámbito.

Contar con un ecosistema digital que favorezca el desarrollo de la IA

El desarrollo de la IA requiere de la existencia de un ecosistema digital que permita aflorar la innovación surgida con el propio cambio tecnológico, ya que la IA tiene un enorme potencial para generar nuevas innovaciones. Por ello, disponer de un ecosistema de IA es esencial para cualquier territorio con el fin de seguir innovando y promover la generación de oportunidades.

68 Simons, W *et al.* (2024), *Artificial Intelligence: Economic Impact, opportunities, challenges, Implications for policy*. European Commission Discussion Paper 210, July.

Como se ha señalado en un apartado previo, la IA ofrece nuevas oportunidades al tejido productivo por su propia irrupción, pero también por las mejoras que imprime en otros desarrollos tecnológicos. Además, la IA puede acelerar la investigación científica y generar soluciones avanzadas en numerosos campos como la salud, el cambio climático o el desarrollo industrial, entre otros. De ahí la necesidad de fortalecer las infraestructuras esenciales y facilitar su acceso, apostar por nuevos desarrollos tecnológicos y adoptar tecnologías avanzadas para, también, identificar y corregir vulnerabilidades en los desarrollos.

Todo ello hace necesario articular herramientas que generen un mayor impulso de la I+D y propicien la innovación, reforzando las capacidades para evitar que la economía española se quede atrás en las tecnologías más innovadoras y con mayor potencial de futuro. La apuesta más reciente está en impulsar los desarrollos de computación cuántica, infraestructuras en la nube, modelos de lenguaje en IA y necesidad de talento.

Además, para poder extraer todo el potencial de la IA, se debe propiciar una mayor inversión, especialmente en activos intangibles, donde se detectan graves carencias tanto en I+D+i como en conocimiento. Como se ha comentado con anterioridad, la escasa inversión en intangibles provoca una desigual adopción y utilización de los avances digitales en el tejido productivo, explicando parte del menor crecimiento de la productividad. En este sentido, el CES ha señalado en numerosas ocasiones la importancia del progreso científico y tecnológico. En definitiva, un mayor y eficiente esfuerzo inversor en I+D+i resultan clave para aumentar la productividad de los factores y garantizar la sostenibilidad del crecimiento en el medio y largo plazo, manteniendo un equilibrio entre las dimensiones económica, social y ambiental.

Además, tal y como se ha señalado en un apartado previo, este ecosistema digital debe garantizar la privacidad y seguridad de los datos. Se deben desplegar estrategias de ciberseguridad ya que, debido a la elevada interconexión, ninguna empresa, organización o persona están totalmente seguras, ni siquiera las de mayor tamaño que cuentan con medios tecnológicos suficientes. Su objetivo debe ser ofrecer confianza en cuanto a los usos digitales y evitar brechas de seguridad que den acceso no solo a información individualizada sensible, sino también a los modelos de predicción diseñados a partir de ella.

Por otro lado, contar con datos de calidad resulta clave para la adopción y uso de la IA, ya que los datos son los insumos críticos de esta tecnología. De ahí que un ecosistema digital deba prever no solo la seguridad y privacidad de los datos, sino también su almacenamiento, gestión y tratamiento. En este ámbito tienen cabida las apuestas por la creación de centros de datos masivos para su almacenamiento y la supercomputación para su tratamiento.

La irrupción de las tecnologías digitales ha venido añadiendo una creciente complejidad a las bases de la economía industrial sobre las que se ha edificado la normativa de defensa de la competencia. La IA ahonda esta complejidad, dado que las empresas

Garantizar las reglas de competencia para minimizar las tendencias a la concentración

de mayor tamaño y mayor capacidad de recursos tienen más probabilidad de adoptar, desplegar e, incluso, desarrollar esta tecnología[69]. Así, la presencia de economías de alcance en este ámbito otorga a las empresas participantes fuertes ventajas competitivas frente al resto del tejido productivo.

De hecho, es probable que existan bucles de retroalimentación positiva entre el uso de IA y el tamaño de la empresa: las inversiones en IA se concentran en las empresas más grandes, que, como es lógico, tienen más medios para desarrollar y acceder a la IA y obtener mayores retornos en forma de ventas y cuota de mercado[70].

La evidencia muestra que resulta difícil contrarrestar la concentración de poder de mercado de los grandes actores digitales con el fin de limitar comportamientos alejados de la competencia difícilmente regulables o controlables[71]. Estas preocupaciones forman parte de la reflexión en el marco de las políticas de competencia. De ahí que los ecosistemas digitales y la economía de datos requieran el refuerzo, la revisión y la adaptación de los conceptos, doctrinas y metodologías de la normativa de la competencia con el objetivo de que la difusión y el acceso a la IA se produzcan en términos competitivos con una distribución equitativa de los retornos de esta para el conjunto del tejido productivo.

La inseguridad y sensación de falta de protección que, en muchas ocasiones, se asocia al uso de la IA hace necesario articular mecanismos para generar confianza e

Impulsar la adopción y uso de la IA

impulsar su adopción por parte de ciudadanos y empresas, especialmente pymes. El objetivo debe ser mejorar la prestación de servicios a los ciudadanos y servir como catalizador del cambio en el sector privado.

En este sentido, es necesario superar las barreras existentes para la adopción y el despliegue de la IA. Las políticas públicas deben abordar distintos aspectos, desde facilitar el acceso a infraestructura esencial, como recursos computacionales y datos (iniciativas de intercambio de datos y promoción del acceso a datos protegidos para el entrenamiento, infraestructura en la nube, potencia de cálculo o talento en ingeniería de IA), pero también a financiación bancaria y no bancaria para apoyar las inversiones en capacidades de IA. El despliegue de la IA es particularmente costoso para las pymes, en particular en lo que se refiere al procesamiento de datos, almacenamiento e integración en los sistemas de *software*.

69 Simons, W *et al.* (2024), *Artificial Intelligence: Economic Impact, ...*; *op. cit*.

70 Solo cien empresas, la mayoría en Estados Unidos y China, están detrás del 40 por 100 de la inversión privada mundial en investigación y desarrollo de la inteligencia artificial. Véase UNCTAD (2025), *Informe sobre Tecnología e Innovación 2025: Inteligencia artificial inclusiva para el desarrollo.*

71 Véase Informe CES 1/2021, *La digitalización ...; op. cit*

A nivel empresarial, es necesario diseñar un marco de apoyo para el conjunto del tejido productivo, con especial atención a pymes y micropymes, que incluya medidas de asesoramiento con ventanillas únicas y soluciones centradas en los usuarios, ayudas e incentivos para reforzar las capacidades informáticas y en computación y las infraestructuras de datos a fin de posibilitar la incorporación generalizada de la IA, y medidas formativas en competencias digitales de uso avanzado tanto para los trabajadores como a nivel gerencial y organizativo con el fin de poder aprovechar el potencial de la IA y, al mismo tiempo, contrarrestar los efectos negativos de su implantación y de atracción de talento digital en tecnologías avanzadas.

También se deben promover actuaciones concretas en sectores dinamizadores y alianzas de colaboración, así como crear plataformas para el acceso e intercambio de datos que faciliten la transferencia de tecnología. El objetivo es propiciar la innovación disruptiva y su adopción también en las pymes, por ejemplo, estableciendo «entornos regulatorios de pruebas» desde el sector público a disposición de pymes y *startups* con el fin de que puedan desarrollar y entrenar IA innovadora.

Más allá de estas medidas a nivel nacional, hay que colaborar a nivel europeo con el fin de superar la fragmentación existente en el mercado digital de la Unión Europea y apoyar la creación de conjuntos de datos extensos e integrados necesarios para entrenar modelos de IA.

El acceso tiene que alcanzar también a la ciudadanía, de forma que puedan contar con las habilidades necesarias para aprovechar el potencial de estas nuevas tecnologías y, en particular, de la IA. A este respecto, se pueden abordar medidas para impulsar el talento de IA en la población de forma inclusiva, como se señala con mayor detalle en el apartado relativo a esta cuestión en los capítulos siguientes.

A modo de conclusión

La irrupción reciente de tecnologías disruptivas con gran potencial donde destaca sobremanera la inteligencia artificial, hace necesario abordar una estrategia integral que englobe el desarrollo, despliegue y uso por parte de toda la sociedad y que incluya a todos los actores relevantes, sector público y sector privado, expertos y ciudadanía para poder extraer todo el potencial que ofrecen estas tecnologías y minimizar sus efectos negativos. Ello implica contar con la participación de los agentes económicos y sociales, ya que los desafíos que surgen en sus vertientes económica, laboral, medioambiental y social hacen necesario alcanzar un amplio grado de consenso social sobre los usos de la inteligencia artificial, sus límites y la forma de interactuar entre las personas y los desarrollos con el fin de que la IA sea un instrumento beneficioso para generar un desarrollo estable, sostenible e inclusivo a medio plazo.

RECUADRO 4. IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Una cuarta revolución industrial acelerada por la IA

La economía, el trabajo y la sociedad han cambiado profundamente a golpe de grandes disrupciones tecnológicas que han generado nuevos paradigmas, abriendo el camino a distintas revoluciones industriales.
Actualmente estamos inmersos en la cuarta revolución industrial, constituida por avances tecnológicos plenamente consolidados como la hiperconectividad, la elevada penetración del Internet de las cosas, la aplicación de sistemas de inteligencia artificial o el análisis avanzado del *big data*.

Elementos diferenciales de la IV revolución industrial

Alcance global, plurisectorial e interconectado:

No se limita a un sector específico, sino que transforma múltiples ámbitos de la vida humana más allá del mundo productivo.

Velocidad sin precedentes:

Se despliega de forma vertiginosa, mucho más rápida que las revoluciones anteriores, gracias a tecnologías como la inteligencia artificial, la automatización y la computación cuántica. Impacto generalizado en el empleo. Afecta tanto a tareas manuales como a trabajos intelectuales y creativos, lo que exige una adaptación constante, formación continua y adquisición de nuevas competencias.

Protagonismo del dato:

Está impulsada por el acceso y análisis masivo de datos (*big data*), lo que genera nuevos retos relacionados con la privacidad, la ética y la seguridad de la información.

Desafíos éticos y sociales más complejos:

Surgen debates sobre el equilibrio entre el avance tecnológico y los derechos individuales, especialmente en lo relativo al consentimiento y la protección de datos personales.

Nuevo contexto geopolítico:

A diferencia de etapas anteriores marcadas por la expansión global, la actual revolución se desarrolla en un entorno de revisión de la globalización, con un auge del proteccionismo y la búsqueda de autonomía estratégica tras eventos como la pandemia.

La IA principal elemento disruptivo

Dentro de la cuarta revolución industrial, la inteligencia artificial representa la convergencia de avances en computación, *big data*, aprendizaje en línea y algoritmos.

Otorga a las máquinas la capacidad de realizar tareas propias de la inteligencia humana, como el razonamiento, el aprendizaje o la creatividad, mediante algoritmos y modelos basados en conocimientos matemáticos, estadísticos, lógicos, informáticos y lingüísticos imitando o incluso mejorando funciones cognitivas humana.
Actualmente la versión generativa (IAG) es la que más interés ha suscitado.

Potencialidades y desafíos de la IAG

Potencialidades:

- Crea contenidos de calidad y diversos
- Genera datos sintéticos tabulares
- Completa/sustituye labor humana
- Mejora experiencia usuario
- Democratiza información
- Fomenta I+D

Desafíos:

- Genera contendos falsos
- Crea/amplifica sesgos
- Reduce/limita creatividad
- Provoca/agrava conflictos, dilemas o problemas éticos, legales o sociales
- Dificulta/impide su control, supervisión o regulación

Fuente: COTEC.

Impacto macroeconómico de la IA

Consenso existente:

Potencial transformador de la IA, pero impactos macroeconómicos imprevisibles.

Evidencia empírica:

Prevé un impacto de la IA limitado, ya que se está en una fase temprana de adopción. Las estimaciones a nivel macro muestran impactos evidentes, pero con un rango muy abierto. Por ello, la literatura académica ha optado por estimar el impacto a nivel micro en tareas y ocupaciones concretas y, de ahí, inferir los efectos agregados para el conjunto de la economía. En todo caso, para que se materialicen las ganancias de productividad, los avances en la IA deben diseminarse por toda la economía, lo cual lleva tiempo, ya que deben ser adoptados y desplegados por todas las empresas, incluidas las pymes, y algunas pueden tardar en adoptar estas nuevas tecnologías avanzadas o carecer de las habilidades necesarias para rentabilizarlas.

Limitaciones:

Resulta difícil aproximar en qué medida, cómo y cuándo se materializarán las ganancias de eficiencia resultantes y los potenciales efectos sobre la productividad y el crecimiento económico, que dependerán, de la velocidad de los avances, la diversidad y el desarrollo de aplicaciones, y un despliegue generalizado, e incluso de si se acelerarán aún más o llegarán a estancarse. La falta de indicadores para medir el ahorro de costes derivado dificulta el análisis del impacto.

Otros impactos:

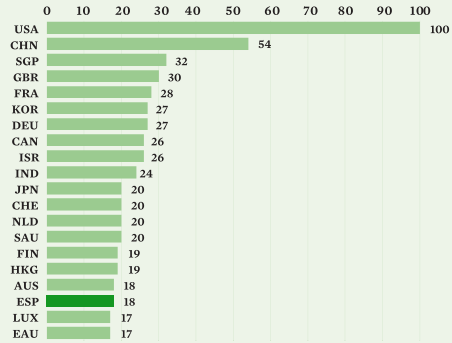
Hay que considerar otros impactos macroeconómicos de la IA en el empleo y en el mercado de trabajo, así como impactos sociales y medioambientales, que han de ser tenidos en cuenta en su conjunto a la hora de valorar su aporte más allá de las ganancias de productividad y crecimiento.

Necesidad de mayores esfuerzos en investigación:

Con el fin de superar el desequilibrio existente entre la magnitud y rapidez con que surgen y se implantan estas tecnologías disruptivas y el limitado conocimiento sobre sus consecuencias.

RECUADRO 4. IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO *(continuación)*

POSICIONAMIENTO EN INNOVACIÓN E INVERSIÓN EN IA



Fuente: Tortoise, Global AI Index, 19 de septiembre de., 2024.

ÍNDICE DE PREPARACIÓN PARA LA IA DEL FMI, 2023

Mide el grado de preparación a partir de indicadores relativos a infraestructura digital, innovación e integración económica, capital humano y mercado de trabajo, y regulación y ética.

Singapur, Dinamarca y Estados Unidos lideran el índice

La UE está al 66% del grado de preparación óptimo

Dinamarca, Países Bajos, Estonia, Finlancia o Alemania superan el 75%

España se encuentra al 65% de la preparación óptima

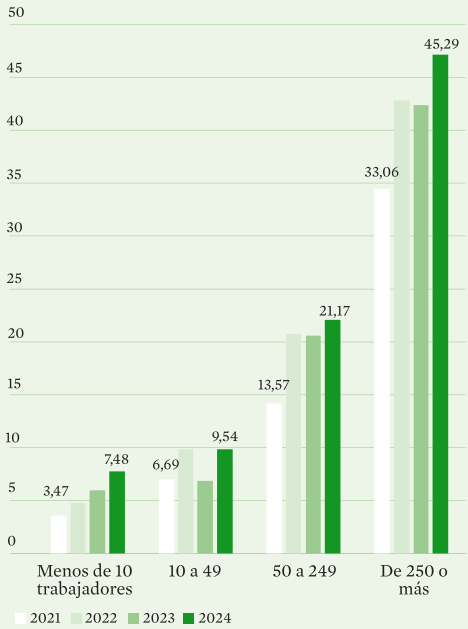
Por categorías, España se sitúa en la media de las economías avanzadas en cuanto a infraestructuras digitales e innovación e integración económica, mientras que en capital humano y mercado de trabajo, y regulación y ética se encuentra por debajo.

Inteligencia artificial, motor clave para la actividad productiva

Despliegue en el tejido productivo español: situación y desafíos

Situación

Evolución del uso de la IA en España por tamaño empresarial



- **Notable crecimiento** en la adopción de IA por parte de las empresas españolas.
- Variación significativa de la adopción **según tamaño y sector de actividad.**
- Las **empresas de servicios** son las que mayor uso hacen de la IA en su actividad, un 15,6 por 100.
- Son las **grandes empresas industriales** las que la usan más intensamente la IA, un 48 por 100.
- La herramienta de IA más utilizada por las empresas españolas es el **análisis del lenguaje escrito.**
- La principal aplicación de la IA es en actividades de **marketing y ventas.**
- Más de tres de cada cuatro empresas españolas han desistido de utilizar IA debido a la **falta de conocimientos especializados** relevantes en la empresa.

RECUADRO 4. IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO *(continuación)*

Despliegue en el tejido productivo español: situación y desafíos	**Brechas**	• A pesar de los avances logrados, **persisten brechas digitales** en España que pueden limitar el desarrollo de la IA. • La conectividad sigue siendo limitada en algunas zonas del medio rural o en áreas de baja densidad poblacional. • Las **pequeñas y medianas empresas**, por lo general, usan menos intensivamente soluciones de IA. • Necesidad de una mayor **sensibilización, alfabetización y promoción** de la digitalización del pequeño tejido empresarial.
	Ciberseguridad	• **Creciente exposición** de la ciudadanía y las empresas a este tipo de amenazas. • La IA desempeña actualmente un **papel clave** en la detección y respuesta a ciberataques. • La IA también plantea desafíos, ya que su uso por la ciberdelicuencia ha traído consigo ataques **cada vez más sofisticados**. • El desarrollo de la IA supone un reto **económico/financiero y técnico** en términos de ciberseguridad. • La **supervisión humana** es esencial para asegurar que el uso que se haga de la IA en ciberseguridad sea equilibrado y ético.
	I+D+i	• En España, los esfuerzos se han concentrado en el **fomento de la I+D** para el desarrollo de la IA. • La propia IA es una herramienta muy potente y está **revolucionando los procesos de I+D.** • **Ventajas:** la capacidad para analizar grandes volúmenes de datos, la formulación automatizada de hipótesis, la modelización de fenómenos complejos, la optimización de diseños experimentales o la validación de resultados. • **Demostrado potencial** en disciplinas como la ingeniería, la biotecnología o la farmacología.
Política económica en favor de la IA	Concebida como una estrategia integral que, sobre la base de unos **principios y reglas de juego claras y transparentes**, debe tener como objetivo lograr un **equilibrio** entre favorecer e impulsar un **desarrollo tecnológico** acelerado y garantizar que los beneficios de este lleguen a toda la **sociedad** sin comprometer derechos fundamentales, minimizando las consecuencias no deseadas sobre los equilibrios económicos y sociales y garantizando que **nadie «se quede atrás».**	
	Elementos clave	• Contar con un **marco de gobernanza de la IA** que, partiendo de los principios de equidad, transparencia y responsabilidad, tenga como objetivo lograr una IA confiable, inclusiva, sostenible y enriquecedora. • Abordar una **regulación clara** que otorgue seguridad. • Impulsar un **ecosistema digital** que estimule la innovación y favorezca la investigación científica. • Promover la **adopción de la IA** por ciudadanos y empresas, especialmente pymes, tanto en lo que se refiere a las capacidades físicas como en las competencias de los recursos humanos y organizacionales.

Conclusión:

El gran reto al que se enfrentan las sociedades en relación con la transformación tecnológica es lograr que la misma, principalmente la digitalización, y los desarrollos e innovaciones conexas, como la IA, se orienten hacia el progreso humano, social y medioambiental.
La irrupción reciente de tecnologías disruptivas con gran potencial y donde destaca sobremanera la IA hace necesario abordar una estrategia integral que englobe el desarrollo, despliegue y uso por parte de toda la sociedad, y que incluya a todos los actores relevantes, sector público y sector privado, expertos y ciudadanía, para poder extraer todo el potencial que ofrecen estas tecnologías y minimizar sus efectos negativos.
Ello implica contar con la participación de los agentes económicos y sociales, ya que los desafíos que surgen en sus vertientes económica, laboral, medioambiental y social hacen necesario alcanzar un amplio grado de consenso social sobre los usos de la IA, sus límites y la forma de interactuar entre las personas y los desarrollos con el fin de que la IA sea un instrumento beneficioso para generar un desarrollo estable, sostenible e inclusivo a medio plazo.

Fuente: elaboración propia.

IMPACTOS LABORALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

1. Impactos en el empleo

El impacto del cambio tecnológico en el empleo puede ser cuantitativo (creación neta o pérdida de puestos de trabajo), cualitativo o una combinación de ambos. Además, el empleo puede verse afectado en términos de cambio de los perfiles de las tareas dentro de los puestos de trabajo y las ocupaciones, y de los requisitos de cualificación relacionados, así como por estos mismos factores, en términos de cambios de las retribuciones y del conjunto de aspectos que definen habitualmente la calidad del empleo. Lo anterior puede agruparse en tres vertientes que se describirán a continuación de forma resumida y para los que se aportará algunos resultados procedentes del ámbito internacional y europeo. Posteriormente, se entrará más afondo en el análisis para España, pero solo en cuanto a volúmenes de empleo, evolución de salarios y características de las personas «más expuestas» al cambio tecnológico. Los otros aspectos entran de lleno, por un lado, con las políticas de empleo y formación y, por otro, con el ámbito de las relaciones laborales, y requieren sus propios desarrollos específicos, orientados también al análisis de las políticas e instrumentos necesarios para gobernar estos cambios.

1.1 VISIÓN GENERAL

Impacto sobre el volumen de empleo

Con carácter general, el impacto que tiene la tecnología sobre el empleo se concreta a través de tres canales principales:

- Un primer canal tiene que ver con el incremento de productividad derivado de las innovaciones y del aumento de capital.
- Otro canal está asociado al desplazamiento de algunos trabajadores que realizan determinadas tareas productivas, las cuales pasan a ser redundantes a causa de las nuevas tecnologías.
- En tercer lugar, las innovaciones tecnológicas generan nuevos puestos de trabajo que requieren de habilidades y de cualificaciones profesionales complementarias a estas.

En general, se estima que las innovaciones tecnológicas hasta ahora han mantenido (e incluso aumentado) los niveles de empleo. En particular, el efecto desplazamiento ha sido tradicionalmente superado por el aumento de la productividad y la aparición de nuevos puestos de trabajo. A nivel agregado, el cambio tecnológico no ha impedido

Impacto neto positivo del cambio tecnológico en el largo plazo

el aumento de las tasas de empleo, sin afectar a la tasa de desempleo en las últimas décadas. De hecho, la demanda de trabajo aumentó fuertemente en consonancia con el aumento de la oferta.

Sin embargo, surge en el último decenio una creciente preocupación en relación con la automatización[72] que se ve alimentada por la percepción de que no solo el cambio es más rápido, sino que tiene una base más amplia que en el pasado, lo que hace que se puedan automatizar más puestos de trabajo de lo que se pensaba. Varios estudios han intentado predecir qué proporción de puestos de trabajo puede automatizarse como resultado de la penetración de las nuevas tecnologías en el lugar de trabajo. Las estimaciones de los primeros estudios se construyeron utilizando la evaluación de expertos sobre la probabilidad de que diferentes ocupaciones puedan ser automatizadas. Este enfoque, centrado en las ocupaciones, arroja elevados porcentajes de personas trabajadoras expuestas a un alto riesgo de automatización (cuadro 3).

Preocupación creciente con la automatización e intentos de medir su impacto

Las críticas de estas estimaciones sostienen que es poco probable que las ocupaciones en su conjunto se automaticen. Aunque la adopción de tecnología ha provocado la desaparición o creación de puestos de trabajo, normalmente sustituye tareas específicas dentro de una ocupación o un puesto de trabajo, transformando, pero no eliminando el puesto. En otras palabras, las tecnologías de automatización desplazarían, sustituirían o transformarían tareas de distintos empleos, pero no puestos de trabajo. Así, nuevos estudios han seguido un enfoque diferente, que tiene en cuenta, además, las tareas que forman parte de la actividad laboral en cada una de las ocupaciones. Desde esta perspectiva, la probabilidad y la exposición estimadas suelen ser mucho menores e incorpora la posibilidad de que los puestos de trabajo se transformen y no desaparezcan, lo que cambia notablemente el concepto de «exposición», que deja de referirse a riesgo de pérdida de empleo (cuadro 3).

Hasta ahora, hay pocos indicios de una caída significativa del empleo global en los mercados de trabajo como resultado de la automatización llevada a cabo en este periodo, incluso en los casos donde se estimaba una mayor proporción de puestos de trabajo en riesgo (cuadro 4). De igual forma, los pocos estudios que han abordado ya el impacto de la IA en el empleo agregado han encontrado poco o ningún efecto en el empleo (cuadro 4). La escasa adopción general de la IA; el escaso aumento de la productividad; el hecho de que los avances en la IA y la exposición a la IA no implican necesariamente la automatización; y la creación de nuevas tareas y puestos de trabajo que impulsan los avances en la IA se suelen destacar entre los motivos que explican que hasta la fecha no se encuentren efectos significativos sobre el empleo.

Impacto neutro de las tecnologías de automatización previas a la IA generativa

72 La automatización puede entenderse como la aplicación de la tecnología para obtener resultados con la mínima intervención humana. Las tecnologías de automatización engloban, por tanto, un amplio conjunto de tecnologías, incluidas las digitales —que incluyen tanto el *software* convencional como el impulsado por IA, que puede ser o no IA generativa— y sistemas mecánicos, entre otros.

CUADRO 3. RESUMEN RIESGOS DE AUTOMATIZACIÓN. ESTUDIOS SELECCIONADOS

Publicacion	Nivel de análisis	Enfoque	Resultados
Frey y Osborne (2013, 2017)	País: EE. UU..	Ocupaciones	estimaban que casi la mitad de todos los empleos (47%) corren el riesgo de ser sustituidos por ordenadores o algoritmos en los próximos años.
Bowles (2014)	Varios países: UE	Ocupaciones	Estima un riesgo medio de automatización del 54% para el conjunto de la UE y del 55% para España.
Josten y Lordan (2020)	UE	Ocupaciones	Estiman que el 47,4% de los empleos serán automatizables en una década (de los cuales el 35,2% son totalmente automatizables).
Crowley *et al.*, (2021)	Regiones europeas	Ocupaciones	Entre las regiones europeas, existe una variación significativa en la exposición a la probabilidad de automatización. Las regiones con mayor riesgo se encuentran en Europa del Este, la zona mediterránea y las regiones occidentales.
Yamashita y Cummins (2021)	País: EE. UU.	Ocupaciones	48% de los empleos en riesgo.
Gallego (2017	20 países europeos	Ocupaciones	Estima el riesgo medio en España del 52%, el riesgo más alto se daría en Lituania, República Checa y Portugal (46%) y el mínimo en Finlandia, Noruega y suiza (46%).
Domenech *et al.* 2018	España	Ocupaciones	Estiman un porcentaje de empleo en riesgo alto para España del 36% para el promedio del periodo 2011-2016.
Pouliakas, 2018)	Varios países: UE	Tareas	Estima un riesgo alto de sustitución del 13,9% del empleo para el conjunto de la UE.
Arntz *et al.*, (2016)	21 países OCDE	Tareas	Estiman que el 9% de los empleos están en alto riesgo de automatización en el conjunto de 21 países de la OCDE (12% en España).
Nedelkoska and Quintini (2018)	32 países OCDE	Tareas	Estiman que el 14% de los empleos están en alto riesgo de automatización en el conjunto de 21 países de la OCDE (22% en España).
Manyika (2017)	Varios países del mundo	Tareas	Estima que el 49% de las actividades laborales globales pueden automatizarse (España el 48%).
Foster-McGregor *et al.*, 2021)	Varios países: UE	Tareas	Estiman que entre el 47 y el 64% de los empleos son automatizables.
McGuinness *et al.* (2021)	Europa	Tareas	Estiman el porcentaje de trabajadores afectados por el cambio tecnológico: las tasas más altas en Estonia (28%), Eslovenia (25%), Chequia (24%), Portugal (21%) e Irlanda (21%). Las tasas más bajas (<7%) en Bulgaria, Malta y Luxemburgo.

Fuente: elaboración propia..

CUADRO 4. RESUMEN IMPACTO NETO DE LA TECNOLOGÍA SOBRE EL VOLUMEN DE EMPLEO. ESTUDIOS SELECCIONADOS

Publicación	Nivel de análisis	Tipo de tecnología	Impacto neto
Autor and Salomons (2018)	País	Tecnologías de automatización	Positivo
Dekle (2020)	País	Tecnologías de automatización	Positivo
Sahin, (2020)	País	Tecnologías de automatización	Positivo
Fu *et al.* (2021)	País	Tecnologías de automatización	?
Acemoglu *et al.* (2020b)	Industria	Tecnologías de automatización	Positivo
Aubert-Tarby *et al.* (2018)	Industria	Tecnologías de automatización	Positivo
Klenert *et al.* (2020)	Industria	Tecnologías de automatización	Positivo
Graetz and Michaels (2018)	Industria	Tecnologías de automatización	Neutro
Kromann *et al.* (2020)	Industria	Tecnologías de automatización	Neutro
Krzywdzinski (2021)	Industria	Tecnologías de automatización	Neutro
Acemoglu *et al.* (2020b)	Industria	Robots industriales y *software*	Negativo
Borjas and Freeman (2019)	Industria	Robots industriales y *software*	Negativo
Compagnucci *et al.* (2019)	Industria	Robots industriales y *software*	Negativo
Webb (2019)	Industria	Robots industriales y *software*	Negativo
Fu *et al.* (2021)	País	Robots industriales	Positivo
Carbonero *et al.* (2018)	País	Robots industriales	Negativo (especialmente para países en desarrollo)
Focacci (2021)	País	Robots industriales	Neutro
Leigh *et al.* (2020)	Regional	Robots industriales	Positivo
Sequeira *et al.* (2021)	Regional	Robots industriales	Positivo
Acemoglu and Restrepo (2020)	Regional	Robots industriales	Negativo
Aghion *et al.* (2020)	Regional	Robots industriales	Negativo
Koch *et al.* (2019)	Mercado laboral	Robots industriales	Positivo

Publicación	Nivel de análisis	Tipo de tecnología	Impacto neto
Mann y Püttmann (2018)	Mercado laboral	Robots industriales	Positivo
Chiacchio *et al.* (2018)	Mercado laboral	Robots industriales	Negativo
Du and Wei (2021)	Mercado laboral	Robots industriales	Negativo
Faber (2020)	Mercado laboral	Robots industriales	Negativo
Caselli *et al.* (2021)	Mercado laboral	Robots industriales	Neutro
Dauth *et al.* (2017, 2018)	Mercado laboral	Robots industriales	Neutro
Dottori, (2021)	Mercado laboral	Robots industriales	Neutro
Anton *et al.* (2020)	Mercado laboral	Robots industriales	Negativo (1995-2005) y positivo (2005-2015)
Mutascu, (2021)	País	IA	?
Xie *et al.*, (2021)	Regional (China)	IA	Genera desempleo para trabajadores poco cualificados
Felten, Raj and Seamans, (2019)	Regiones EE. UU.	IA	Neutro
Georgieff and Hyee, (2021)	Regional	IA	Positivo (pero no significativo)
Acemoglu *et al.* (2022)	Industria (EE. UU.)	IA	Neutro
Fossen and Sorgner (2022)	Individual (EE. UU.)	IA	Constatan que la exposición a la IA disminuye la probabilidad de que los trabajadores abandonen el empleo
Albanesi *et al.* (2023)	Países europeos	IA	Efecto positivo sobre las tasas de empleo

Fuente: elaboración propia.

Mayor alcance e incertidumbre con el desarrollo de la IA generativa

No obstante, los últimos avances han contribuido a ampliar el uso de las tecnologías de IA, lo que ha dado lugar a la aparición de la inteligencia artificial generativa (IA generativa). El mayor alcance y la facilidad de acceso de las tecnologías de IA generativa sugieren que tendrán un impacto más generalizado en el mercado laboral que las anteriores oleadas de IA. Según estimaciones de la OCDE, alrededor de una cuarta parte del empleo está expuesto a la IA generativa (gráfico 7), exposición que, según la OCDE, significa que el 20 por 100 (o más) de sus tareas laborales podrían realizarse al menos un 50 por 100 más rápido con la ayuda de la IA generativa, pero solo el 1 por 100 se considera altamente expuesto[73]. No obstante, a medida que las tecnologías de IA generativa se integren en el lugar de trabajo, hasta un 70 por 100 de los trabajadores podrían estar expuestos a la IA generativa en un futuro próximo, de los cuales el 39 por 100 se considera muy expuestos a cambios en el puesto de trabajo.

Hay que insistir en que estas estimaciones de exposición no implican el desplazamiento de puestos de trabajo, y deberían correlacionarse sobre todo con la productividad, ya que miden las tareas que pueden realizarse más rápidamente con la ayuda de la IA generativa. Ahora bien, que no se hayan producido cambios observables en la demanda, puede responder a que aún es muy pronto para ver efectos, ya que al menos parte del impacto de la IA generativa aún no se ha materializado. Por un lado, las empresas podrían decidir posponer tanto las contrataciones como los despidos hasta que se materialicen los usos prácticos de las nuevas tecnologías. Por otro lado, los mercados laborales pueden cambiar a medida que integren herramientas de IA ya disponibles, así como otras nuevas aún en desarrollo como los agentes de IA.

Impacto sobre la calidad del empleo: salarios

Si bien en los últimos años la mayoría de los estudios concluyen que el cambio tecnológico tiene un efecto neto positivo sobre el empleo en términos cuantitativos, no se puede descuidar el impacto cualitativo del mismo. El modo en que la tecnología modifica las tareas y el entorno laboral tiene importantes implicaciones para la calidad de los puestos de trabajo y, en última instancia, sobre el bienestar de las personas trabajadoras, como se verá en la sección 3.

Aunque el debate sobre la calidad del empleo no se limita a los salarios, sino a cómo la tecnología configura el entorno laboral en sentido amplio, esta sección se centra en los ingresos laborales, como indicador general para aproximar con su medida la calidad del empleo, dado que correlacionan con variables laborales clave para valorar esa calidad. En este sentido, el impacto de la tecnología en los salarios es un tema

73 OCDE, 2024, *Job Creation and Local Economic Development 2024: The Geography of Generative AI.*

ampliamente debatido, con estudios que apuntan a diferentes efectos según el tipo de tecnología, industria, región y nivel de cualificación (cuadro 5).

Uno de los principales efectos del cambio tecnológico es el desplazamiento del empleo hacia ocupaciones de mayor nivel de cualificación y salario[74]. Este fenómeno está vinculado a la digitalización, la automatización y la innovación tecnológica que, por un lado, han reemplazado muchas tareas rutinarias y manuales, pero, por otro, han creado nuevos trabajos que requieren mayores habilidades técnicas, cognitivas y especializadas. El desplazamiento hacia ocupaciones más cualificadas tiene un impacto significativo en los salarios. La automatización de tareas repetitivas y de bajo nivel reduce la demanda de personas trabajadoras con menos cualificación, lo que puede llevar a una presión a la baja sobre sus salarios. Pero la automatización también crea nuevas oportunidades laborales en sectores tecnológicos y especializados, lo que puede conducir a un aumento en los salarios de quienes poseen las habilidades técnicas y especializadas requeridas para su desempeño. Varios estudios empíricos han tratado de determinar estos efectos, pero en general no existe consenso sobre si los salarios aumentan con la mayor penetración de la automatización (cuadro 5), si bien la mayoría apoyan su efecto polarizador.

Efecto polarizador de la tecnología

Los últimos avances en IA permiten automatizar cada vez más las tareas cognitivas no rutinarias, de modo que tales avances pueden contribuir a una presión a la baja sobre la demanda de mano de obra y a una disociación de la productividad de los salarios. Esto podría contrarrestar el efecto positivo de la mayor productividad, que de otro modo aumentaría la demanda de mano de obra, el empleo y los salarios, máxime cuando, a diferencia de anteriores oleadas de automatización, la IA generativa podría implicar fundamentalmente a personas trabajadoras altamente cualificadas.

la IA generativa y su impacto potencial sobre los salarios más altos

Hasta la fecha, si bien se han realizado en una fase muy temprana de desarrollo de la IA generativa, los estudios no apoyan la idea de un descenso general de los salarios en las ocupaciones «expuestas» a la IA (cuadro 5). Algunos sugieren incluso un impacto positivo en el crecimiento salarial, con mayores aumentos experimentados por personas en ocupaciones con salarios más altos o con de mayor nivel educativo. Ello sugiere que tales personas están mejor posicionadas para utilizar la IA como complemento de su propio trabajo, aumentar su productividad y participar en los beneficios.

74 M. Goos, A. Manning y A. Salomons, «Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring», 2014, *American Economic Review*,104 (8), págs. 2509-26.; Choi y Lee, 2020.

CUADRO 5. IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA SOBRE LOS SALARIOS. ESTUDIOS SELECCIONADOS

Publicación	Nivel de análisis	Países	Tipo de tecnología	Impacto
Graetz y Michaels (2018)	Industria		Robots industriales	Positivo
Acemoglu and Restrepo, 2020	Regional	EE. UU.	Robots industriales	Negativo
Dauth *et al.* (2021)	Regional	Alemania	Robots industriales	Nulo
Chiacchio *et al.* (2018)	Regional	Finlandia, Francia, Alemania, Italia, España y Suecia	Robots industriales	Negativo (no robusto)
Goos, Manning y Salomons (2014)	País	Reino Unido, EE. UU., Países Bajos	Automatización, Digitalización	Polarización salarial
Arntz, Gregory y Zierahn (2016)	País	Países OCDE	Automatización, IA, Digitalización	Polarización salarial
Brynjolfsson y McAfee (2014)	Global	Global	Digitalización y automatización	Polarización salarial
Freeman (2015)		EE. UU., Europa	Automatización, Digitalización, IA	Polarización salarial
Chui, Manyika y Miremadi (2016)	Global	Global	IA, Automatización, *Big Data*	Aumento de salarios en áreas creativas y tecnológicas
Felten, Raj y Seamans, 2019	Ocupaciones	Global	IA	Positivo
Fossen y Sorgner, 2019	Individual	EE. UU.	IA	Positivo. Sobre todo entre los que tienen salarios más altos o niveles de educación más elevados
Acemoglu *et al.* (2020	Industria y ocupaciones	EE. UU.	IA	Nulo.

Fuente: elaboración propia.

Impacto sobre las desigualdades

Aunque el empleo global ha seguido creciendo frente a las grandes transformaciones estructurales, sectores enteros de la economía han disminuido como consecuencia del cambio tecnológico, de la transición ecológica y del resto de grandes tendencias. En las dos últimas décadas, el nuevo empleo se ha creado, predominantemente, en las industrias de servicios, mientras que el empleo en la industria manufacturera se ha reducido, lo que ha contribuido a aumentar las disparidades entre los distintos grupos de personas trabajadoras. Además, aunque se continúan creando nuevos puestos de trabajo como resultado del cambio tecnológico y de la transición ecológica, normalmente

son en sectores diferentes, a menudo en regiones distintas y con frecuencia requieren cualificaciones diferentes a las de los empleos que se perdieron. Por tanto, el cambio tecnológico conlleva transiciones difíciles que requieren acompañar de forma activa a quienes han visto cómo esas fuerzas modificaban o desplazaban sus puestos de trabajo, así como una fuerza laboral que participe activamente en procesos de *upskilling y reskilling* para integrarlos en los nuevos contextos laborales.

La IA generativa está provocando un gran cambio en el impacto de la tecnología en los mercados de trabajo, ya que las anteriores oleadas de innovación —que no solo implicaban tecnologías digitales, sino también otras tecnologías— tuvieron un mayor impacto en la fuerza laboral menos formada, que estaba más expuesta. Varios estudios muestran que las personas trabajadoras con menor nivel educativo tienden a estar significativamente más expuestas a la automatización (cuadro 6). En cambio, las de mayor nivel educativo están más expuestas a la IA generativa (cuadro 6), lo que no suele traducirse en un mayor riesgo de pérdida de empleo ni de presión a la baja sobre sus salarios. Es decir, las personas trabajadoras más cualificadas y con mayores ingresos están, por término medio, más expuestas a la IA, pero también están mejor posicionadas para aprovechar su potencial como complemento que mejora tanto la productividad como la calidad del trabajo, siempre que adquieran y mantengan actualizadas las competencias digitales necesarias. Se espera que esta diferencia se mantenga o crezca a medida que los grupos de menor y mayor cualificación vayan igualando su exposición a la IA generativa con el paso del tiempo[75].

Trabajadores (personales)

Las herramientas de IA presentan un alto potencial de complementariedad[76] para las ocupaciones que requieren un alto nivel de compromiso cognitivo y competencias avanzadas. Las personas que trabajen en estas ocupaciones estarán, por tanto, mejor posicionadas para beneficiarse del aumento de la productividad, minimizando al mismo tiempo el riesgo de pérdida de puestos de trabajo.

En cuanto al género, no hay una relación clara con el grado de exposición a la tecnología (cuadro 6). Algunos estudios apuntan a que los hombres tienden a ocupar empleos con mayor riesgo de automatización. Otros estiman que las mujeres, a pesar de estar empleadas en ocupaciones con menor probabilidad de automatización, realizan muchas tareas automatizables y, por tanto, tienen un riesgo mayor. Con relación a la IA, los pocos estudios realizados hasta la fecha concluyen que apenas hay diferencias. Si bien los hombres están más expuestos a trabajos en IA, especialmente en tecnología

75 W. Felten, Edward, Raj Manav y R. Seamans, «Occupational Heterogeneity in Exposure to Generative AI», 20223; y Georgieff y Hyee, 2021.

76 C. Pizzinelli, A. J. Panton, M. Mendes Tavares, M. Cazzaniga y L. Li, «Labor Market Exposure to AI: Cross-country Differences and Distributional Implications», 2023. IMF Working Papers, 216, 2023.

y desarrollo[77], las mujeres están ganando terreno y tienden a desempeñar trabajos que se espera que estén más expuestos a la IA generativa[78].

CUADRO 6. RESUMEN EXPOSICIÓN A LA TECNOLOGÍA SEGÚN CARACTERÍSTICAS PERSONALES. ESTUDIOS SELECCIONADOS

Características personales	Publicación	Nivel de análisis	Tipo de tecnología	Relación con exposición a la automatización/IA
Nivel educativo	Frey y Osborne, 2017		Automatización	Negativa
	Fuei, 2017		Automatización	Negativa
	Nedelkoska y Quintini, 2018	Países OCDE	Automatización	Negativa
	Pouliakas, 2018		Automatización	Negativa
	Pajarinen *et al.* 2015		Automatización	Negativa
	Antz *et al.* 2016		Automatización	Negativa
	Brynjolfsson y McAfee (2018)		IA	Positiva
	Georgieff y Hyee (2021)		IA	Positiva
	Felten, Raj y Seamans, 2023		IA	Positiva
	OCDE 2024	Países OCDE	IA	Positiva
Sexo (género)	Pouliakas, 2018	Países europeos	Automatización	Hombres mayor exposición
	Banno *et al.* 2021	Italia	Automatización	Hombres mayor exposición
	Mason, 2021	EE. UU.	Automatización	Hombres mayor exposición
	Nedelkoska y Quintini, 2018	Países OCDE	Automatización	Mujeres mayor exposición
	Haiss *et al.* 2021	Austria	Automatización	Mujeres mayor exposición
	Ill´essy *et al.* 2021	Hungría	Automatización	Misma exposición
	Pajarinen *et al.* 2015	Finlandia	Automatización	Misma exposición
	David, 2017	Japón	Automatización	Misma exposición
	Frenette y Frank, 2020	Canadá	Automatización	Misma exposición
	OCDE 2024	Países OCDE	IA	Misma exposición

Fuente: elaboración propia.

77 Brynjolfsson y McAfee, 2018.

78 P., J. Gmyrek, Berg and D. Bescond, "Generative AI and jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality", n.º 96, *ILO Working Paper,* 2023.

Territoriales

El cambio tecnológico ha contribuido también a aumentar los desequilibrios regionales dado que el efecto desplazamiento de mano de obra de las nuevas tecnologías es particularmente fuerte en las regiones con mayor concentración de empresas en industrias de uso intensivo de tareas rutinarias. Un patrón común es que las grandes áreas metropolitanas tienden a estar expuestas a un menor riesgo de automatización, mientras que las zonas rurales y resto de áreas urbanas tienen una mayor proporción de empleos automatizables.

Sin embargo, a diferencia de las tecnologías de automatización anteriores, la IA generativa destaca en la realización de tareas cognitivas y no rutinarias, lo que cambia la exposición del mercado laboral regional, con regiones que concentran actividades como la educación, las TIC o las finanzas que se convierten en las más expuestas a la IA generativa. De este modo, las regiones que antes se consideraban con un riesgo comparativamente bajo de automatización serían ahora las más expuestas a la IA generativa y más capaces de aprovechar sus eventuales efectos positivos. Por otro lado, las regiones menos afectadas por la exposición a la IA generativa son aquellas que están menos desarrolladas tecnológicamente o que dependen más de sectores tradicionales.

Salariales

En términos de ingresos laborales algunas personas trabajadoras también pueden beneficiarse más que otras del cambio tecnológico. Anteriores oleadas de progreso tecnológico se asociaban a la automatización de tareas rutinarias y, por tanto, estas tecnologías afectaron, fundamentalmente, a personas en ocupaciones de cualificación baja y media, contribuyendo a aumentar la desigualdad salarial entre las que tenían alta y baja cualificación[79]. La mayoría de los estudios empíricos sobre los efectos salariales de las tecnologías de automatización se han centrado en los robots industriales, y la mayoría de estos estudios sugieren que prevalecen los efectos de sustitución (cuadro 5). En consecuencia, los robots industriales han tendido a aumentar la desigualdad al ampliar la brecha salarial entre las ocupaciones más expuestas (normalmente, las rutinarias y manuales) y las menos expuestas (normalmente, profesiones administrativas o superiores).

Sin embargo, como se ha indicado, los recientes avances implican que la IA incide también en tareas cognitivas no rutinarias, lo que amplía su alcance a perfiles cualificados[80]. La investigación centrada específicamente en la IA es menos habitual y, hasta el momento, no encuentra indicios de que haya afectado a la desigualdad salarial entre ocupaciones[81]. En cambio, cada vez hay más pruebas de que el uso de la IA generativa puede reducir las diferencias de rendimiento entre personas trabajando en

79 Dauth *et al*., 2017; Acemoglu y Restrepo, 2020; Webb, 2020.
80 Lane y Saint-Martin, 2021; Lorenz, Perset y Berryhill, 2023.
81 Acemoglu *et al.* 2020; OCDE 2024.

una misma ocupación[82], lo que podría repercutir en las diferencias salariales dentro de una misma profesión, tal y como un reciente estudio de la OCDE parece apoyar[83]. En cualquier caso, la extrapolación al contexto actual debe hacerse con cautela puesto que los estudios realizados hasta la fecha se han realizado en un momento en el que la adopción de la IA era todavía relativamente baja y excluían sus avances más recientes.

1.2. SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS EN ESPAÑA

Impactos sobre el volumen de empleo

En España, según la OCDE, el porcentaje del empleo expuesto a la automatización se sitúa por debajo de la media, un 5,9 por 100, frente al 12 por 100 promedio (gráfico 7)[84]. Esto refleja el camino recorrido en el proceso de terciarización de la economía española y de automatización de su industria desde los años noventa y, a partir de principios de este siglo, de otros sectores como los servicios, el comercio minorista, la logística y el transporte. Un proceso que, en gran parte, se completó en la primera década de este siglo como demuestra que apenas haya habido cambios en el número de ocupados en las diez ocupaciones más expuestas a la automatización en la última década, creciendo al mismo ritmo que el resto de las ocupaciones menos expuestas a la tecnología (gráfico 8). En términos de volumen de empleo, si bien algunos sectores y ocupaciones se han visto afectados, también se han generado nuevas oportunidades de empleo por lo que, en el agregado, en línea con las tendencias globales, el número de empleos en España ha crecido en la última década (gráfico 8).

En cambio, algo más de una cuarta parte del empleo está expuesto a la IA generativa (gráfico 7). Este dato pone de manifiesto que la inteligencia artificial, en sus diversas aplicaciones, podría tener un impacto considerable en el mercado laboral español, modificando tanto la naturaleza de los trabajos como la forma en que se organizan los procesos de trabajo en diferentes sectores. El impacto será desigual dependiendo del sector, territorio y la cualificación de los trabajadores como se verá en el siguiente apartado. Si bien las ocupaciones y los sectores más expuestos pueden sufrir una menor demanda y transformación del contenido de sus tareas, también se generarán nuevas oportunidades laborales como sugiere que el empleo en las ocupaciones más expuestas a la IA haya crecido a mayor ritmo (gráfico 8).

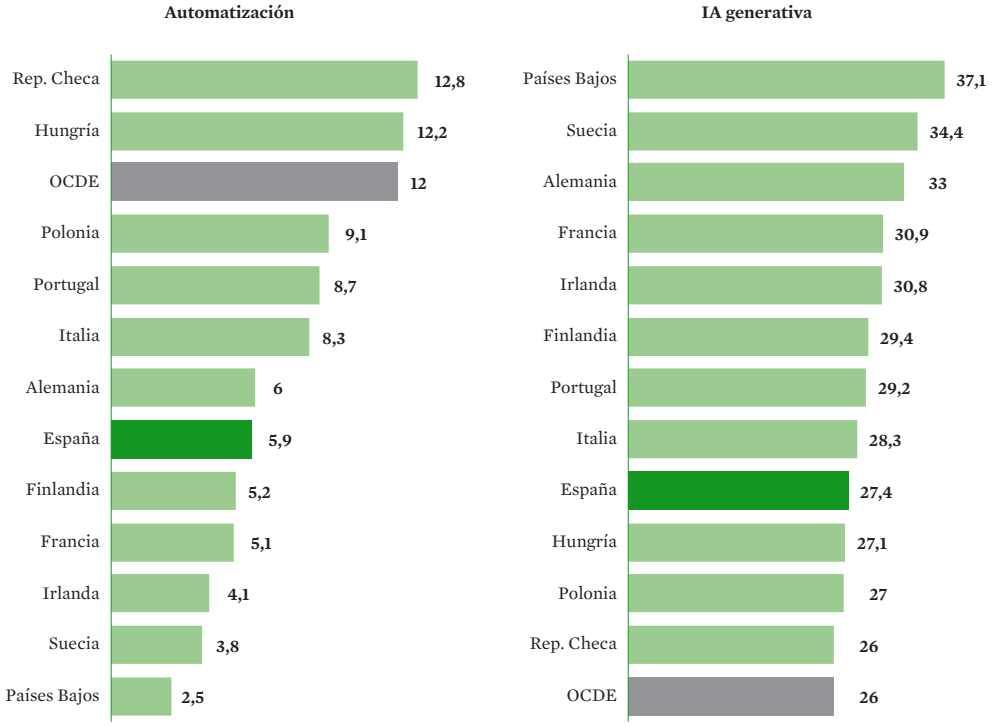
82 Brynjolfsson, Li y Raymond, 2023; Choi y Schwarcz, 2023; Dell'Acqua *et al.,* 2023; Haslberger, Gingrich y Bhatia, 2023; Noy y Zhang, 2023; Peng *et al.,* 2023.

83 OCDE 2024.

84 La medida de exposición del empleo a la automatización de este informe tiene en cuenta todas las tecnologías avanzadas de automatización e IA disponibles a finales de 2021, por lo que resulta útil para examinar los efectos de las tecnologías de automatización previas al desarrollo de la IA generativa. En particular, la medida considera que las ocupaciones corren un alto riesgo de automatización si más del 25 por 100 de sus competencias y habilidades son altamente automatizables con las tecnologías disponibles.

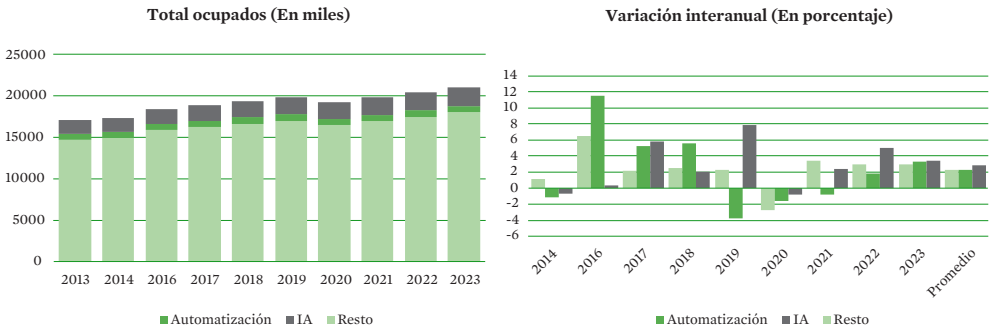
GRÁFICO 7. EMPLEO EXPUESTO AL CAMBIO TECNOLÓGICO, 2022

(En %)



Fuente: OCDE, 2024, *Job Creation and Local Economic Development 2024: The Geography of Generative AI*.

GRÁFICO 8. EVOLUCIÓN DEL EMPLEO EN LAS OCUPACIONES MÁS EXPUESTAS AL CAMBIO TECNOLÓGICO EN ESPAÑA, 2013-2023



Fuente: elaboración propia a partir de microdatos EPA (INE).

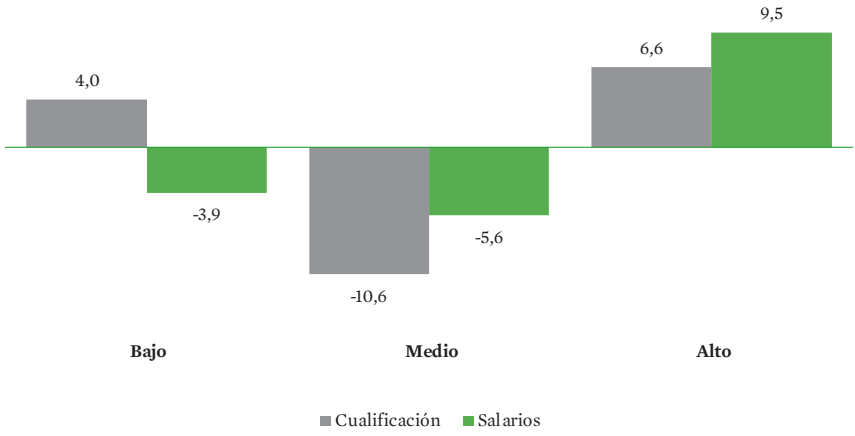
Impacto sobre la calidad del empleo: salarios

En España, en línea con los cambios estructurales asociados al cambio tecnológico a nivel global, se ha producido un desplazamiento del empleo hacia ocupaciones más cualificadas y de mayor salario. En particular, en apenas veinticinco años casi se ha duplicado el empleo en las ocupaciones de mayor calidad, creciendo en diez puntos porcentuales cuando se considera salarios y en casi siete puntos si se considera nivel de cualificación (gráfico 9).

En cuanto a la evolución de los salarios en España, en función del grado de exposición a la tecnología, en términos nominales han crecido más en aquellas ocupaciones más expuestas a la IA, mientras que han crecido menos con respecto al conjunto de las ocupaciones en aquellas más expuestas a tecnologías de automatización previas a la IA (gráfico 10).

Por sectores, destaca cómo aquellos con alta exposición a la tecnología (como tecnología, telecomunicaciones, finanzas y salud digital) han experimentado un crecimiento salarial significativo (gráfico 10). Por otro lado, sectores tradicionales han visto un crecimiento salarial más modesto o estancado, especialmente aquellos con menor digitalización y automatización, lo que ha ampliado la brecha salarial entre las profesiones con alta exposición a la tecnología y las que requieren habilidades menos especializadas (como el trabajo manual o en algunos servicios).

GRÁFICO 9. CAMBIOS ESTRUCTURALES EN EL EMPLEO EN ESPAÑA RELACIONADOS CON EL CAMBIO TECNOLÓGICO, 1999-2024
(Puntos porcentuales)

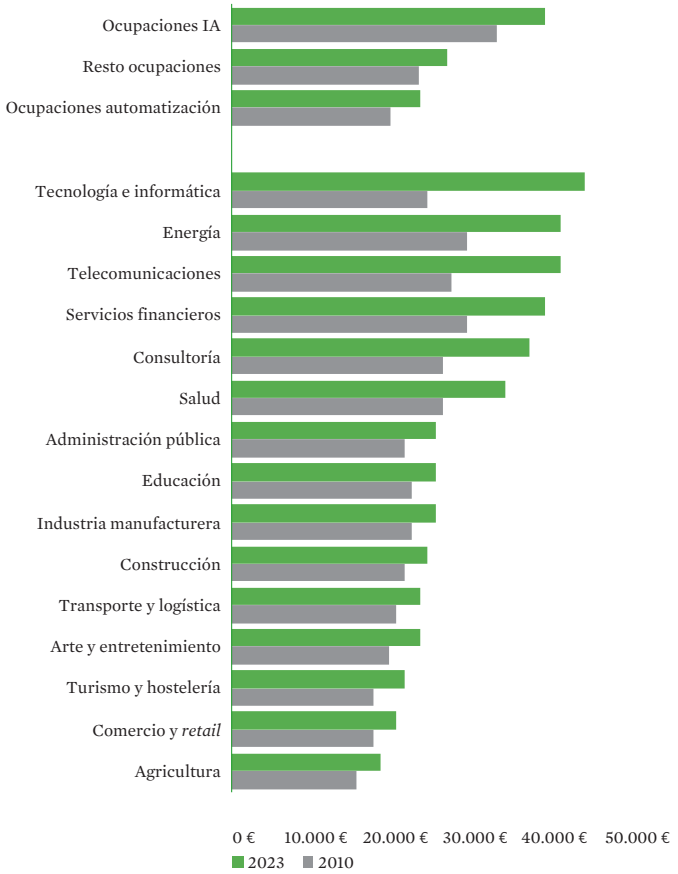


Nota: las ocupaciones de alta cualificación incluyen los empleos clasificados en los grandes grupos 1, 2 y 3 de la CNO, es decir, dirección de las empresas y de la administración pública (1). Profesionales y técnicos superiores (2). Técnicos y profesionales de apoyo (3). Las ocupaciones de cualificación media incluyen los empleos clasificados en los grandes grupos 4, 7 y 8 de CNO, es decir, empleados de tipo administrativo (4), artesanos y trabajadores cualificados en industria y la construcción (7), operadores de instalaciones y maquinaria fina y móvil, y montadores (8). Las ocupaciones poco cualificadas incluyen empleos clasificados en los grupos principales 5 y 9, es decir, trabajadores de servicios de protección, personales, hostelería y vendedores de comercio (5), ocupaciones elementales (9). Las ocupaciones de alto, medios y bajos salarios se dividen según terciles.

Fuente: elaboración propia con datos EPA y Encuesta de Estructura Salarial (INE).

GRÁFICO 10. EVOLUCIÓN DE LOS SALARIOS POR SECTORES Y EN LAS OCUPACIONES MÁS EXPUESTAS AL CAMBIO TECNOLÓGICO EN ESPAÑA, 2010-2023

(Euros nominales anuales)



Fuente: elaboración propia a partir de datos INE (EPA y Encuesta de Estructura Salarial) y de informes de consultoras (Randstad, Adecco, Michael Page).

Este fenómeno ha sido impulsado por la digitalización de la economía y el aumento de la demanda de habilidades digitales. Las empresas en sectores tales como el desarrollo de aplicaciones y la inteligencia artificial están dispuestas a pagar salarios más altos para atraer y retener talento especializado. Esto ha dado lugar a un crecimiento de los salarios en estos campos, lo que ha hecho que las profesiones tecnológicas sean más atractivas económicamente en comparación con las tradicionales.

Impacto sobre las desigualdades

Como sucede a nivel global, el cambio tecnológico en España tiene un impacto heterogéneo según el tipo de trabajo, lo que incide en los niveles de desigualdad entre

CUADRO 7. CARACTERÍSTICAS DE LAS PERSONAS TRABAJADORAS EN LAS OCUPACIONES MÁS EXPUESTAS AL CAMBIO TECNOLÓGICO EN ESPAÑA, 2023

(Porcentajes)

Ocupaciones más expuestas a la automatización	Mujeres	Nacionales	25-49 años	50+ años	Educación universitaria
Peones de la pesca, la acuicultura, forestales y de la caza	11,8	83,3	52,1	37,2	8,0
Trabajadores de la industria de la alimentación, bebidas y tabaco	42,7	76,6	62,8	31,3	6,9
Ebanistas y trabajadores afines	9,1	88,9	58,5	39,0	7,4
Trabajadores del textil, confección, piel, cuero y calzado	57,9	82,5	41,4	51,2	7,7
Montadores y ensambladores en fábricas	25,3	87,4	66,2	27,9	4,5
Operadores de maquinaria agrícola y forestal móvil	1,0	81,7	59,5	33,2	1,6
Operadores en instalaciones para el tratamiento de metales	8,4	87,4	59,4	32,5	5,0
Operadores en instalaciones para el tratamiento y transformación de la madera, la fabricación de papel, etc.	25,3	87,8	53,0	39,9	5,8
Operadores de otras máquinas móviles	3,7	92,4	61,8	34,2	1,7
Trabajadores que tratan la madera y afines	17,3	84,7	54,3	40,3	5,0
Promedio	**20,2**	**85,3**	**56,9**	**36,7**	**5,3**
Ocupaciones más expuestas a la IA					
Físicos, químicos, matemáticos y afines	49,8	90,4	76,1	17,6	100,0
Especialistas en finanzas	53,5	89,8	70,5	22,5	97,3
Jueces, magistrados, abogados y fiscales	54,3	96,4	51,2	47,4	100,0
Especialistas en organización y administración	59,1	94,6	57,1	39,5	98,7
Empleados contables y financieros	67,5	92,7	61,9	34,0	47,1
Profesores de universidades y otra enseñanza superior	49,2	94,8	45,9	53,4	100,0
Otros empleados administrativos sin tareas de atención al público	73,0	94,0	55,5	40,6	33,5
Directores comerciales, de publicidad, relaciones públicas y de investigación y desarrollo	38,6	86,1	57,6	41,8	75,2
Analistas y diseñadores de *software* y multimedia	24,6	89,5	81,6	13,9	94,3
Profesores de enseñanza secundaria	58,9	97,0	62,7	36,1	99,0
Promedio	**52,8**	**92,5**	**62,0**	**34,7**	**84,5**
Total empleo	**51,0**	**87,0**	**33,4**	**42,0**	**19,7**

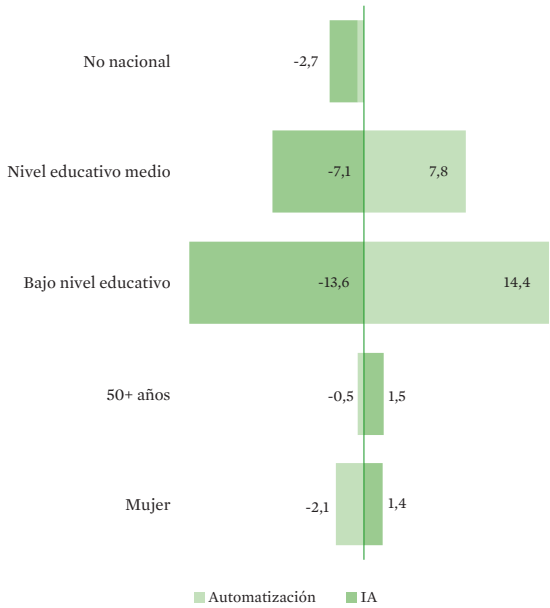
Fuente: elaboración propia a partir de EPA (INE) y Dario Guarascio, Jelena Reljic, Roman Stöllinger, *Diverging paths: AI exposure and employment across European regions, Structural Change and Economic Dynamics.* En: «Diverging paths: AI exposure and employment across European regions», 2025, volume 73,.

individuos, colectivos y territorios. Para evaluar en España el grado de exposición a la tecnología en función de las características personales, en este análisis se han definido, previamente, las diez ocupaciones más expuestas a la automatización y a la IA, respectivamente[85].

En relación con la automatización, las ocupaciones que implican tareas rutinarias y repetitivas y las que se basan en habilidades manuales y fuerza tienden a estar más expuestas (cuadro 7). Según la EPA, los hombres, los no nacionales y los jóvenes con baja cualificación tienden a estar sobrerrepresentados en la mayoría de estas ocupaciones. No obstante, el principal determinante es el nivel educativo, como demuestra que sea casi catorce puntos porcentuales más probable que una persona trabajadora sin estudios secundarios trabaje en una ocupación expuesta a la automatización que una persona con las mismas características sociodemográficas, pero con estudios universitarios (gráfico 11). Por tanto, las personas con menos cualificación son las más vulnerables a la pérdida de empleo o la modificación de sus funciones debido a la automatización.

GRÁFICO 11. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRABAJADORES EN OCUPACIONES MÁS EXPUESTAS AL CAMBIO TECNOLÓGICO

(En puntos porcentuales)



Nota: el gráfico muestra los coeficientes de una regresión logística que controla por edad, sexo, nacionalidad y nivel educativo. Los coeficientes representan el efecto marginal (es decir, el cambio medio en la probabilidad). Por ejemplo, las mujeres en 2023 tienen, aproximadamente, 1,4 puntos porcentuales más de probabilidades de tener un empleo expuesto a la IA que los hombres cuando se controla por el resto de las características sociodemográficas.

Fuente: elaboración propia a partir de microdatos EPA (INE).

85 Para ello, se han convertido a tres dígitos de CNAE las ocupaciones a tres dígitos CIUO identificadas como más expuestas en Dario Guarascio, Jelena Reljic, Roman Stöllinger, *Diverging paths: AI exposure and employment across European regions, Structural Change and Economic Dynamics,* 2025, volume 73.

Con respecto a la exposición a la IA, dado que los mayores avances se han producido en tareas cognitivas no rutinarias, muchas de las ocupaciones más expuestas, incluidos los últimos avances en IA generativa, son ocupaciones de cuello blanco que suelen requerir varios años de formación formal o educación terciaria, por ejemplo, profesionales de TI, directivos y profesionales de la ciencia y la ingeniería. Por tanto, de las características sociodemográficas consideradas, la educación también es el determinante más importante de la exposición a la IA (gráfico 11).

Las ocupaciones más expuestas no solo tienen una gran proporción de personas con un alto nivel educativo, sino que la educación también media en la relación entre la exposición a la IA y otras características sociodemográficas. Así, las personas autóctonas y en edades intermedias y avanzadas se encuentran entre los grupos más expuestos a la IA, en parte porque suelen desempeñar profesiones con un mayor nivel educativo.

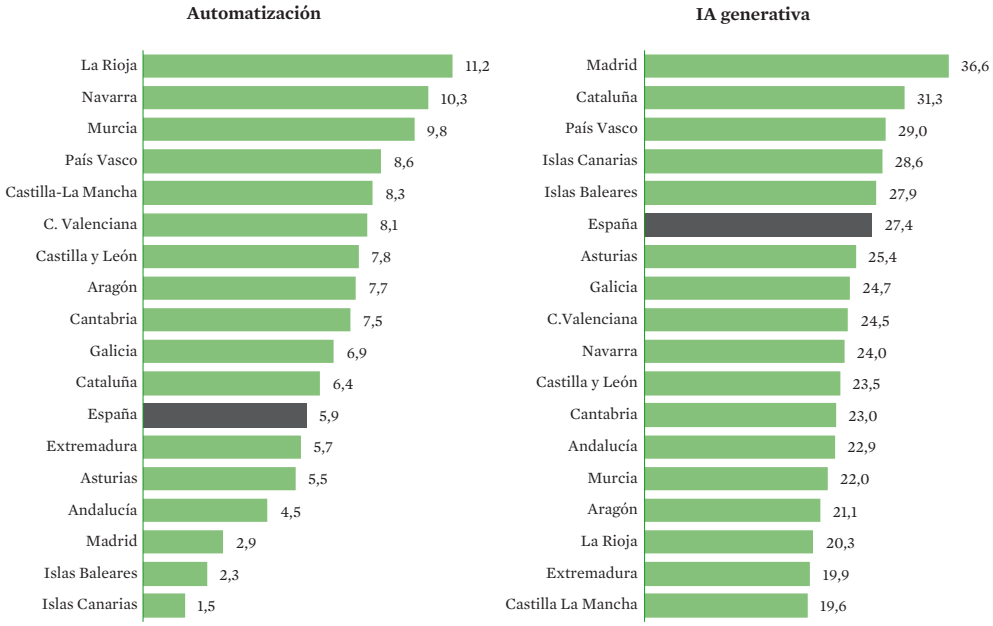
Por otro lado, las mujeres tienen una exposición ligeramente mayor a la IA, lo que supone de nuevo un cambio con respecto a tecnologías de automatización anteriores. Además, aunque los hombres están sobrerrepresentados en ciertas ocupaciones vinculadas con la tecnología y desarrollo de *software* (cuadro 7), las mujeres tienden a desempeñar trabajos que están más expuestos a la IA generativa. La estimación llevada a cabo en este sentido con datos para España, muestra que las mujeres de nacionalidad española, menores de cincuenta años y con educación universitaria tienen aproximadamente 1,4 puntos porcentuales más probabilidades de tener un empleo expuesto a la IA que un trabajador hombre con las mismas características (gráfico 11).

Finalmente, las desigualdades que existen actualmente entre las distintas regiones pueden ampliarse con la expansión de la IA. Según la OCDE[86], Madrid es la región que presenta una mayor exposición a la IA, con un 36,6 por 100 de los empleos expuestos a esta tecnología, muy por encima de la media nacional (gráfico 12) que se explica por el mayor peso de sectores como la tecnología, la banca, las telecomunicaciones y el sector público, que están adoptando rápidamente estas tecnologías. Por otro lado, las regiones menos afectadas por la exposición a la IAG son aquellas que están menos desarrolladas tecnológicamente o que dependen más de sectores tradicionales. En Castilla-La Mancha, por ejemplo, solo el 19,6 por 100 de los empleos están expuestos a la inteligencia artificial, una cifra considerablemente más baja que la de Madrid. Esto refleja las disparidades económicas y tecnológicas entre las diferentes regiones de España, donde las zonas rurales o menos urbanizadas tienen un menor nivel de exposición a la IA, al contrario de lo que sucede con respecto al riesgo de automatización.

Para concluir, es poco probable que España se vea afectada muy negativamente en términos de empleo debido a la inteligencia artificial, pero sí tendrá que hacer frente a un proceso

86 El informe de la OCDE no entra a valorar si la IA modificará o directamente acabará con los empleos al poder llevar a cabo de manera autónoma esas mismas tareas y se limita a valorar la exposición que tienen los empleos, en su conjunto, a las nuevas herramientas tecnológicas que viene desarrollándose para su aplicación en distintos entornos laborales.

GRÁFICO 12. EMPLEO EXPUESTO AL CAMBIO TECNOLÓGICO EN ESPAÑA, 2022
(En %)



Fuente: OCDE, 2024, «Job Creation and Local Economic Development 2024: The Geography of Generative AI».

de transformación en la naturaleza del trabajo. Como se verá en la siguiente sección, la clave será adaptar la fuerza laboral a las nuevas tecnologías. Las diferencias regionales y personales en la exposición a la IAG indican que las políticas de formación y adaptación deberían tener presentes la diversidad territorial y personal, con un enfoque particular en las zonas y personas más vulnerables a los cambios tecnológicos. Con las políticas adecuadas, España puede aprovechar la inteligencia artificial para fomentar un desarrollo económico inclusivo y sostenible, preparando a sus ciudadanos para los trabajos del futuro.

2. PAE como respuesta a los desafíos del cambio tecnológico

Las políticas de empleo tienen el objetivo de promover la adaptación de las personas trabajadoras al cambio tecnológico y, específicamente, al auge de la inteligencia artificial. Ello implica distintos ámbitos de actuación. En primer lugar, supone promover desde el ámbito educativo y la formación para el empleo, la cualificación, recualificación y adquisición de competencias necesarias para garantizar un buen desempeño laboral en el entorno de empleo definido por la IA. También comporta analizar prospectivamente el mercado de trabajo en clave de observatorio de ocupaciones y tareas. Asimismo, conlleva minimizar los riesgos y vulnerabilidades a los que pueden enfrentarse las personas trabajadoras ante la implantación de la IA y evitar, en todo caso, su duración y efectos en el largo plazo.

Por otro lado, una vertiente central de las políticas de empleo tiene que ver con la gestión de los cambios producidos por la IA en la provisión de las políticas activas de empleo a través de los servicios de empleo. Tales cambios afectan al funcionamiento de los servicios (perfilado, intermediación, captación de ofertas), la composición y tiempo dedicado a las tareas propias de los servicios de empleo o la relación de las personas y entidades usuarias con estos, a la vez que promueven una mayor eficiencia de la inserción y acciones de apoyo a la empleabilidad. Al mismo tiempo, el aprovechamiento de este potencial conlleva retos significativos relacionados con la «explicabilidad» de las decisiones de la IA, la no discriminación de determinados perfiles de usuarios, la garantía de protección de datos o la posibilidad de volcar la mayor generación de datos e información hacia la evaluación.

Competencias y formación en IA en España

Según datos comparados de la encuesta de Cedefop sobre competencias de IA, la primera a nivel comparado con este foco temático, más de un cuarto del total de personas trabajadoras en la Unión Europea utiliza actualmente algún tipo de herramienta de IA en su puesto de trabajo[87]. Esta cifra sugiere un nivel de adopción significativamente más elevado que el reportado por fuentes estadísticas conexas que analizan la adopción de la IA en empresas y, por tanto, debe interpretarse con cautela[88]. Sin embargo, apunta algunas tendencias de interés para el análisis de las competencias de IA en nuestro país. En este sentido, el uso de la IA por parte de las personas trabajadoras en España es inferior al del resto de países encuestados y, además, el ritmo de adopción en nuestro país también es algo más lento (gráfico 13, central). A pesar de ello, cerca de la mitad de las personas trabajadoras encuestadas en España declara necesitar formación en ese ámbito (gráfico 13, inferior).

Todo ello pone de relieve la importancia de dotar y promover las competencias necesarias para afrontar las transformaciones del empleo que se deriven de la digitalización y la IA. Estos dos ámbitos se encuentran estrechamente interrelacionados[89] y, dada su naturaleza transversal y de propósito general, generan necesidades formativas en prácticamente todas las ocupaciones, tal como vienen señalando regularmente los análisis de prospección del mercado laboral español[90].

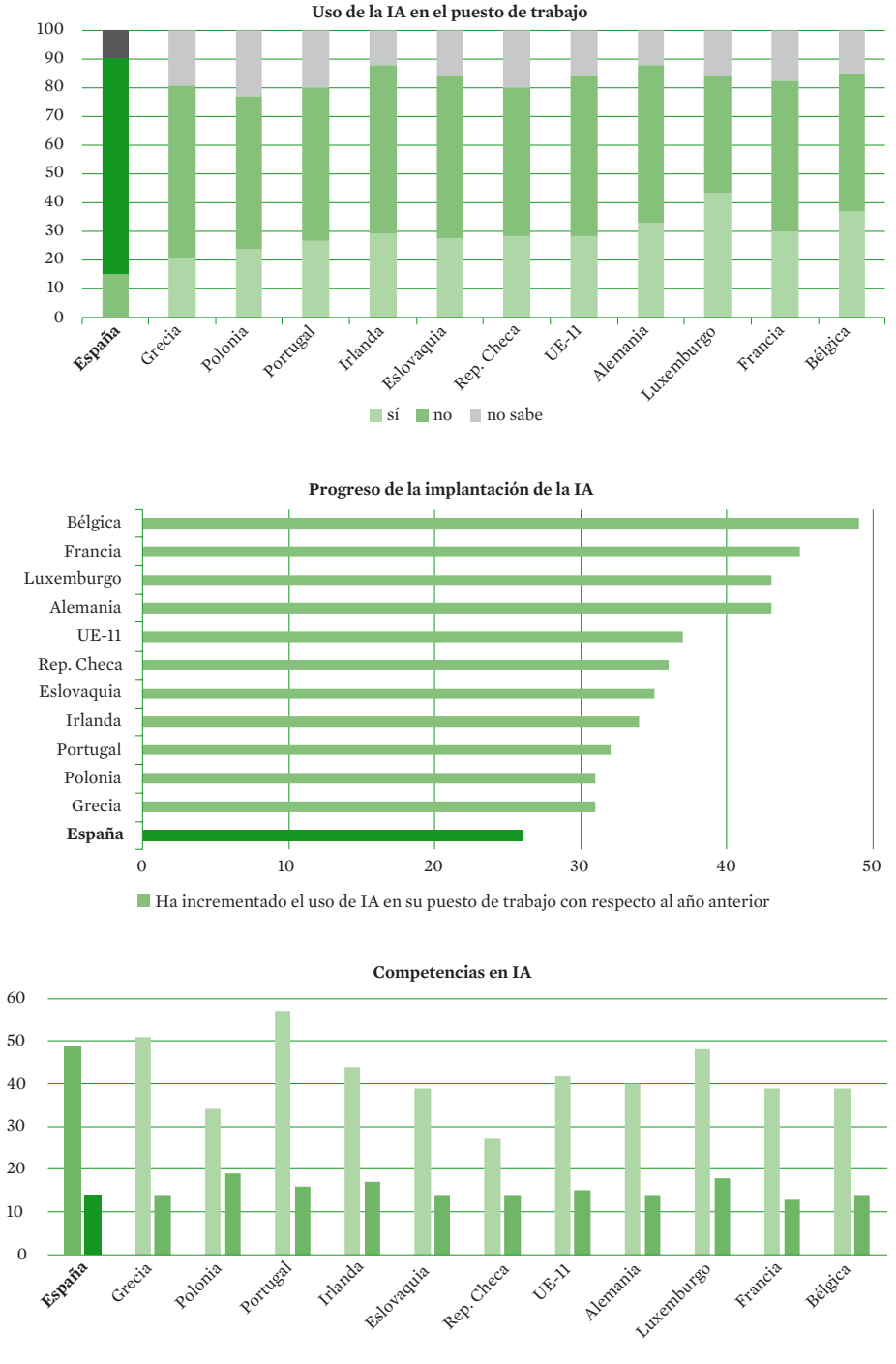
87 Cedefop, *Skills empower workers in the AI revolution, First findings from Cedefop's AI skills survey,* 2025.

88 Según la Encuesta de uso de TIC y Comercio Electrónico (CE) en las empresas del INE, el 12,4 por 100 de las empresas con más de 10 personas empleadas y el 7,5 por 100 de las empresas con menos de 10 personas empleadas utiliza alguna tecnología relacionada con la IA (datos correspondientes al primer trimestre de 2024). Según la Encuesta de uso de las TIC en empresas de Eurostat, ese porcentaje se eleva al 13,5 por 100 en la UE-27 (solo se dispone del dato para empresas de más de diez trabajadores). Más allá de las diferencias metodológicas entre distintas fuentes, cabe subrayar que las respuestas positivas en la encuesta de Cedefop se refieren tanto al uso de IA por parte de la persona encuestada directamente, como por parte de algún colega en su mismo centro de trabajo, por lo que los resultados podrían plantear problemas de doble contabilización que expliquen el sesgo positivo.

89 Comisión Europea-DG EMPL (2025): *Joint Employment Report*, págs. 38 y ss.

90 SEPE-Observatorio de las ocupaciones (2024): *Informe de prospección y detección de necesidades formativas*.

GRÁFICO 13. USO, RITMO DE IMPLANTACIÓN Y NECESIDADES DE FORMACIÓN EN IA EN ESPAÑA Y OTROS PAÍSES DE LA UE, 2024 (%)



Fuente: Cedefop (2025): *Skills empower workers in the AI revolution, First findings from Cedefop's AI skills survey.*

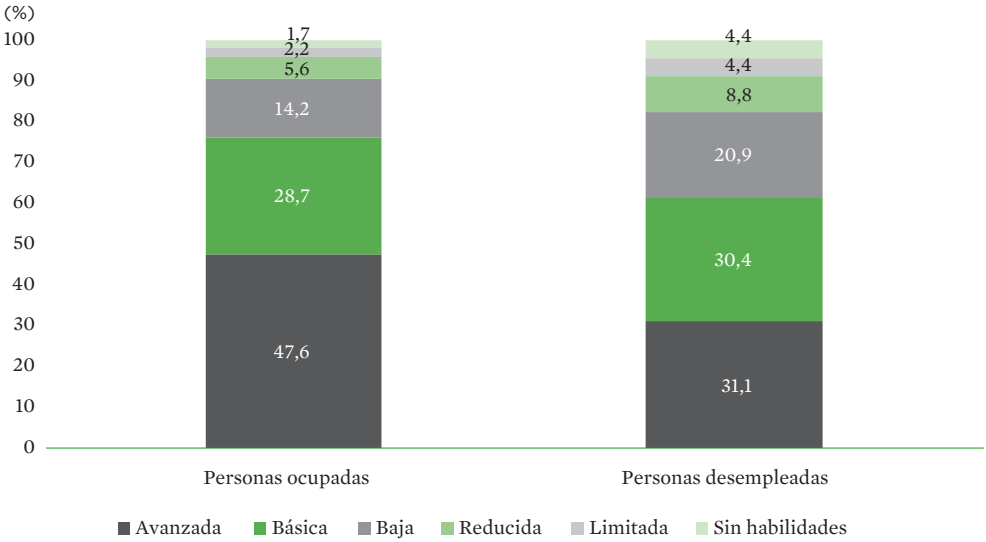
Ante el retraso comparativo que experimenta España, urge que las políticas activas de empleo aborden las brechas en el nivel de competencias digitales que ya existen en las personas trabajadoras –singularmente, entre personas ocupadas y desempleadas (gráfico 14)– y, frente al reto de la IA, promuevan las acciones de orientación, intermediación, formación o apoyo necesarias para potenciar la empleabilidad de todas las personas trabajadoras, sin dejar a nadie atrás, y responder a las necesidades del tejido productivo, a la vez que formar para un diseño y uso responsable de la IA que evite perjuicios para las personas trabajadoras, las empresas o terceros.

Asimismo, las PAE tienen ante sí la oportunidad de aumentar la eficiencia y eficacia de sus actuaciones mediante la IA[91]. Así, la integración de la IA en la actividad de los servicios de empleo ofrece perspectivas de mejora en las distintas fases del proceso de inserción laboral, promoción de la empleabilidad y prevención de desajustes del mercado de trabajo (recuadro 5).

Aplicación de la IA en la provisión de PAE. Oportunidades...

Aunque la IA y los sistemas algorítmicos permiten, *a priori,* procedimientos más sistemáticos y objetivos para la gestión de las políticas activas de empleo, también entrañan riesgos, desafíos y cautelas que deben ser

GRÁFICO 14. HABILIDADES DIGITALES DE LA POBLACIÓN SEGÚN SITUACIÓN LABORAL, 2023



Fuente: FUNDAE (2024): *Perfil de los formados en acciones de digitalización. Año 2023,* Cuaderno de trabajo 4/2024, a partir de INE, Encuesta TIC_H 2023.

91 Así lo reconoce el Dictamen C/2025/1185 del CESE «En favor de una inteligencia artificial positiva para los trabajadores: mecanismos para aprovechar el potencial y mitigar los riesgos de la IA en relación con las políticas de empleo y del mercado laboral»; considerando 4.1.2.

RECUADRO 5. APLICACIÓN POTENCIAL DE LA IA EN LA ACTIVIDAD DE LOS SERVICIOS DE EMPLEO

Perfilado de las personas demandantes de empleo

- Caracterización y segmentación de las personas demandantes de empleo para facilitar las tareas de orientación laboral.
- Cálculo de la probabilidad de empleo a partir de datos y características individuales de la persona demandante de empleo y en marcos temporales específicos (por ejemplo, a los tres meses, al año, etc.).

Personalización de servicios

- Asignación de las personas demandantes de empleo a intervenciones, programas de PAE según sus necesidades. Por ejemplo, *Pôle Emploi* en Francia utiliza IA para identificar tempranamente a las personas demandantes de empleo con mayores dificultades de reempleo. El uso de la IA para la asignación a acciones de empleabilidad puede conducir a la reducción del tiempo en desempleo (según algunos estudios, la reducción alcanza el 20 por 100 en el caso de Flandes).
- Integración de bases de datos externas (sobre condiciones socioeconómicas, sobre desempeño en experiencias laborales anteriores, resultados en programas precedentes, etc.) con el objetivo de lograr un mayor ajuste de las intervenciones.
- Determinación del cumplimiento de condiciones para acceder a oportunidades de formación, subsidios a la contratación, etc. por parte de las personas demandantes de empleo.
- Identificar oportunidades de empleo para perfiles específicos o dificultades añadidas para la inserción laboral (por ejemplo, en el caso de las personas con discapacidad, si se incorpora información sobre la distancia al puesto de trabajo, disponibilidad de transporte o accesibilidad en las empresas).
- Información y orientación laboral (*chatbots*)
- Detección de irregularidades en la provisión de servicios e intervenciones (alerta ante sesgos, desatención de demandantes, etc.)

Mejora del *matching* entre oferta y demanda de empleo

- Elaboración y mejora de perfiles mediante el análisis de currículum, detectando y potenciando capacidades o experiencias clave. Por ejemplo, la herramienta *Jobbereik* del servicio de empleo de Flandes en Bélgica amplía las opciones de colocación al proponer nuevas ocupaciones no contempladas por la persona demandante, una vez analizadas sus competencias, las vacantes disponibles y las posibilidades de promoción formativa. En Francia, la IA analiza currículums en busca de competencias no mencionadas explícitamente.
- Optimización de las ofertas de empleo. Por ejemplo, mediante el uso de palabras clave que promuevan y centren la búsqueda entre las personas candidatas objetivo o el uso de términos que promuevan la diversidad y eviten la autoexclusión de algunos grupos de trabajadores (mujeres, personas trabajadoras de origen extranjero, etc.).
- Detección de brechas de formación y emparejamiento con oferta formativa disponible.
- Emparejamiento de competencias o habilidades de las personas demandantes de empleo con vacantes, incluidas las futuras que resulten del análisis prospectivo del mercado de trabajo.

Prospección del mercado y predicción

- Mayor nivel de información y variables, lo que contribuye a una mayor equidad en la toma de decisiones.

RECUADRO 5. APLICACIÓN POTENCIAL DE LA IA EN LA ACTIVIDAD DE LOS SERVICIOS DE EMPLEO *(continuación)*

- Mayor información y capacidad de predicción sobre las necesidades de empleo en el mercado, sectores específicos, etc.
- Apoyo a la movilidad de las personas trabajadoras con base en una mayor información sobre ofertas. Esta información puede extenderse a los mercados de origen.
- Predicción de eventos con impacto en el empleo: probabilidad de desempleo, riesgo de cierre de empresas, etc.

Evaluación de programas

- Análisis del impacto de programas y servicios, permitiendo un mayor nivel de atribución de los resultados.
- Identificación de mejores prácticas en base al impacto.
- Estimación de la probabilidad de éxito del escalado de los programas e intervenciones, incorporando a los análisis variables específicas de entorno.

Trabajo en red

- Articulación de la actividad de los servicios de empleo con instituciones equivalentes y con otros sectores a nivel regional o municipal (interoperabilidad e intercambio de información).

Fuente: elaboración propia a partir de OCDE «Harnessing digitalisation in PES to connect people with jobs», *Policy brief on ALMPs,* 2022; S. Broecke: «Artificial Intelligence and Labour Market Matching», *OECD Social, Employment and Migration Working Papers,* núm. 284 y OCDE: *Employment Outlook. Artificial Intelligence and the labour market,* 2023, M. Urquidi y G. Ortega: *«Inteligencia artificial para la búsqueda de empleo. Cómo mejorar la intermediación laboral en los servicios de empleo»,* 2020, Banco Interamericano de Desarrollo, Nota técnica IDB-TN-01996 y Red Europea de SPE: *Opportunities of AI within PES processes and services,* 2025.

...y desafíos y riesgos

abordados antes de incorporar la nueva tecnología a la actividad ordinaria de los servicios de empleo.

Una parte importante del potencial que se presupone a la IA para la promoción de la empleabilidad de las personas trabajadoras radica en la oportunidad que ofrece para que los servicios de empleo se concentren en las tareas más productivas y de mayor impacto. Según algunas estimaciones (gráfico 15), la integración de la IA disminuiría significativamente el tiempo dedicado a tareas administrativas o burocráticas, que hoy día consumen una parte importante del tiempo de trabajo del personal de los servicios de empleo, y permitiría trabajar más intensa y directamente con las personas y entidades usuarias en labores de orientación e intermediación, que son las de mayor retorno en términos de inserción[92].

Cambios y potencialidades en la actividad de los servicios de empleo causados por la IA

92 Red Europea de SPE: *Opportunities of AI within PES processes and services,* 2025; Z. Lado y M. Boquete: «La IA aplicada a los servicios públicos de empleo. Hacia un sistema de intermediación, orientación y formación basado en competencias profesionales», *Cuadernos del Mercado de Trabajo*, 12, noviembre 2004.

RECUADRO 6. RIESGOS Y DESAFÍOS PLANTEADOS POR EL USO DE LA IA EN LOS SERVICIOS DE EMPLEO

Falta de robustez de las herramientas de IA

- Sesgos en los datos que entrenan al algoritmo, que pueden reproducir patrones de discriminación.
- Insuficiente representatividad de las muestras de datos para determinados grupos de personas trabajadoras o categorías de información.
- Datos incompletos o escaso volumen de información impiden el aprendizaje del motor.
- Como resultado de lo anterior, la IA puede dar lugar a resultados injustos, tanto para las personas trabajadoras como para las empresas, que pierden opciones de reclutar talento y oportunidades para la diversidad.
- Insuficiente claridad de los protocolos para el uso de datos.
- Fallos de seguridad en los datos.

Riesgos de discriminación y exclusión

- Brechas tecnológicas (de acceso, falta de capacidades) en ciertos territorios.
- Barreras de acceso para personas con discapacidad.
- Discriminación menos intuitiva y más difícil de detectar si se origina en fallos de diseño o comportamiento del sistema.
- Imposibilidad de detectar elementos intangibles o no objetivables de las personas demandantes de empleo y de las empresas.

Transparencia y explicabilidad de las decisiones

- Necesidad de informar a las personas demandantes de empleo de que sus perfiles están siendo analizados por la IA, especificando la información y elementos de perfil estudiados.
- Opacidad: las herramientas de IA pueden ser una «caja negra», en la medida que no resulta posible explicar las decisiones y resultados por desconocimiento de estándares y criterios.
- Dificultades para la atribución de resultados a ciertas variables, determinar los pesos de cada factor, etc.
- Por ejemplo, la aplicación *Jobnet* iniciada por el servicio público de empleo de Flandes en Bélgica se enfrentó a la dificultad de que la sofisticación creciente del sistema hizo imposible determinar la manera en que se realizaba el *matching* entre personas demandantes de empleo y vacantes. Ello supuso un problema de confianza y transparencia en el sistema, a la vez que impedía establecer recomendaciones generales a partir de los resultados, puesto que la contribución específica de las distintas variables era desconocida.

Privacidad

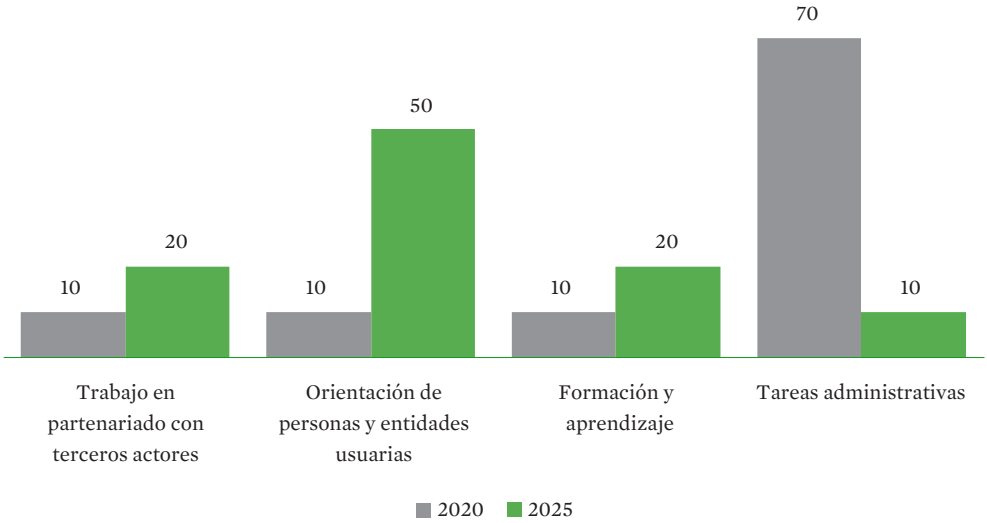
- El uso de datos provenientes de Internet (*web scraping*) genera dudas sobre el consentimiento en la cesión de los mismos.
- Necesidad de garantizar la seguridad de los sistemas ante el uso de información de carácter personal y sensible sobre personas y entidades usuarias.

Complementariedad de la IA con el control humano en el PES

- Necesidad de considerar las decisiones de la IA como un elemento más de decisión y recomendación, no siendo el único.
- Necesidad de formación del personal en datos para optimizar el uso de la IA, interpretar los algoritmos, etc.
- Mantenimiento de ambos canales de interacción con los servicios de empleo, especialmente importante para perfiles con dificultades de acceso.

Fuente: elaboración propia y referencias del recuadro 5.

GRÁFICO 15. DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DEDICADO AL *MIX* DE TAREAS DE LOS PROFESIONALES DE LOS SERVICIOS DE EMPLEO, 2020 Y 2025
(% sobre el total)



Fuente: J. Hjartarson, *et al.*: *Making it work. Global efforts to transform public employment services*, Deloitte, 2023.

Naturalmente, el aprovechamiento de este potencial pasa por apoyar el desarrollo de competencias y puesta a disposición de recursos de apoyo relacionados con la IA entre el personal de los servicios de empleo. Se trata, además, de una complementariedad necesaria para aprovechar los esfuerzos de modernización (digitalización) de los servicios de empleo realizados en los últimos años y que, en España, han sido en gran parte canalizados a través del PRTR[93].

La mayor parte de servicios de empleo en países de renta alta declaran haber dotado a sus profesionales de guías y recursos informativos, oportunidades de formación y puntos de apoyo específicos, aunque no se dispone de información sobre la intensidad de este tipo de recursos[94]. En el caso español, resulta necesario redoblar esfuerzos en la formación de los y las profesionales en herramientas digitales y técnicas de *big data*, consideradas como un paso previo y complementario al aprovechamiento pleno de la IA, impulsando la colaboración público-privada y la puesta en común de buenas prácticas. Además, escasean los perfiles de *data scientists,* dedicados específicamente al desarrollo de aplicaciones de IA en los servicios de empleo[95].

93 Las Memorias del CES han analizado la naturaleza, cuantía y ejecución de las inversiones dedicadas a la digitalización de los servicios de empleo y las PAE en el PRTR. Véase una síntesis, por ejemplo, en la Memoria CES 2023, pág. 206 (cuadro 10).

94 Brioscú, A. *et al.* (2024): «A new dawn for PES services. Service delivery in the age of artificial intelligence», OECD Artificial Intelligence papers, núm. 19, 2024, págs. 57-58

95 Comparecencia de Marcel Jansen ante la Comisión de Trabajo creada para la elaboración de la Memoria CES de 2024, «Políticas activas de empleo: una agenda realista», 30 de enero.

La IA en la normativa sobre PAE en España

En su análisis de la potencialidad que encierra la IA para el abordaje de los principales retos de largo plazo en España, HispanIA 2040 estimó los efectos de la integración de la IA en el SNE[96]. El estudio predice un aumento de las colocaciones de entre 78.700 hasta 131.000 personas al año y estima un impacto positivo de la IA en términos de aumento de la empleabilidad de las personas demandantes de empleo de entre un 3 y un 5 por 100.

Las bases para el desarrollo de la IA en las políticas de empleo en España fueron sentadas en la Ley 3/2023, de Empleo (recuadro 7). En este sentido, la ley reconoce el valor y potencial de la IA para impulsar el necesario salto de calidad, eficacia y eficiencia de las PAE, aunque las iniciativas concretas para que esto se produzca siguen pendientes de sustanciarse y no han sido incorporadas a la actividad ordinaria de los servicios de empleo. Por otro lado, la norma contempla algunas previsiones encaminadas a prevenir y gestionar los principales riesgos identificados en la aplicación de la IA en las PAE.

RECUADRO 7. RIESGOS Y DESAFÍOS PLANTEADOS POR EL USO DE LA IA EN LOS SERVICIOS DE EMPLEO

La Ley 3/2023 de Empleo promueve el uso de la IA como parte de las técnicas de analítica avanzada que, a partir de la evidencia suministrada, pueden apoyar la labor de los servicios de empleo, el diseño de políticas de empleo y su evaluación.

Oportunidades ofrecidas por la IA (según la exposición de motivos)

- Mejorar la **eficiencia del ajuste** entre oferta y demanda de empleo.
- Aumentar la **competitividad** y **productividad** de la economía.
- Proporcionar **servicios de orientación** de calidad y personalizados.
- **Mejorar la ratio «orientador/persona desempleada»**, así como otros indicadores con el objetivo de cerrar la brecha relativa entre España y el resto de países de la UE en el ámbito de las PAE.
- Maximizar la **coordinación** entre la Agencia Española de Empleo, los servicios de empleo autonómicos, los sindicatos, las organizaciones empresariales y las entidades educativas para vertebrar respuestas público-privadas coherentes e integradas a escala nacional.
- Crear un sistema de **monitoreo y evaluación**, con criterios clave como el éxito de la inserción laboral o la calidad del empleo conseguido. Riesgos de discriminación y exclusión.

Sobre el algoritmo:

La ley contempla el uso de algoritmos para la toma de decisiones y recomendaciones (art. 17). Los algoritmos, construidos a partir del análisis de datos y evidencias estadísticas provistos por el SISPE, se desarrollarán en el seno del Sistema Nacional de Empleo con la colaboración de las comunidades autónomas. Tras ello, se pondrán a disposición de las personas responsables del seguimiento individualizado de las personas demandantes de empleo, o de las personas responsables de la prestación de servicios a personas, empresas o entidades empleadoras usuarias. El conjunto de instrucciones que conformen el algoritmo subyacente a las decisiones y recomendaciones de los servicios de empleo están sujetas a desarrollo reglamentario, aún pendiente.

96 Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia del Gobierno de España (coord.): *HispanIA2040: cómo la inteligencia artificial mejorará nuestro futuro*, 2025.

RECUADRO 7. RIESGOS Y DESAFÍOS PLANTEADOS POR EL USO DE LA IA EN LOS SERVICIOS DE EMPLEO *(continuación)*

Accesibilidad, seguridad y control humano del proceso

- Garantía de **accesibilidad** de las herramientas tecnológicas para todas las personas usuarias, y obligatoriedad de poner a disposición **canales o herramientas alternativas** de acceso a los servicios y acciones de empleo, con el objetivo de combatir sesgos.
- Las acciones de intermediación o colocación **no pueden depender exclusivamente de medios automatizados**, sino que deben contar con participación humana en el proceso. Las decisiones siempre podrán ser **revisadas o modificadas por el personal responsable de la tutorización y seguimiento individualizado de cada persona demandante de servicios. Por su parte, la persona, empresa o entidad empleadora usuaria tendrá acceso al contenido íntegro de dichas decisiones y recomendaciones.**
- El uso de la IA está sujeto a la **protección de datos personales**.
- **Evaluación anual** de las decisiones apoyadas por el algoritmo, similar a una auditoría, con el fin de informar posibles modificaciones necesarias para un tratamiento igualitario y no discriminatorio.

Fuente: elaboración propia a partir de la Ley 3/2023, de Empleo.

3. Cambio tecnológico y relaciones laborales. El papel del diálogo social y la negociación colectiva

La introducción de nuevas herramientas tecnológicas en las empresas tiene consecuencias cada vez más importantes para las relaciones laborales. Estos efectos también son cada vez más complejos consecuentemente con la creciente sofisticación de las tecnologías disponibles.

En una etapa anterior (últimas dos décadas del siglo pasado y primera del actual), la puesta a disposición de dispositivos digitales para el trabajo (ordenadores, móviles, etc.) conectados a Internet permitieron a las personas trabajadoras y a las empresas mejorar las condiciones de la prestación, hacer más eficiente el trabajo y obtener ganancias de productividad. Pero, al mismo tiempo, han provocado la aparición de nuevos riesgos como la intensificación del trabajo, la ausencia de desconexión, o la fatiga tecnológica. Además, la utilización de herramientas de videovigilancia y geolocalización plantearon nuevos riesgos para la intimidad, la privacidad y el uso de los datos de las personas trabajadoras.

La evolución de las tecnologías disponibles y que vienen siendo incorporadas en las empresas, siempre en el contexto general tecnológico que ofrece la digitalización, ha vivido un importante salto con la gestión algorítmica (GA) de las personas trabajadoras. La GA ha penetrado en el trabajo, tanto asalariado como autónomo, fundamentalmente de la mano de las plataformas digitales, que han sido pioneras en esta forma de organización de prestación de trabajo, pero se está extendiendo también al trabajo organizado de forma convencional.

Prevalencia de distintas tecnologías y efectos en el trabajo

Se expone, en primer lugar y con base en la información disponible, la dimensión que alcanza actualmente la implantación de algunas tecnologías digitales en España en comparación con otras economías avanzadas, y los efectos en las condiciones de trabajo que reportan distintos estudios. Conviene tener en cuenta que las fuentes para un conocimiento objetivo de estas cuestiones, basadas en encuestas a empresas y a personas trabajadoras, han mejorado en los últimos años, pero aun así la información es todavía limitada[97].

El uso de dispositivos digitales en el trabajo ha crecido constantemente en paralelo a la digitalización de la economía. La cuarta Encuesta Europea de Empresas sobre Riesgos Nuevos y Emergentes (ESENER 2024)[98] da cuenta de un amplio despliegue de ordenadores en puestos fijos (87 por 100 de las empresas europeas) y de un creciente uso de ordenadores portátiles, tabletas, teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles (83 por 100 de los establecimientos, desde el 77 por 100 en la anterior edición, ESENER 2019) en todas las actividades y tamaños empresariales.

Uso de dispositivos digitales

La implantación de este tipo de dispositivos en la actividad laboral ha mejorado la realización de muchas tareas eliminando procesos largos, tediosos y repetitivos mediante programas de *software* cada vez más eficientes, acortando los tiempos de acceso a la información necesaria, permitiendo más flexibilidad horaria y autonomía, y, en general, elevando el rendimiento, todo lo que puede aportar mayor satisfacción en el desempeño laboral.

Sin embargo, la ampliación del trabajo realizado con medios digitales también ha traído nuevos riesgos para la seguridad y la salud de las personas en el trabajo[99]. Por eso es importante incorporar la evaluación de riesgos derivados de la digitalización. Dicha evaluación se realiza en el 43 por 100 de las empresas en Europa y alcanza a más del 60 por 100 en España, según las primeras conclusiones de la cuarta ESENER. Esta fuente señala como principales factores de riesgo, en el conjunto de las empresas, los trastornos musculoesqueléticos derivados de permanecer muchas horas sentado (el

97 Por ejemplo, la última edición de la Encuesta Europea de Condiciones de Trabajo (EWCS 2024) ha incorporado nuevas preguntas sobre el uso laboral de las tecnologías digitales, algunas relacionadas con la aplicación de la inteligencia artificial como la intensidad de uso de dispositivos portables (relojes o gafas inteligentes y otros sensores) aplicados en la recopilación de datos, el uso de robots colaborativos (cobots), de espacios virtuales de interacción o plataformas colaborativas, de sistemas de inteligencia artificial que simplifiquen tareas mentales complejas o recomienden cómo se debe trabajar, o el grado en el que la tecnología ha impactado en el trabajo de una persona en los últimos tres años (eliminando o creando nuevas tareas, etc.). También, en qué medida es un *software* el que le asigna tareas, le dice cuándo debe trabajar o monitoriza su desempeño laboral. Y, finalmente, si la persona está en desacuerdo con la decisión automatizada, si dispone de un procedimiento claro para plantear una queja. Sin embargo, el estudio de campo de la última EWCS se completó a finales de 2024 y los primeros resultados no estarán disponibles hasta finales de 2025.

98 Agencia Europea de Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA), Cuarta Encuesta Europea de Empresas sobre Riesgos Nuevos y Emergentes (ESENER 2024), primeros resultados.

99 Véase el apartado 1.8.1, sobre las estrategias de actuación y otras iniciativas en seguridad y salud en el trabajo, del capítulo II de la Memoria CES 2024.

54 por 100 de los establecimientos en los que se usa algún tipo de tecnología digital lo indican como el primer factor), seguido de los movimientos repetitivos (el 47 por 100), el aumento de la intensidad del trabajo (34 por 100) y la sobrecarga informativa (32 por 100). Entre el 20 y el 30 por 100 señala el debilitamiento de las fronteras entre el trabajo y la vida privada, y la recopilación de datos de los trabajadores.

Solo una de cada tres empresas (35 por 100) reportan haber consultado con la representación de las personas trabajadoras el impacto potencial que puede tener la tecnología digital sobre la seguridad y la salud laboral, aunque ha mejorado con respecto a 2019 (24 por 100 según la tercera ESENER).

Monitorización y vigilancia digital del trabajo

Según el Centro Conjunto de Investigación (JRC por las siglas en inglés) de la Comisión Europea, con datos de la Encuesta AMPWork[100], alrededor de dos tercios de las personas trabajadoras en España (65 por 100) y Alemania (62 por 100) utilizan dispositivos digitales en su trabajo, generalmente ordenadores, las más de las veces combinados con dispositivos móviles (tabletas y teléfonos inteligentes)[101]. Estos dispositivos digitales son, con bastante frecuencia, utilizados para monitorizar y supervisar la ejecución del trabajo (tiempo de trabajo, entradas y salidas, uso del ordenador, uso de Internet, llamadas de voz o *emails*, localización de personas o vehículos, y otras). La práctica más común es la monitorización del tiempo de trabajo, que alcanza al 46 por 100 de las personas en España y a la mitad en Alemania, seguida por la monitorización de entradas, salidas y movimientos (39 por 100 en España, 14 por 100 en Alemania). Este estudio señala que la monitorización física por medios digitales está asociada con el trabajo monótono, la ausencia de autonomía y la falta de flexibilidad horaria.

Un importante elemento organizacional en el uso de tecnologías digitales para estos fines es la transparencia, es decir, si las personas trabajadoras reciben información de la empresa sobre tal uso, ya que de ello depende que haya una mejor percepción de la empresa y un mejor clima laboral. En España, el 15,3 por 100 de las personas trabajadoras (el 5,4 por 100 en Alemania) reportaron que su empresa sigue una política de transparencia sobre la información recopilada de aquellas o de su actividad laboral, mientras que el 75,2 por 100 afirmaba que no existía. El 11,6 por 100 (5,8 por 100 en Alemania) reportó tener acceso a la información digital recopilada sobre ellas, frente a un 76 por 100 sin dicho acceso.

La utilización de estas tecnologías con esos fines de organización y coordinación laboral plantea el reto de asegurar una protección adecuada de los datos personales y la garantía de los derechos digitales.

100 Algorithmic Management and Platform Work. Se basa en datos de encuesta de personas trabajadoras en Alemania y España.

101 Fernandez Macías, E., Urzi Brancati, M.C., Wright, S. y Pesole, A. (2023), "The platformisation of work" (JRC Report), Publications Office of the European Union, Luxembourg.

La gestión algorítmica (GA) del trabajo

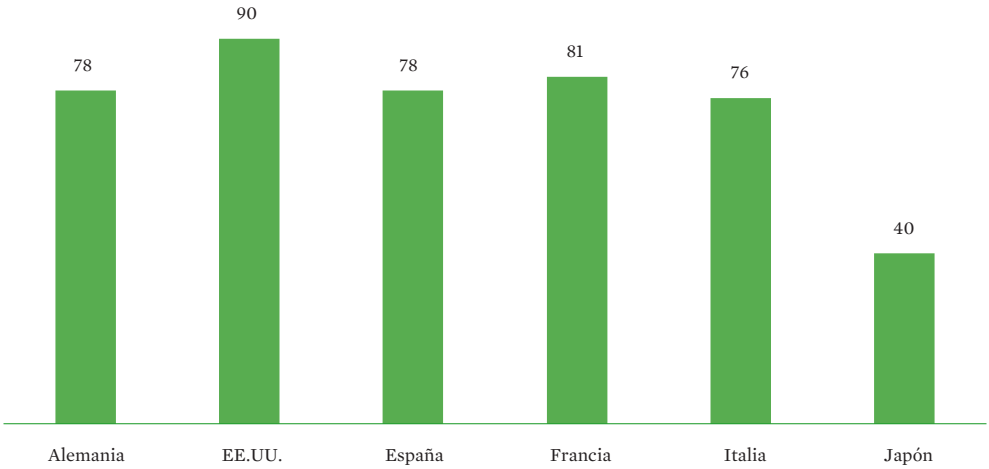
La GA consiste en el uso de *softwares* o sistemas automatizados de seguimiento y de toma de decisiones. A nuestros efectos, es la automatización de tareas de gestión del trabajo (y de las personas trabajadoras) que tradicionalmente han sido desempeñadas por directivos y jefes humanos. Y puede implicar o no la utilización de modelos de inteligencia artificial (IA), una de las tecnologías más sofisticadas y disruptivas del presente. Interesa, aquí y ahora, la GA que utiliza modelos de IA fundamentalmente por dos razones: porque la IA marca actualmente la tendencia central del cambio tecnológico en la economía, y por consiguiente en el trabajo, y sobre todo porque plantea las oportunidades y los riesgos más novedosos y complejos para las relaciones laborales.

De acuerdo con los datos que ofrece Eurostat, en 2024 las empresas españolas se encontraban algo por debajo de la media comunitaria en el uso, con carácter general, de la inteligencia artificial (11,3 por 100 en España frente al 13,5 en la UE-27), y a mucha distancia de los países que encabezan el *ranking* (tres escandinavos: Dinamarca, Suecia y Finlandia, más Bélgica, todos ellos en torno al 25 por 100). Ello, dentro de una evolución al alza en el uso de esta tecnología (desde 2021, España ha avanzado 3,6 puntos, y 5,8 la media europea). Estos datos sitúan el contexto de país en relación con la adopción de esta tecnología avanzada y aproximan el potencial uso por las empresas de herramientas de GA del trabajo, en particular de la gestión basada en sistemas de IA

Recientemente, la OCDE ha cuantificado la prevalencia del uso de herramientas de GA del trabajo en las empresas de una serie de países, incluida España (OCDE, 2025). Se trata de herramientas de *software* mediante las cuales se realizan de forma automatizada tareas de dirección como son la impartición de instrucciones, la monitorización y la evaluación de las personas trabajadoras. España aparece alineada con las principales economías europeas en porcentaje de empresas que utilizan alguna herramienta de *software* de GA del trabajo (gráfico 16).

Al igual que otros países europeos, presenta un grado de implantación que cabe calificar de moderado (no intensivo) de este tipo de herramientas por las empresas. Así, el mayor porcentaje de estas (en torno al 20 por 100) utiliza entre tres y cinco de las quince herramientas de gestión algorítmica que analiza este estudio.

GRÁFICO 16. GESTIÓN ALGORÍTMICA DEL TRABAJO EN ALGUNOS PAÍSES DE LA OCDE, 2025
(% de directores cuyas empresas utilizan algún *software* de GA)



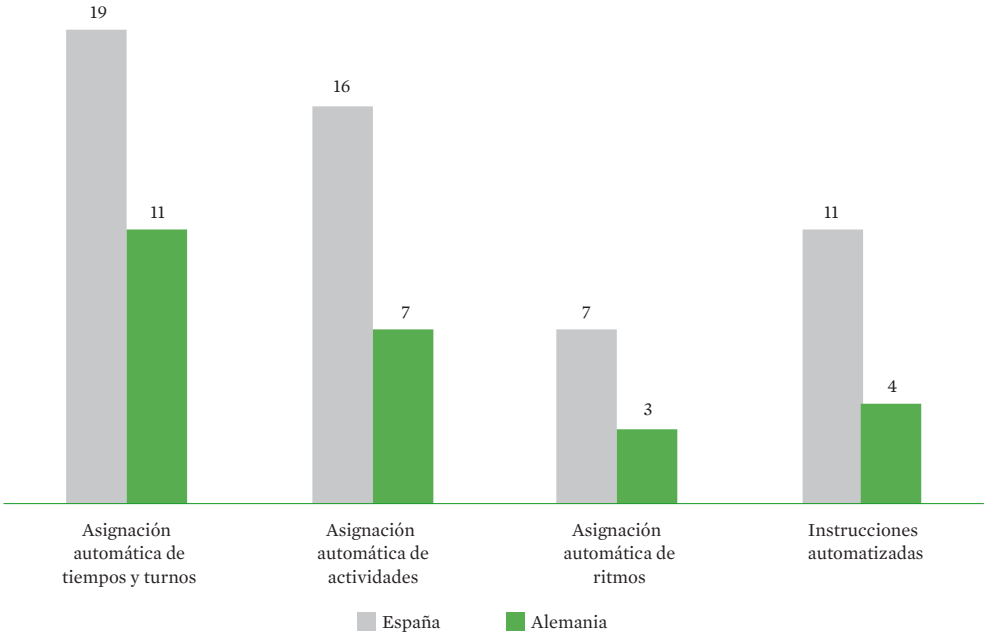
Fuente: OECD *Employer Survey on Algorithmic Management* (2025).

Por su parte, el estudio elaborado por el JRC de la Comisión Europea a partir de la mencionada Encuesta AMPWork, aporta datos de prevalencia desde la perspectiva de las personas trabajadoras[102]. Esta fuente señala que alrededor de un tercio de las personas trabajadoras en España y alrededor de una de cada cinco en Alemania están sujetas a alguna forma de GA de su trabajo, naturalmente a través de dispositivos digitales. La gestión automatizada mediante algoritmos se lleva a cabo en dos ámbitos principales: en las tareas de dirección y en la evaluación del desempeño. En el primero de estos, la forma más habitual es la asignación automatizada de los tiempos y los turnos de trabajo, seguida de la asignación de actividades y de los ritmos de trabajo (gráfico 17).

La evidencia que aportan estas fuentes es todavía limitada, entre otras cosas, porque no distingue entre GA con o sin base en modelos de IA mientras que los segundos pueden ser simples programas de ordenador, los sistemas basados en IA necesitan ser entrenados con datos que proceden de la monitorización de la actividad laboral de las personas trabajadoras. No en vano, el Reglamento IA de la Unión Europea cataloga estos sistemas como de alto riesgo, con las garantías y requisitos que conlleva esta calificación. Con todo, indican que, en España, como en otras economías avanzadas, una proporción significativa de empresas y de personas trabajadoras tienen algún sistema de gestión algorítmica, es decir automatizada, del trabajo. Además, todas las previsiones apuntan a que proseguirá un uso creciente de estas herramientas de organización

102 «The platformisation of work», *op. cit*. Véase también S. Torrejón Pérez, I. González Vázquez y E. Fernández-Macías (2024), "Cambio tecnológico y empleo en la era digital". *Revista Cuadernos del Mercado de Trabajo,* 2º semestre 2024 (disponible en https://www.sepe.es).

GRÁFICO 17. GESTIÓN ALGORÍTMICA (GA) DE LOS PROCESOS LABORALES
(% de personas)



Fuente: JRC (2023), "The platformisation of work".

laboral, de manera acorde con el progreso de la digitalización y de una tecnología tan expansiva como la inteligencia artificial.

La GA puede aportar mejoras en la organización del trabajo. La coordinación de este mediante reglas automatizadas puede comportar una mayor objetividad y consistencia en la toma de decisiones, mejorando la previsibilidad de las instrucciones y neutralizando posibles sesgos de las decisiones humanas. Además, la recopilación de datos de la actividad laboral y la analítica de datos en combinación con el uso de modelos de IA puede permitir, sobre todo en determinadas actividades y ocupaciones, innovaciones organizativas y mejoras de productividad.

Por otra parte, sin embargo, los estudios de campo señalan que la GA de la dirección del trabajo (dirección automatizada) aparece asociada con las actividades complejas y los procedimientos detallados, y con menor flexibilidad y autonomía de las personas trabajadoras; y, desde el punto de vista de las condiciones de trabajo, aparece asociada a trabajos más monótonos y a mayor estrés en el trabajo[103]. En las dos vertientes, la de dirección y la de condiciones de trabajo, estos rasgos se acentúan cuando la GA tiene mayor intensidad, hasta lo que se califica como

103 Sobre las implicaciones de la gestión de las personas trabajadoras mediante IA en la seguridad y la salud, véase el apartado 1.8.1, sobre estrategias de actuación y otras iniciativas, del capítulo II de la Memoria CES 2024.

«plataformización» fuerte del trabajo[104]. Esta se observa en un 6,1 por 100 de la población ocupada en España, mientras que en otro 18 por 100 señalan una plataformización suave (el 1,3 y el 9,7 por 100, respectivamente, en Alemania); y se da en mayor medida en las personas trabajadoras con nivel de educación terciaria, en ocupaciones profesionales, de empleados administrativos y operadores, más en hombres (sobre todo jóvenes) que en mujeres, pero con una presencia también significativa de estas, y en las industrias de alta tecnología, servicios intensivos en conocimiento y educación[105].

La GA del trabajo, particularmente cuando está basada en la aplicación de modelos de IA entrenados con datos recopilados de las personas y/o de su actividad laboral, también plantea retos que necesitan ser abordados en las relaciones laborales. Tales retos están relacionados con los algoritmos aplicados en la dirección y la evaluación automatizadas del trabajo, la información sobre los parámetros utilizados para su configuración y la garantía del control humano en la toma de decisiones sobre las personas trabajadoras. Todo ello con el fin de evitar que se produzcan sesgos discriminatorios por razón de género u otras circunstancias personales en distintos elementos de la relación de trabajo, como la asignación de actividades, la evaluación del desempeño, el salario y sus componentes, la clasificación y la promoción profesional o el acceso a la formación continua, entre otros.

Las plataformas digitales son nuevos modelos de negocio jóvenes y en crecimiento que se basan en la eficiencia de costes, la innovación y la amplitud de mercados. El trabajo prestado a través de estas plataformas es una de las nuevas formas de empleo más importantes aparecidas en los últimos tiempos[106]. La expansión de la economía de plataformas tiene profundos impactos laborales y sociales que han merecido abundante análisis y que han llevado a que se tomen medidas legislativas en el ámbito comunitario y nacional[107]. La coordinación del trabajo mediante aplicaciones algorítmicas es inherente al modelo de negocio de las plataformas, que han sido las primeras en implantarla. Pero los efectos del trabajo prestado a través de plataformas, tanto en términos de oportunidades como de riesgos, van más allá de los que se derivan de la gestión algorítmica del trabajo (fundamentalmente la monitorización y la evaluación del desempeño).

El trabajo en plataformas digitales

104 JRC (2023), «The platformisation of work», *op. cit.*, págs. 34 y 37. Para este estudio, la "plataformización del trabajo" implica la gestión digital y la gestion algorítmica del trabajo (dependiendo de la aplicación o no de sistemas de IA) en la economía convencional, que la acerca o la asimila al tipo de gestion que llevan a cabo las plataformas digitales con los prestadores de servicios.

105 *Op. cit.*, págs. 36 y 37.

106 Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2021), «Perspectivas sociales y del empleo en el mundo. El papel de las plataformas digitales en la transformación del mundo del trabajo».

107 Véase Memoria CES 2021, capítulo II, «Retos para el futuro. Digitalización y trabajo». El fundamento y el alcance de la reciente Directiva 2024/2831, de 23 de octubre, relativa a la mejora de las condiciones laborales en el trabajo en plataformas, se abordan en el capítulo II de la Memoria CES 2024.

La magnitud de este trabajo no era fácil de medir debido a la heterogeneidad de las plataformas, a que el trabajo prestado puede ser no solo físico y localizado sino también virtual o en línea y a la diversidad de situaciones de las personas prestadoras en términos del tiempo que dedican, de la regularidad y del nivel de los ingresos que obtienen de esa actividad. Algunos estudios de campo habían aportado una primera aproximación a su dimensión y perfil, destacando las dos Encuestas COLLEEM (Collaborative Economy and Employment) de 2019 y 2020. Sin embargo, se reconoció que eran encuestas-piloto con importantes limitaciones todavía[108]. Posteriormente, se han hecho progresos para contar con definiciones y criterios más precisos de medición. El principal estudio de campo en la Unión Europea, realizado por el JRC de la Comisión Europea, ha mejorado la representatividad estadística de los datos utilizados y con ella la robustez de los resultados en la nueva Encuesta AMPWork (2023), que ha sucedido a las anteriores[109]. Según esta fuente, en España un 2,1 por 100 de la población en edad de trabajar (el 0,8 por 100 en Alemania) ha obtenido alguna vez ingresos por la prestación de servicios en plataformas digitales de trabajo, la segunda actividad más frecuente de generación de ingresos en las plataformas, y para el 1,4 por 100 representa la principal forma de empleo (el 0,6 por 100 en Alemania)[110]. Esta proporción es sin duda pequeña también en España, pero puede considerarse relevante, sobre todo por su potencial crecimiento futuro en atención a la composición de este empleo según los perfiles de las personas, y particularmente por dos características: en una alta proporción es empleo joven (en mayor medida de mujeres) y con mayor nivel educativo.

El trabajo a través de plataformas digitales forma parte de los retos laborales de las economías en proceso de digitalización, entre ellas España[111]. Junto con las oportunidades de ocupación que han abierto, también se han señalado determinados riesgos de estos empleos, entre otros, los efectos de la gestión algorítmica del trabajo, la monitorización y la evaluación, y la protección de la salud y la seguridad en el trabajo, así como las dificultades del acceso a protección social. Del tratamiento de estas y otras cuestiones se derivan consecuencias muy relevantes para estos modelos de negocio, para el empleo en ellos y para la protección social de las personas pres-

108 "The platformisation of work", *op. cit.*, pág. 43. En particular, se reconocía una falta de representatividad de la muestra que llevaba a una probable sobrestimación del trabajo en plataformas.

109 Se basa en entrevistas cara a cara de una muestra estadísticamente representativa del conjunto de la población en edad laboral en España y Alemania hechas entre finales de 2021 y comienzos de 2022.

110 Incluye en la forma más genérica de trabajo en plataformas (prevalencia amplia) a aquellas personas que afirman haber prestado servicios alguna vez, en línea o en persona, y haber obtenido ingresos, utilizando plataformas o aplicaciones. La definición de trabajo en plataformas como principal forma de empleo (prevalencia ajustada, equivalente a un trabajo regular en la economía convencional) incluye a todas aquellas personas que han obtenido ingresos prestando servicios, en línea o en persona, utilizando plataformas o aplicaciones, en el último mes durante al menos veinte horas semanales o han obtenido de esta forma al menos el 50 por 100 de sus ingresos totales.

111 Véase Memoria CES 2021, págs. 269-275.

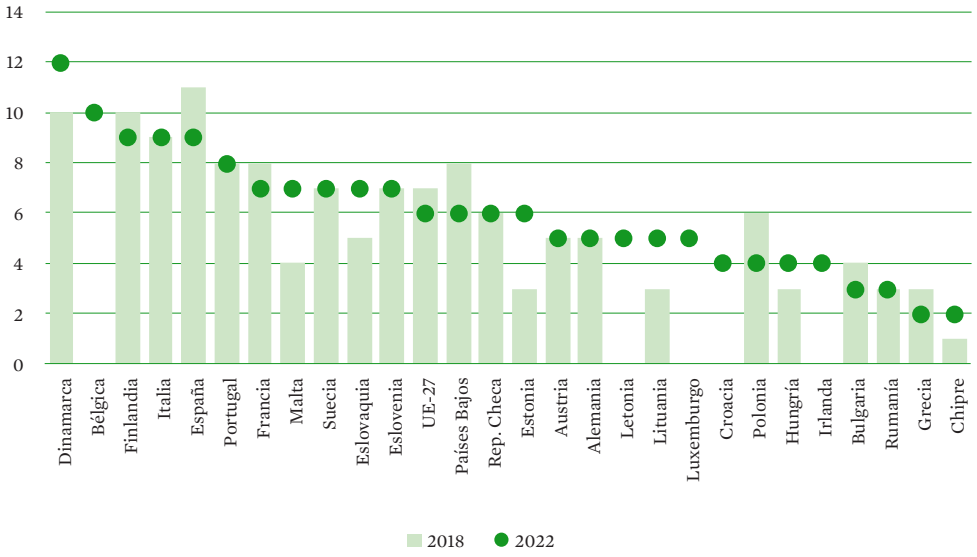
tadoras, una problemática que ha sido recientemente abordada en el ámbito español y de la Unión Europea, como se verá.

La robotización de procesos productivos supone un vector de innovación tecnológica fundamental para muchas empresas, especialmente en determinadas actividades de la industria (por ejemplo, cadenas de ensamblaje) y de los servicios (por ejemplo logística de almacenamiento y distribución). Está concentrada en actividades industriales intensivas en el uso de robots, aunque tiene un amplio margen de implantación en actividades de servicios. A diferencia de la IA generativa, no se observa que tenga actualmente un efecto disruptivo en la producción o en las condiciones de trabajo, pues se ha desarrollado a lo largo de un lapso temporal amplio. Sin embargo, el uso de robots industriales y de servicios probablemente vendrá impulsado por la aplicación de sistemas de IA.

La interacción de personas trabajadoras y robots

La información más actual disponible (2022) indica una intensidad de uso de robots en las empresas europeas que, siendo significativa, no muestra signos claros de avance sino, más bien, una cierta contracción hasta ese año en el conjunto de la UE-27 (gráfico 18). España figura en el grupo de países de cabeza en el uso de robots por las empresas, pero su despliegue también parece haber retrocedido.

GRÁFICO 18. USO DE ROBOTS POR LAS EMPRESAS EUROPEAS, 2018-2022
(En %)



Fuente: Eurostat.

Ahora bien, el hecho de no representar un cambio tecnológico radicalmente nuevo no debe ocultar los beneficios y los riesgos que comporta. La incorporación de estas tecnologías ha tenido efectos positivos que están en la base de su implantación. Así, por ejemplo, han permitido la supresión de tareas repetitivas, penosas y peligrosas, aportando mejoras en la seguridad y la salud laboral, han mejorado las capacidades humanas, sobre todo mediante el uso de robots colaborativos (*cobots*), y han posibilitado la competitividad de empresas y sectores en la producción de ciertos bienes y servicios.

Sin embargo, al mismo tiempo, también pueden entrañar riesgos para la salud y la seguridad de las personas trabajadoras. Si solo se considera la utilización de robots que interactúan con personas, los todavía escasos estudios cuantitativos disponibles encuentran una asociación significativa entre la utilización de esta tecnología en las organizaciones productivas y una serie de indicadores de condiciones de trabajo. Las correlaciones más intensas que se observan señalan el aumento de los ritmos de trabajo, una mayor exposición a vigilancia, menor autonomía, mayor carga de trabajo y mayor probabilidad de trabajar en solitario como principales efectos[112].

Como en el uso de otras tecnologías, es fundamental equilibrar los beneficios y los riesgos que comporta. En este sentido, los análisis mencionados reflejan iniciativas en los centros de trabajo como aumentar la concienciación sobre los riesgos para la seguridad y la salud, consultar sobre el impacto del estrés en el trabajo, junto con información y formación para prevenir y mitigar los riesgos laborales.

La gobernanza de los cambios. El papel del diálogo social y de la negociación colectiva

Como se ha expuesto, la actual oleada de cambios tecnológicos impulsados por la digitalización y la implementación de sistemas de IA producen determinados impactos en el empleo y las ocupaciones, en la empleabilidad y las PAE, y en las relaciones laborales y las condiciones de trabajo.

Estas tecnologías pueden contribuir a crear más y mejores empleos, pero también plantean nuevos riesgos si no se acompañan de las políticas y los instrumentos laborales adecuados. Los beneficios de estas transformaciones no se producirán automáticamente, ya que para maximizar las oportunidades y afrontar los retos que suponen será necesario adoptar estrategias y medidas mediante una aproximación compartida, de ahí que sea fundamental poner el acento en la gobernanza de los cambios para asegurar que estas transiciones se produzcan en beneficio de todos, personas trabajadoras y empresas, maximizando los beneficios de la digitalización y garantizando un uso fiable de los sistemas de IA en el empleo y las relaciones laborales[113].

112 Eurofound, «Human–robot interaction: What changes in the workplace?» Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, págs. 16 y 17, 2014.

113 La gobernanza de los efectos de la digitalización en el trabajo se abordó en la Memoria CES 2021, págs. 281-293.

Marco normativo europeo y nacional

De cara a los efectos en las relaciones laborales y en las condiciones de trabajo[114], un primer nivel de actuaciones al que referirse es el correspondiente al plano heterónomo de la regulación normativa, tanto en el ámbito europeo como en el interno. En el primero de ellos, cabe recordar las dos iniciativas más recientes e importantes aprobadas, y a las que ya se ha hecho mención[115]: por una parte, el Reglamento (UE) 2024/1689, de 13 de junio, por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (RIA) como norma de ámbito general[116], que no es específicamente laboral pero es de expresa aplicación también en las relaciones laborales en las empresas y en el autoempleo; y, por otra parte, la Directiva (UE) 2024/2831, de 23 de octubre, relativa a la mejora de las condiciones laborales en el trabajo en plataformas, que establece los derechos mínimos aplicables en el empleo en estas organizaciones.

El RIA, que parte de la premisa general de facilitar la innovación y el desarrollo tecnológicos, contiene, al mismo tiempo, el objetivo transversal de alcanzar un uso de la IA centrado en las personas, evitando los riesgos de una utilización sin reglas. Así, el contenido del RIA en el ámbito del empleo, la gestión laboral y el autoempleo, permite afrontar algunos usos de la inteligencia artificial que pueden desembocar en prácticas rechazables por invasivas o discriminatorias de las personas trabajadoras (directa o indirectamente, a través de sesgos en los datos de partida o en el diseño de los algoritmos de toma de decisiones automatizada) mediante determinadas prohibiciones y mediante la clasificación de los sistemas desplegados en esos ámbitos que estén destinados a determinadas actividades de gestión del personal como sistemas de alto riesgo con las cautelas y los controles asociados a esa categorización. Se ha señalado, así, el importante espacio de intervención que se abre, a partir de la norma comunitaria de aplicación directa, a la negociación colectiva para «el establecimiento de una gestión segura de la inteligencia artificial a fin de proporcionar certezas y garantías en favor de todos», personas trabajadoras y empresas, y de los ámbitos materiales típicos de la regulación convencional que podrían verse más afectados[117].

El RIA contiene también una previsión que consiste en la obligación de los responsables del despliegue de un sistema de IA de alto riesgo en el lugar de trabajo, que sean empleadores, de informar a los representantes de los trabajadores y a los trabajadores afectados de que estarán expuestos a ese tipo de sistema, antes de su puesta en servicio o utilización.

114 Las políticas sobre los efectos en el empleo se han abordado en el apartado anterior, sobre las políticas activas de empleo como respuesta a los desafíos del cambio tecnológico.

115 Véase el apartado 1.7.1 (Política normativa laboral) del capítulo II de la Memoria CES 2024.

116 Equivalente, en este sentido, a lo que representaba en su momento y ámbito de aplicación el Reglamento (UE) 2016/679, Reglamento general de protección de datos (RGPD).

117 J. Cruz Villalón: «La intervención de la negociación colectiva en el despliegue de la inteligencia artificial». *Boletín de la Comisión Consultiva Nacional de Convenios Colectivos*, número 90, 2024.

Por su parte, la Directiva de mejora de las condiciones laborales en el trabajo en plataformas circunscribe su objeto y ámbito de aplicación al trabajo en esos modelos organizativos y de negocio. En ese ámbito contiene una regulación amplia y específicamente laboral de la gestión algorítmica (sistemas automatizados de seguimiento y de toma de decisiones), entre otras medidas laborales. De esa forma, pone en juego reglas de transparencia, la supervisión por humanos, estableciendo evaluaciones (con participación de los representantes de los trabajadores) de las repercusiones de las decisiones automatizadas en las personas que realizan trabajo en plataformas, incluidas, cuando proceda, en sus condiciones laborales y en la igualdad de trato en el trabajo (evaluaciones anti sesgos), la decisión por humanos de determinadas vicisitudes de la relación contractual, la revisión por humanos, normas sobre seguridad y salud, y obligaciones de información y consulta a los representantes de los trabajadores, entre otras previsiones.

Las normas europeas, Reglamento de IA y Directiva de trabajo en plataformas han ampliado el incipiente marco regulatorio en España del uso de estas tecnologías, ya dispuesto en tres normas principales que se ocupan, respectivamente, de la garantía de los derechos digitales en el ámbito laboral, en el marco más general de la regulación sobre protección de datos y, específicamente, el derecho a la desconexión digital; la regulación del trabajo a distancia; y la regulación de los servicios de reparto a través de plataformas digitales, que incorporaba una presunción de laboralidad un derecho de información de la representación legal de las personas trabajadoras (RLT) sobre transparencia algorítmica[118]. Estas regulaciones implicaban un expreso reconocimiento desde la norma de los efectos de la digitalización en los lugares de trabajo y de la necesidad de abordarlos; pero, además, en el caso del trabajo a distancia y de la actividad de reparto a través de plataformas, estas normas respondían a sendos acuerdos sociales tripartitos que, de esa forma, situaban los efectos laborales de la digitalización en la agenda del diálogo social como marco para abordarlos, en línea con el diálogo social de ámbito europeo. También es relevante recordar que la transparencia en la gestión algorítmica del trabajo, como derecho de información de la RLT, si bien se reguló en la ley sobre el reparto en plataformas digitales, se extiende a todas las empresas y actividades, no solo a las primeras[119].

118 Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de datos personales y garantía de los derechos digitales; Ley 10/2021, de 9 de julio, de Trabajo a distancia; y Ley 12/2021, de 28 de septiembre, por la que se modifica el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores para garantizar los derechos laborales de las personas dedicadas al reparto en el ámbito de plataformas digitales.

119 Este derecho de la RLT se ubica en el apartado 4 (derechos de información) del artículo 64 de la LET: derecho del comité de empresa a «Ser informado por la empresa de los parámetros, reglas e instrucciones en los que se basan los algoritmos o sistemas de inteligencia artificial que afectan a la toma de decisiones que pueden incidir en las condiciones de trabajo, el acceso y mantenimiento del empleo, incluida la elaboración de perfiles».

Diálogo social europeo

Más allá de las mencionadas políticas normativas, resulta imprescindible abordar las transiciones y los cambios mediante el papel impulsor del diálogo social, tanto a escala de la Unión Europea (UE) como nacional y mediante los instrumentos de las relaciones laborales, singularmente a través del papel de ordenación y adaptación profesional que desempeña la negociación colectiva.

Existe un amplio consenso institucional en la Unión europea sobre la importancia del diálogo social como herramienta central para el gobierno del cambio tecnológico, de la digitalización y la inteligencia artificial, y sus impactos en el mundo del trabajo, sobre la base de su papel clave de anticipación y gestión de los cambios estructurales[120].

El Comité Económico y Social Europeo (CESE) ha contribuido a la gobernanza de la digitalización y de la IA[121], señalando que los procesos de cambio por las nuevas tecnologías, la inteligencia artificial y los macrodatos han de tener lugar en un marco de provechoso diálogo social[122], y más específicamente sobre la gobernanza de la IA en relación con las políticas de empleo y el mercado laboral, destacando una vez más el relevante papel que desempeña el diálogo social en este terreno[123].

Los interlocutores sociales europeos llegaron a un consenso fundamental en el Acuerdo Marco Europeo sobre Digitalización (AMED) que firmaron en 2020[124]. El AMED tenía como objetivo general alcanzar una transición consensuada para una integración exitosa de las tecnologías digitales en los lugares de trabajo, maximizando las oportunidades, y previniendo y minimizando los riesgos de estos procesos, tanto para los empleadores como para las personas trabajadoras, asegurando los mejores resultados para ambas partes. A tal fin se centraba en una serie de ámbitos (contenidos ocupacionales y competencias, condiciones de trabajo, relaciones laborales y organización del trabajo) y de temas (competencias digitales y seguridad del empleo, modalidades de la conexión y la desconexión digital, inteligencia artificial y garantía del principio de control humano, respeto de la dignidad humana y vigilancia). Como acuerdo autónomo, resultado de las negociaciones entre las organizaciones de los interlocutores sociales europeos, el AMED

120 Comunicación de la Comisión Europea sobre el «Plan de acción del Pilar Europeo de Derechos Sociales», COM (2021) 102 final. Es también muy relevante la Comunicación de la Comisión sobre «Reforzar el diálogo social en la Unión Europea: aprovechar plenamente su potencial para gestionar transiciones justas», COM (2023) 40 final. Las nuevas formas de organización del trabajo habilitadas por la digitalización y sus efectos laborales han estado en el foco de atención de los interlocutores sociales europeos desde hace tiempo. Así, los interlocutores sociales europeos (BusinessEurope, CEEP, CES y UEAPME) acordaron en 2016 una declaración conjunta sobre la digitalización, en la que expresaron una visión compartida sobre la importancia de los retos planteados por esta, y la necesidad de afrontarlos mediante el desarrollo de políticas públicas tanto a nivel comunitario como de los Estados miembros y acuerdos entre las organizaciones sindicales y empresariales.

121 Dictamen CESE sobre «Identidad digital, soberanía de los datos y el camino hacia una transición digital justa para las personas que viven en la sociedad de la información» (2022/C773/01).

122 Dictamen CESE sobre impulsar un mercado único que favorezca el espíritu empresarial y la innovación: promover nuevos modelos empresariales para afrontar los retos y las transiciones sociales (2019/C 353/02).

123 Dictamen CESE en favor de una inteligencia artificial positiva para los trabajadores: mecanismos para aprovechar el potencial y mitigar los riesgos de la IA en relación con las políticas de empleo y del mercado laboral (C/2025/1185).

124 Confederación Europea de Sindicatos, BusinessEurope, SME United y CEEP: European Social Partners Framework Agreement on Digitalisation, junio de 2020.

RECUADRO 8. APORTACIONES RECIENTES DEL CESE SOBRE LA GOBERNANZA DE LA IA EN RELACIÓN CON LAS POLÍTICAS DE EMPLEO Y DEL MERCADO LABORAL

- El sentido positivo o negativo que pueda adoptar el cambio producido por la evolución de la IA no es una cuestión que venga cerrada de antemano, sino que depende de las decisiones que tomen los responsables políticos al formular políticas ambiciosas y efectivas y al establecer marcos normativos que favorezcan el progreso social, la inclusión, la igualdad, la prosperidad económica, la sostenibilidad, continuidad y resistencia empresariales, la creación de empleos dignos, el respeto por las instituciones democráticas y los derechos de los trabajadores; el diálogo social desempeña un papel fundamental a este respecto.
- El diálogo social y la participación de los trabajadores desempeñan un papel crucial a la hora de preservar los derechos fundamentales de los trabajadores y de promover una IA fiable en el mundo laboral. En efecto, aumentar la participación de los trabajadores y sus representantes constituye uno de los mecanismos para minimizar los riesgos y los efectos nocivos de los sistemas de IA.
- Las iniciativas legislativas —o de cualquier otra índole— que tengan por objeto adaptar la legislación vigente deben abordar las lagunas en la protección de los derechos de los trabajadores en el trabajo y garantizar que las personas mantengan el control en todas las interacciones entre el hombre y la máquina .
- Las autoridades deben poner en marcha iniciativas de desarrollo de las capacidades para los trabajadores a fin de garantizar que los sistemas de inteligencia artificial potencien el rendimiento de los seres humanos en lugar de sustituirlos.
- Con el fin de evitar la fragmentación de las iniciativas actuales de los Estados miembros y de garantizar unas condiciones de competencia equitativas en el mercado único, el CESE hace un firme llamamiento en favor de un diálogo social efectivo en torno a la utilización de los sistemas de IA sobre la base de un instrumento jurídico ad hoc de la UE que se ha de configurar.
- El CESE pide a la Oficina Europea de IA que mantenga una estrecha cooperación con los interlocutores sociales intersectoriales europeos a fin de garantizar que el papel que desempeña el diálogo social se plasme adecuadamente en sus próximas directrices y de ofrecer aclaraciones sobre todos los sistemas de IA.

Fuente: Dictamen CESE en favor de una inteligencia artificial positiva para los trabajadores: mecanismos para aprovechar el potencial y mitigar los riesgos de la IA en relación con las políticas de empleo y del mercado laboral (C/2025/1185).

aportó un importante instrumento para afrontar cambios estructurales entonces muy incipientes, pero de futuro, como el uso de los sistemas de IA en los lugares de trabajo.

Las organizaciones firmantes del AMED se comprometían a promover e implementar herramientas y medidas al nivel necesario (nacional, sectorial o de empresa) de acuerdo con los procedimientos y prácticas específicas de los interlocutores sociales del ámbito nacional. En España, las organizaciones firmantes del V Acuerdo para el Empleo y la Negociación Colectiva (V AENC), CCOO, UGT, CEOE y CEPYME, incluyeron como prioritario adecuarlo a cada ámbito negocial «asumiendo el compromiso compartido entre los interlocutores sociales intersectoriales europeos para hacer frente al desafío común de la transformación digital en el mundo laboral», para lo cual establecían una serie de criterios para los convenios colectivos[125].

125 El AMED preveía un mecanismo autónomo de aplicación y verificación de su cumplimiento, junto con un procedimiento de monitorización por parte del Comité de Diálogo Social Europeo, sin embargo, no consta que haya información disponible sobre sus resultados a nivel nacional, sectorial o de empresa.

Un ámbito de particular relieve para la gobernanza de los cambios es el diálogo social sectorial europeo[126]. Los interlocutores sociales sectoriales europeos han venido poniendo el foco en la gobernanza de la digitalización, y más recientemente en la de la IA, señalando que todavía queda un amplio margen para avanzar en este terreno. En la última década se han alcanzado un buen número de instrumentos conjuntos sobre la digitalización, y se han abordado en algunos determinados aspectos de la IA relacionados con el trabajo, en los sectores de Administraciones centrales, Administraciones regionales y locales, actividades de limpieza, bancario, comercio, metal, papel y pasta de papel, químico, seguros y telecomunicaciones, entre otros. Entre los más recientes, cabe mencionar la declaración conjunta sobre los aspectos de la inteligencia artificial (IA) relacionados con el empleo, del sector bancario (2024), el Acuerdo Marco Europeo del comité de diálogo social de Administraciones centrales de la Unión Europea sobre digitalización (2022), o las recomendaciones conjuntas sobre las transformaciones digitales en los lugares de trabajo para los sectores europeos de la química, farmacia, caucho y plásticos (Industria Química, 2019)[127].

En el ámbito del diálogo social europeo, y en este contexto, es importante seguir avanzando en instrumentos para asegurar la correcta implantación de las nuevas tecnologías digitales en el lugar de trabajo, garantizando la igualdad de oportunidades y de trato, las buenas condiciones de trabajo, la correcta organización del trabajo y la prevención de riesgos para la salud, así como garantizar el control humano de las herramientas de inteligencia artificial y promover el diálogo social a diferentes niveles. En este objetivo, es relevante la petición del CESE a la Oficina Europea de IA para que mantenga una estrecha cooperación con los interlocutores sociales sectoriales europeos[128].

El ámbito de la digitalización y sus efectos en el trabajo y las relaciones laborales cuenta con precedentes relevantes en el diálogo social tripartito entre los interlocutores sociales, organizaciones sindicales y empresariales más representativas de ámbito nacional, y el Gobierno, como el Acuerdo sobre el trabajo a distancia (2020) y el Acuerdo sobre la garantía de los derechos laborales de los trabajadores en plataformas digitales de reparto (2021)[129]. Tales acuerdos tuvieron un significado más allá de su contenido de previsiones regulatorias porque suponía afrontar mediante el diálogo social las oportunidades y los desafíos de un proceso de transformación como la digitalización con relevantes efectos potenciales en el trabajo tal como se ha conocido hasta hace poco.

Diálogo social y negociación colectiva en España

Los otros dos instrumentos fundamentales del diálogo social para abordar los efectos de estos cambios son la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo (EESST

126 La Comisión Europea ha recordado que éste cubre más del 80 por 100 de la mano de obra de la UE a través de los 43 comités de diálogo social sectorial. Comunicación de la Comisión sobre Reforzar el diálogo social en la Unión Europea: aprovechar plenamente su potencial para gestionar transiciones justas, COM (2023) 40 final, *op. cit.*

127 Comisión Europea, Social Dialogue texts database.

128 Dictamen CESE «en favor de una inteligencia artificial positiva para los trabajadores...», *op. cit.*, pág. 2.

129 Veáse Memorias CES 2020 y 2021.

RECUADRO 9. CRITERIOS DEL V AENC SOBRE TRANSICIÓN DIGITAL E IA

Transición tecnológica y digital

La implantación de las tecnologías digitales aporta claros beneficios tanto para las empresas como para las personas trabajadoras [...] si bien, al mismo tiempo, comporta retos como consecuencia de su impacto en las condiciones de trabajo.
Con el objetivo de favorecer una transición justa, inclusiva y beneficiosa para todas las partes, es fundamental que los convenios colectivos sectoriales y de empresa incorporen medidas para hacer frente a estos retos [...], adaptándose estas medidas a las realidades de cada sector, actividad y empresa y anticipándose a sus impactos en los centros de trabajo.
Los convenios colectivos de sector y de empresa deben promover e impulsar la transformación digital en el lugar de trabajo en el marco de procesos participativos y entendemos oportuno que establezcan procedimientos concretos de información previa a la representación legal de las personas trabajadoras, de los proyectos empresariales de digitalización y de sus efectos sobre el empleo, las condiciones de trabajo y las necesidades de formación y adaptación profesional de las plantillas, apostando por la formación continua para la mejora de las competencias digitales de las personas trabajadoras que facilite esta transición en la empresa.
Se impulsará desde la negociación colectiva una política de igualdad de oportunidades para asegurar que la tecnología digital resulte beneficiosa para todas las personas trabajadoras, superando la brecha por edad.
Se fomentarán medidas de acción positiva para evitar la brecha digital entre mujeres y hombres, particularmente en competencias avanzadas, garantizando los procesos de formación necesarios para la adaptación a las modificaciones operadas en el puesto de trabajo como consecuencia de las transformaciones digitales de la empresa, con los criterios que las normas laborales establecen.

Inteligencia artificial (IA) y garantía del principio de control humano y derecho a la información sobre los algoritmos

La IA de manera progresiva tendrá un impacto significativo en el mundo laboral y, si no se hace un uso correcto y transparente, podría llevar a adoptar decisiones sesgadas o discriminatorias relativas a las relaciones laborales.
La negociación colectiva debe desempeñar un papel fundamental estableciendo criterios que garanticen un uso adecuado de la IA y sobre el desarrollo del deber de información periódica a la representación de los trabajadores.
El despliegue de sistemas de IA en las empresas deberá seguir el principio de control humano respecto a la IA y ser seguro y transparente.
Las empresas facilitarán a los representantes legales de las personas trabajadoras información transparente y entendible sobre los procesos que se basen en ella en los procedimientos de recursos humanos (contratación, evaluación, promoción y despido) y garantizarán que no existen prejuicios ni discriminaciones.
El despliegue de sistemas de IA en las Administraciones públicas debe seguir igualmente el principio de control humano y ser seguro y transparente.

Fuente: V AENC.

2023-2027), en el terreno de la salud laboral y la prevención de riesgos laborales, y, en el ámbito bipartito autónomo, el Acuerdo sobre el Empleo y la Negociación Colectiva (V AENC). La EESST 2023-2027 es el instrumento para abordar en general los riesgos para la seguridad y la salud laboral de las personas trabajadoras en los próximos años pero, al mismo tiempo, debe servir para afrontar los nuevos riesgos emergentes en un mundo del trabajo sujeto a profundos cambios como los que derivan de la transformación digital de las empresas y la organización laboral, logrando unos entornos de trabajo seguros y saludables también en relación con los cambios tecnológicos, la digitalización y la IA. Por su parte, el V AENC contiene criterios y recomendaciones en diversos ámbitos, entre los cuales cabe destacar los que recoge en relación con las transformaciones tecnológica, digital y ecológica, y en relación con el trabajo a distancia o teletrabajo[130].

La gobernanza de los cambios tecnológicos en el trabajo a través de la negociación colectiva ha sido un terreno limitadamente desarrollado. Todavía hoy la Estadística de Convenios Colectivos recoge un escaso porcentaje de convenios y de personas trabajadoras con cláusulas sobre implantación de nuevas tecnologías (6,7 y 12,5 por 100 respectivamente). Si bien las cláusulas sobre tecnologías y empleo era creciente, sobre todo en materias como el derecho a la desconexión digital, había escaso despliegue y con aproximaciones más bien de carácter programático, no sistemáticas y poco elaboradas[131]. En los últimos años, cláusulas como el derecho a la desconexión y el trabajo a distancia han ido ganando presencia, al ser realidades reguladas desde hace algo más de tiempo[132]. La regulación convencional de temas más avanzados y punteros como la gestión algorítmica y la inteligencia artificial parece ser todavía escasa, pero esto podría cambiar en el corto plazo por su penetración en la organización del trabajo, el consenso de los interlocutores sociales acerca de su necesidad recogido en el V AENC y el efecto de las recientes regulaciones europeas a las que se ha hecho referencia (Reglamento IA y Directiva sobre trabajo en plataformas), que abren y señalan espacios a la negociación colectiva[133]. Esta, por su parte, ofrece ya algunos ejemplos significativos y buenos ejemplos de prácticas negociales en España y otros Estados miembros de la Unión Europea[134], particularmente en el ámbito sectorial, que pueden ejercer un efecto pedagógico o de arrastre sobre otros ámbitos negociales.

130 A fin de desarrollar en la negociación colectiva todos los elementos cuya regulación normativa, con origen en el acuerdo de diálogo social tripartito alcanzado en 2020, le remite. Incorpora, además, una novedosa apuesta por establecer pautas compartidas en el desarrollo efectivo del derecho a la desconexión digital desde la autonomía colectiva.

131 J.J. Fernández Domínguez (dir.) *et al.*, Nuevos escenarios y nuevos contenidos de la negociación colectiva, MITES, Madrid, 2020.

132 La ECC del MTES recoge un 18 por 100 y un 38 por 100, respectivamente, de convenios y de personas trabajadoras con cláusulas sobre regulación de las condiciones del teletrabajo.

133 J. Cruz Villalón (2024): "La intervención de la negociación colectiva en el despliegue de la inteligencia artificial", *op. cit*.

134 H. Álvarez Cuesta, "Experiencias convencionales de regulación del impacto laboral de la inteligencia artificial y su uso con fines de control", Trabajo y Derecho, N.º 19, Junio de 2024. D. Pérez del Prado, "Negociación colectiva e inteligencia artificial", Blog Foro de Labos, 16-01-2025 (https://www.elforodelabos.es/2025/01/negociacion-colectiva-e-inteligencia-artificial/).

RECUADRO 10. IMPACTOS LABORALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Impactos laborales del cambio tecnológico

El impacto del cambio tecnológico en el empleo puede ser cuantitativo, cualitativo o una combinación de ambos. Además, el empleo puede verse afectado en términos de cambio de los perfiles de las tareas dentro de los puestos de trabajo y las ocupaciones, y de los requisitos de cualificación relacionados, así como, por estos mismos factores, en términos de cambios de las retribuciones y del conjunto de aspectos que definen habitualmente la calidad del empleo. El modo en que la tecnología modifica las tareas y el entorno laboral tiene importantes implicaciones para la calidad de los puestos de trabajo y, en última instancia, sobre el bienestar de las personas trabajadoras.

IMPACTOS EN EL EMPLEO

Impacto neto positivo del cambio tecnológico en el largo plazo.

En general, se estima que las tres revoluciones industriales previas a la actual han mantenido (e incluso aumentado) los niveles de empleo.

Impacto neutro de las tecnologías de automatización previas a la IA generativa.

Pocos indicios de una caída significativa del empleo global en los mercados de trabajo como resultado de la automatización llevada a cabo en el periodo inmediatamente anterior a la irrupción de la IA generativa. De igual forma, los pocos estudios que han abordado ya el impacto de la IA en el empleo agregado han encontrado poco o ningún efecto en el empleo.

Mayor alcance e impacto con el desarrollo de la IA generativa.

Mientras anteriores oleadas de innovación tuvieron un mayor impacto en la fuerza laboral menos formada, los recientes avances implican que la IA incide también en tareas cognitivas no rutinarias, lo que amplía su alcance a perfiles cualificados. El mayor alcance y la facilidad de acceso de las tecnologías de IA generativa sugieren que tendrán un impacto más generalizado en el mercado laboral que las anteriores oleadas de IA.

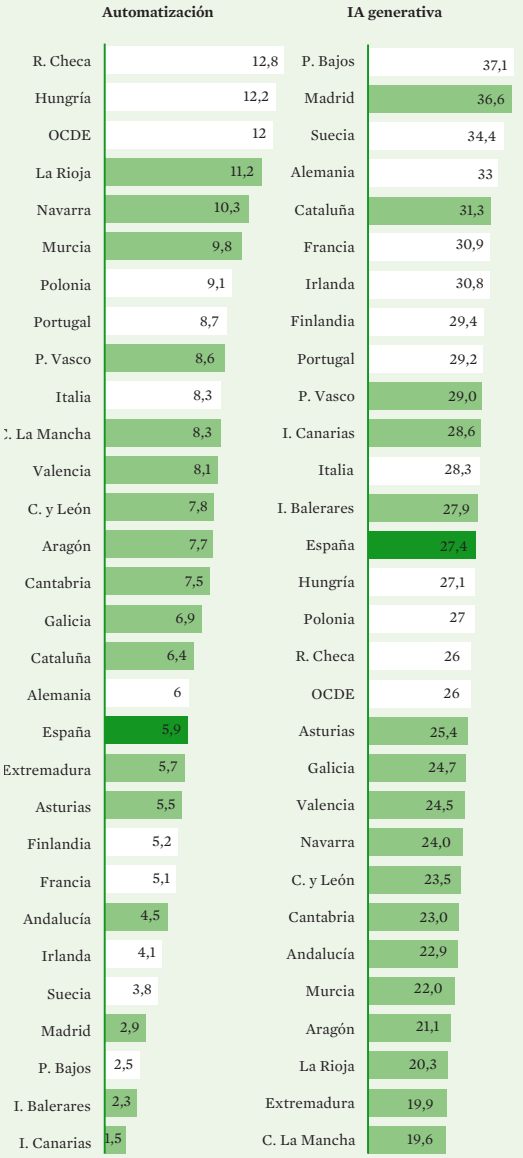
Mayor exposición a la IA no implica desplazamiento de puestos de trabajo.

Debería correlacionarse sobre todo con la productividad, ya que las estimaciones de exposición miden la proporción de tareas que pueden realizarse más rápidamente con la ayuda de la IA generativa.

El cambio tecnológico puede generar desigualdades y conlleva transiciones difíciles.

Los nuevos empleos que se generan normalmente son en sectores diferentes, a menudo en regiones distintas, y con frecuencia requieren cualificaciones diferentes a las de los empleos que se perdieron, lo que ha contribuido a aumentar las disparidades entre distintos grupos de personas y territorios.

EMPLEO EXPUESTO AL CAMBIO TECNOLÓGICO, 2022



Fuente: OCDE, 2024.

RECUADRO 10. IMPACTOS LABORALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO *(continuación)*

PAE como respuesta a los desafíos del cambio tecnológico

El uso de la IA por parte de las personas trabajadoras en España es inferior al del resto de países de nuestro entorno encuestados. Además, el ritmo de adopción también es algo más lento. A pesar de ello, cerca de la mitad de las personas trabajadoras declara necesitar formación en ese ámbito.
Por tanto, las PAE deben promover las acciones para potenciar la empleabilidad de todas las personas trabajadoras, sin dejar a nadie atrás, y responder a las necesidades del tejido productivo, formando para un diseño y uso responsable de la IA que evite perjuicios para las personas trabajadoras, las empresas o terceros. Para ello, las PAE tienen la oportunidad de integrar el uso de la IA para aumentar la eficiencia y eficacia de sus actuaciones:

POTENCIALIDADES

Perfilado de las personas demandantes de empleo

- Caracterización y segmentación de las personas demandantes de empleo.
- Cálculo de la probabilidad de empleo a partir de datos y características individuales de la persona demandante de empleo.

Personalización de servicios

- Asignación de las personas demandantes de empleo a intervenciones y programas de PAE según sus necesidades.
- Diseño de itinerarios de formación personalizados adaptados a la diversidad territorial y personal.
- Integración de bases de datos externas (sobre condiciones socioeconómicas, desempeño en experiencias laborales anteriores, resultados en programas precedentes, etc.) para un mayor ajuste de las intervenciones.
- Determinación del cumplimiento de condiciones para acceder a oportunidades de formación, subsidios a la contratación, etc.
- Identificación de oportunidades de empleo para perfiles específicos o de dificultades añadidas para la inserción laboral.
- Información y orientación laboral (*chatbots*).
- Detección de irregularidades en la provisión de servicios e intervenciones.

Mejora del* matching *entre oferta y demanda de empleo

- Elaboración y mejora de perfiles mediante el análisis de currículum, detectando y potenciando capacidades o experiencias clave.
- Optimización de las ofertas de empleo (uso de palabras clave que promuevan y centren la búsqueda entre las personas candidatas objetivo, uso de términos que promuevan la diversidad, etc.).
- Detección de brechas de formación y emparejamiento con oferta formativa disponible.
- Emparejamiento de competencias o habilidades de las personas demandantes de empleo con vacantes, incluidas las futuras que resulten del análisis prospectivo del mercado de trabajo.

Prospección del mercado y predicción

- Mayor nivel de información y variables, lo que contribuye a una mayor equidad en las decisiones.
- Mayor información y capacidad de predicción sobre las necesidades de empleo en el mercado, sectores específicos, etc.
- Apoyo a la movilidad de las personas trabajadoras con base en una mayor información sobre ofertas. Esta información puede extenderse a los mercados de origen.
- Predicción de eventos con impacto en el empleo: probabilidad de desempleo, riesgo de cierre de empresas.

Evaluación de programas

- Análisis del impacto de programas y servicios.
- Identificación de mejores prácticas en base al impacto.
- Estimación de la probabilidad de éxito del escalado.

Trabajo en red

- Articulación de la actividad de los servicios de empleo con instituciones equivalentes y con otros sectores a nivel regional o municipal.

DESAFÍOS

Falta de robustez de las herramientas de IA

- Sesgos en los datos que entrenan al algoritmo, que pueden reproducir patrones de discriminación.
- Insuficiente representatividad de las muestras de datos para determinados grupos de personas trabajadoras o categorías de información.

Riesgos de discriminación y exclusión

- Brechas tecnológicas (de acceso o falta de capacidades) en ciertos territorios.
- Barreras de acceso para personas con discapacidad.
- Discriminación menos intuitiva y más difícil de detectar si se origina en fallos de diseño o comportamiento del sistema.
- Imposibilidad de detectar elementos intangibles o no objetivables de las personas demandantes de empleo y de las empresas.

Transparencia y explicabilidad de las decisiones

- Necesidad de informar a las personas demandantes de empleo de que sus perfiles están siendo analizados por la IA.
- Opacidad: las herramientas de IA pueden ser una «caja negra», si no es posible explicar las decisiones y resultados por desconocimiento de estándares y criterios.
- Dificultades para atribuir de resultados a ciertas variables, determinar los pesos de cada factor, etc.

Privacidad

- El uso de datos provenientes de Internet (*web scraping*) genera dudas sobre el consentimiento en la cesión de los mismos.
- Necesidad de garantizar la seguridad de los sistemas ante el uso de información de carácter personal y sensible.

Complementariedad de la IA con el control humano en el PES

- Las decisiones de la IA son un elemento más de decisión y recomendación.
- Necesidad de formación del personal en datos para optimizar el uso de la IA, interpretar los algoritmos, etc.

RECUADRO 10. IMPACTOS LABORALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO *(continuación)*

Cambio tecnológico y relaciones laborales. El papel del diálogo social y la negociación colectiva

La creciente integración de nuevas herramientas tecnológicas en las empresas presenta notables efectos positivos, productivos y organizativos para empresas y personas trabajadoras, pero, al mismo tiempo, plantea nuevos retos y riesgos para estas que se deben afrontar. Junto con un uso generalizado de dispositivos digitales en el trabajo, la monitorización digital que posibilitan y junto con procesos como la automatización-robotización, más recientemente se abre paso la gestión algorítmica del trabajo, en un principio implantada en el trabajo en plataformas digitales, pero de creciente extensión al trabajo convencional. Aunque la información es todavía limitada, las fuentes disponibles señalan un distinto grado de prevalencia de estas herramientas en las empresas en España, así como los principales efectos y retos que plantean.

Prevalencia de tecnologías, efectos y retos

1. Uso de dispositivos y monitorización digital	***Prevalencia*** Amplio y creciente uso de ordenadores fijos, portátiles, tabletas, *smartphones* y otros dispositivos móviles en las empresas europeas (Cuarta ESENER, 2024). El 65% de las personas trabajadoras en España usan estos dispositivos (JRC Comisión Europea) que, con frecuencia, se utilizan para monitorizar y supervisar la ejecución del trabajo. ***Principales efectos*** *Positivos:* mejora de tareas y acceso a información, eliminación de procesos largos, tediosos y repetitivos, mayor flexibilidad horaria y autonomía, mejora del rendimiento. Riesgos: nuevos riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo (trastornos musculoesqueléticos, movimientos repetitivos, aumento de la intensidad, sobrecarga informativa, recopilación de datos). ***Principales retos*** Avanzar en la mejora de la evaluación de riesgos laborales derivados de la digitalización, ampliar las empresas que consultan con la RLT sobre el impacto potencial de la tecnología digital en la seguridad y la salud laboral e implementar políticas de transparencia e información de las empresas hacia las personas trabajadoras sobre su uso.
2. Gestión algorítmica (GA) del trabajo	***Prevalencia*** En España, como en otras economías avanzadas, una proporción significativa de empresas y de personas trabajadoras utilizan algún sistema de GA del trabajo (dirección y organización automatizadas). ***Principales efectos*** *Positivos:* mejoras en la organización del trabajo, mayor consistencia en la toma de decisiones, previsibilidad de las instrucciones y neutralización de posibles sesgos de las decisiones humanas. La recopilación de datos de la actividad laboral y la analítica de datos, en combinación con el uso de modelos de IA, pueden permitir innovaciones organizativas y mejoras de productividad. *Riesgos:* la GA aparece asociada a actividades complejas y procedimientos detallados, menor flexibilidad y autonomía de las personas trabajadoras, a trabajos más monótonos y a mayor estrés en el trabajo. Estos rasgos se acentúan cuando la GA tiene mayor intensidad («plataformización fuerte» del trabajo, que se observa en un 6,1% de la población ocupada en España). ***Principales retos*** Garantía de la transparencia, explicabilidad y control humano en los algoritmos aplicados a la dirección y la organización automatizadas del trabajo y evitación de sesgos potencialmente discriminatorios por distintas circunstancias personales en los elementos de la relación de trabajo (asignación de actividad, evaluación del desempeño, salario y sus componentes, clasificación y promoción profesional, y acceso a la formación continua, entre otros).

RECUADRO 10. IMPACTOS LABORALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO *(continuación)*

	Gobernanza de los cambios
1. Plano normativo	Además de las normas que ya estaban vigentes en España relacionadas con estas materias, cabe destacar las dos iniciativas comunitarias recientemente aprobadas. El Reglamento Europeo de IA (RIA). El RIA persigue el objetivo transversal de alcanzar un uso de la IA centrado en las personas. En el ámbito del empleo, la gestión laboral y el autoempleo, contiene determinadas prohibiciones y la clasificación de los sistemas desplegados en esos ámbitos que estén destinados a determinadas actividades de gestión del personal como sistemas de alto riesgo, con las obligaciones y controles consiguientes. La Directiva europea de trabajo en plataformas. Pone en juego reglas de transparencia y la supervisión por humanos, establece evaluaciones (con participación de los representantes de los trabajadores) de las repercusiones de las decisiones automatizadas en las personas que realizan trabajo en plataformas, incluidas, cuando proceda, en sus condiciones laborales y en la igualdad de trato en el trabajo (evaluaciones antisesgos) e incluye la decisión por humanos de determinadas vicisitudes de la relación contractual, la revisión por humanos, normas sobre seguridad y salud, y obligaciones de información y consulta a los representantes de los trabajadores, entre otras previsiones.
2. Diálogo social	Además de las medidas normativas, resulta imprescindible abordar las transiciones y los cambios mediante el papel impulsor del diálogo social, tanto en el ámbito de la Unión Europea (UE) como nacional. Existe un amplio consenso institucional en la UE sobre la importancia del diálogo social como herramienta central para el gobierno del cambio tecnológico, la digitalización y la IA, y sus impactos en el mundo del trabajo. Los interlocutores sociales europeos comparten este consenso fundamental. Ejemplo de ello es el Acuerdo Marco Europeo sobre digitalización (AMED) que firmaron en 2020. El AMED suponía un importante instrumento para afrontar cambios estructurales futuros como el uso de los sistemas de IA en los lugares de trabajo. Otro ámbito especialmente importante en la gobernanza de los cambios tecnológicos lo representa el diálogo social europeo sectorial. En España cabe destacar dos instrumentos fundamentales del diálogo social para abordar los efectos de estos cambios: la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo (EESST 2023-2027), en el terreno de la salud laboral y la prevención de riesgos laborales, y el Acuerdo sobre el Empleo y la Negociación Colectiva (V AENC). El V AENC (2023-2025) contiene criterios y recomendaciones en diversos ámbitos, entre los cuales cabe destacar, a estos efectos, los que recoge en relación con la transición tecnológica y digital, y con la IA.
3. Negociación colectiva	La regulación en la negociación colectiva de cuestiones como la IA y la gestión algorítmica parece ser todavía escasa, pero esto podría cambiar en el corto plazo por su penetración en la organización del trabajo, el consenso de los interlocutores sociales acerca de su necesidad recogido en el V AENC y el efecto de las recientes regulaciones europeas, que abren y señalan espacios a la negociación colectiva. Esta ofrece ya algunos ejemplos significativos y buenos ejemplos de prácticas negociales en España y otros Estados miembros de la UE, particularmente en el ámbito sectorial, que pueden ejercer un efecto pedagógico o de arrastre sobre otros ámbitos negociales.

Conclusión

Es poco probable que España se vea afectada muy negativamente en términos de empleo debido a la IA, pero sí tendrá que hacer frente a un proceso de transformación en la naturaleza del trabajo. La clave será adaptar la fuerza laboral a las nuevas tecnologías. Las diferencias regionales y personales en la exposición a la IAG indican que las políticas de formación y adaptación deberían tener presente la diversidad territorial y personal, con un enfoque particular en las zonas y personas más vulnerables a los cambios tecnológicos. Con las políticas adecuadas, España puede aprovechar la IA para fomentar un desarrollo económico inclusivo y sostenible, preparando a sus ciudadanos para los trabajos del futuro. Los beneficios y los riesgos de las transformaciones tecnológicas en el trabajo no están determinados de antemano. Asegurar las oportunidades y afrontar los retos implica adoptar estrategias y medidas mediante una aproximación compartida. Resulta, por ello, fundamental poner el acento en la gobernanza de los cambios para asegurar que estas transiciones se produzcan en beneficio de todos, personas trabajadoras y empresas, maximizando los beneficios de la digitalización y garantizando un uso fiable de los sistemas de IA en el empleo y las relaciones laborales.

Fuente: elaboración propia.

IMPACTOS SOCIALES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

1. Digitalización humanista e inteligencia artificial

El desarrollo de la inteligencia artificial (IA) se está revelando como una de las tecnologías disruptivas con mayor capacidad de transformación social, más allá de las nuevas dinámicas que imprime en el terreno de la economía y el empleo, a las que se han referido anteriores apartados. La IA está cada vez más presente detrás de decisiones determinantes de las condiciones de vida y los derechos de las personas, de la accesibilidad y calidad de los productos y servicios en el mercado, así como de la gestión de importantes infraestructuras, prestaciones y servicios determinantes para el bienestar de la población y la calidad de vida. Por ello, constituye una oportunidad histórica para mejorar el bienestar, la salud, las prestaciones y servicios públicos, así como la sostenibilidad del planeta y la consecución de los objetivos de la Agenda 2030.

Unido a lo anterior, las nuevas tecnologías en el entorno de la digitalización y, especialmente, el tratamiento masivo de datos y su utilización por medio de algoritmos está modificando profundamente las formas de interacción de la ciudadanía con las empresas y las Administraciones públicas y brindan en muchas ocasiones importantes oportunidades de mejora de la atención pero también retos desde la perspectiva de derechos fundamentales como la libertad personal, la privacidad, la libertad de expresión y de información, el derecho a un juicio justo o la prohibición de discriminación (recuadro 11).

Actitudes ambivalentes de la población sobre los impactos sociales de la IA

Los estudios más recientes arrojan una opinión ambivalente de la ciudadanía española ante la inteligencia artificial, marcada por expectativas contrapuestas según ámbitos de aplicación. Así, según un reciente estudio del CIS[135] el interés (68,3 por 100), la incertidumbre (67,2 por 100) y la preocupación (58,4 por 100) son los tres sentimientos que más generan en las personas los avances tecnológicos. Un 66 por 100 está de acuerdo en que la IA puede aportar muchos beneficios al campo de la salud y la medicina. Sin embargo, un 53,4 por 100 cree que puede causar perjuicios sobre la cultura, los valores y las formas de vida y un 51,3 por 100 opina lo mismo sobre la protección de los derechos de las personas. Además, el 86,9 por 100 está «muy o bastante de acuerdo» con que la IA puede ser utilizada para difundir información errónea y bulos; un 80,6 cree que puede facilitar cometer delitos o actos ilegales y un 72,2 por 100 por 100 señala que puede provocar mayor desigualdad global.

135 CIS, Estudio 3495. *Inteligencia artificial*. Febrero de 2025.

RECUADRO 11. IMPACTOS SOCIALES Y EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DE LA IA

	Bienestar social	Sostenibilidad ambiental
Beneficios y oportunidades	Accesibilidad y equidad: mejora del acceso a prestaciones y servicios esenciales como las de Seguridad Social, la educación, la asistencia sanitaria y la asistencia social, optimizando recursos y personalizando la atención. Mejoras en salud, asistencia sanitaria e investigación médica: aplicaciones de IA para el diagnóstico precoz de enfermedades, desarrollo de tratamientos personalizados y automatización de procesos administrativos en hospitales. Innovación en la educación: adaptación del aprendizaje a las necesidades de los estudiantes, facilitando nuevas herramientas pedagógicas y la inclusión de personas con discapacidades. Eficiencia en servicios públicos: optimizar la gestión de infraestructuras y servicios gubernamentales, mejorando la respuesta ante crisis y emergencias.	Optimización del consumo de energía: la IA puede mejorar la eficiencia energética en industrias, ciudades inteligentes y redes eléctricas, reduciendo el impacto ambiental. Mitigación del cambio climático: permite el monitoreo y predicción de patrones climáticos, facilitando estrategias para reducir emisiones de carbono y mejorar la gestión de recursos naturales. Agricultura sostenible: tecnologías basadas en IA optimizan el uso de agua, fertilizantes y pesticidas, contribuyendo a una producción más sostenible. Economía circular: la IA mejora los procesos de reciclaje y reutilización de materiales, promoviendo modelos de producción más sostenibles.
Desafíos y riesgos	Desigualdad y brecha digital: el acceso desigual a la tecnología puede profundizar las diferencias socioeconómicas y excluir a ciertos grupos poblacionales. Impacto en el empleo: la automatización de tareas puede sustituir empleos tradicionales, generando incertidumbre laboral y cambios en la demanda de habilidades. Riesgos en la privacidad: la recopilación masiva de datos personales puede vulnerar la privacidad de los ciudadanos y facilitar la vigilancia masiva. Desinformación y manipulación: los sistemas de IA pueden ser utilizados para difundir información falsa o influir en la opinión pública de manera poco ética.	Huella de carbono de la IA: los centros de datos y la computación de alto rendimiento consumen grandes cantidades de energía, contribuyendo a la emisión de CO2. Extracción de recursos: la producción de *hardware* para IA requiere materiales críticos, lo que puede generar impactos negativos en ecosistemas y comunidades locales. Desechos electrónicos: el rápido avance tecnológico genera obsolescencia prematura de dispositivos, aumentando la cantidad de residuos electrónicos.

Fuente: *Directrices éticas para una IA fiable*, Grupo de expertos de alto nivel sobre inteligencia artificial, creado por la Comisión europea en junio de 2018. Publicado el 8 de abril de 2019.

En cuanto a algunas acciones humanas que podrían acabar siendo sustituidas por robots, una de las que más incomodarían a los españoles sería someterse a una operación médica realizada por un robot, o hablar con una inteligencia artificial, por ejemplo, en un servicio de información o de atención al cliente Así, cerca de la totalidad de la muestra (92,7 por 100) está «muy o bastante de acuerdo» con que las empresas y organizaciones deben informar cuando utilizan inteligencia artificial en lugar de seres humanos mientras un 93,4 por 100 está «muy o bastante de acuerdo» con que la programación y entrenamiento de la inteligencia artificial debe ser regulado. Por tanto, se aprecia una cierta tensión entre el potencial transformador que se atribuye a esta tecnología y la precaución en torno a sus consecuencias, junto con una clara interpelación a los poderes públicos sobre la necesidad de garantizar ciertos derechos.

RECUADRO 12. PRINCIPIOS CLAVE PARA UN USO DE LA IA BENEFICIOSO PARA LA HUMANIDAD

- Transparencia y rendición de cuentas: las decisiones tomadas por sistemas de IA deben ser comprensibles, auditables y sujetas a supervisión humana.
- Justicia e inclusión, evitando la discriminación, haciendo que los beneficios de la IA sean accesibles para todos, y promoviendo diversidad cultural.
- Sostenibilidad ambiental: los sistemas de IA deben ser diseñados para proteger el medio ambiente y apoyar los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- Privacidad y gobernanza de datos: la protección de datos personales debe estar garantizada durante todo el ciclo de vida de los sistemas de IA.
- Seguridad y mitigación de riesgos: se prioriza el desarrollo de sistemas seguros que minimicen riesgos para las personas y el entorno.
- Evaluación ética: los países deben implementar metodologías para evaluar el impacto ético de la IA en sus contextos específicos.
- Educación y sensibilización: se debe fomentar la alfabetización digital y ética en IA para aumentar la comprensión pública sobre su uso responsable.
- Colaboración internacional: promueve cooperación global en investigación, desarrollo e implementación ética de la IA.
- Supervisión humana: la responsabilidad última debe recaer en las personas, asegurando que las tecnologías no sustituyan la rendición de cuentas humana.

Fuente: recomendación de la UNESCO sobre la Ética de la Inteligencia Artificial, 2021.

Entretanto, el contexto de las principales organizaciones internacionales y especialmente en el entorno de la Unión Europea, la constatación de la necesidad de salvaguardar esos derechos viene dando lugar a diversos intentos de regulación. De este modo, el principio de la centralidad humana se ha ido abriendo paso paulatinamente en los planteamientos de los organismos internacionales respecto al desarrollo y aplicación de la inteligencia artificial.

1.1. LA NECESIDAD DE UNA IA SEGURA, FIABLE Y CENTRADA EN LA PERSONA

En el sistema de Naciones Unidas, ya la Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial de la UNESCO de 2021 estableció una serie de principios clave para garantizar un desarrollo y uso de la IA beneficioso para la humanidad, al mismo tiempo que se minimizan sus riesgos.

RECUADRO 13. IA Y CENTRALIDAD HUMANA: SISTEMAS SEGUROS Y FIABLES

Sistemas de IA seguros y fiables: sistemas de inteligencia artificial en el ámbito no militar, cuyo ciclo de vida incluye las etapas de prediseño, diseño, desarrollo, evaluación, puesta a prueba, despliegue, utilización, venta, adquisición, explotación y retirada de servicio, y presentan las siguientes características:
Están centrados en las personas, son fiables, se pueden explicar, son éticos e inclusivos, respetan plenamente la promoción y la protección de los derechos humanos y el derecho internacional, mantienen la privacidad, están orientados al desarrollo sostenible y son responsables, tienen el potencial de acelerar y propiciar los avances hacia la consecución de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y el desarrollo sostenible en sus tres dimensiones —económica, social y ambiental— de manera equilibrada e integrada, fomentar la transformación digital, promover la paz, salvar las brechas digitales entre los países y dentro de ellos y promover y proteger el goce de los derechos humanos y las libertades fundamentales para todos, manteniendo a la persona en el centro.

Fuente: Resolución 78/265, aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 21 de marzo de 2024. «Aprovechar las oportunidades de sistemas seguros y fiables de inteligencia artificial para el desarrollo sostenible».

Más recientemente, la resolución sobre IA (2024)[136] declara que «los mismos derechos que tienen las personas fuera de línea deben protegerse también en línea, incluso durante todo el ciclo de vida de los sistemas de inteligencia artificial». La resolución insta a los Estados a que se abstengan de utilizar sistemas de inteligencia artificial que no puedan funcionar de conformidad con las normas internacionales de derechos humanos o los pongan en riesgo. Asimismo, alienta a que los Estados, el sector privado, la sociedad civil, la investigación y los medios de comunicación desarrollen enfoques y marcos normativos y de gobernanza para un uso seguro y fiable de la IA (recuadro 13). Y reconoce el potencial de los sistemas de IA para acelerar y permitir el progreso hacia la consecución de los dicisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible, evitando la desigualdad derivada de la brecha tecnológica entre países y entre personas dentro ellos.

Entre las iniciativas más recientes, cabe destacar asimismo las de la OCDE[137], que viene trabajando en ofrecer una posición global sobre el uso de la IA apara apoyar a los distintos países, a través de principios mínimos que, aunque no legalmente vinculantes, pretenden servir de guía para estos sistemas.

136 Resolución «Aprovechar las oportunidades de sistemas seguros y fiables de inteligencia artificial para el desarrollo sostenible», de 21 de marzo de 2024. El proyecto de resolución, liderado por el Gobierno de EEUU anterior a las elecciones de noviembre de 2024, fue aprobada por aclamación por la Asamblea General de Naciones Unidas con el respaldo o «copatrocinio» de más de 120 países miembros.

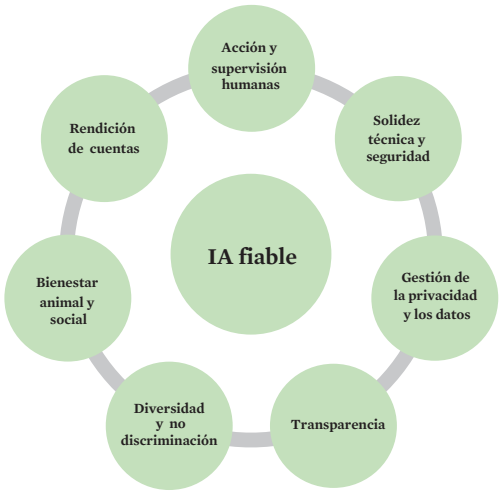
137 OCDE, Recomendación sobre la inteligencia artificial, 2024. Véase también, Observatorio de Políticas de Inteligencia Artificial. https://oecd.ai/en/wonk

RECUADRO 14. DIRECTRICES ÉTICAS PARA UNA IA ROBUSTA Y FIABLE

Principios éticos y valores conexos

Respeto de la autonomía humana, prevención del daño, equidad y explicabilidad.
Atención especial a las situaciones que afecten a los grupos más vulnerables, como la infancia, las personas con discapacidad y otras que se hayan visto históricamente desfavorecidas o que se encuentren en riesgo de exclusión, así como a las situaciones caracterizadas por asimetrías de poder o de información.
Cabe reconocer que, pese a que aportan beneficios sustanciales a las personas y a la sociedad, los sistemas de IA entrañan ciertos riesgos y pueden tener efectos negativos, algunos difíciles de prever, identificar o medir (por ejemplo, sobre la democracia, el Estado de Derecho, la justicia distributiva o la propia mente humana).
Adoptar medidas adecuadas y proporcionales para mitigar estos riesgos cuando proceda.

Requisitos de fiabilidad



Fuente: Comisión Europea, Grupo Independiente de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial, Directrices éticas para una IA fiable, 2019.

La UE, un entorno avanzado de reconocimiento de derechos digitales vinculados a la IA

La Unión Europea es una de las regiones del mundo más avanzadas en el reconocimiento de los derechos digitales y, especialmente, de los vinculados al desarrollo de la IA, como combinación de tecnologías que agrupa datos, algoritmos y capacidad informática. Aunque la regulación europea de protección de datos personales (RGPD) ya supuso un destacable avance en la protección de datos personales a través de sistemas de IA, las preocupaciones de la Unión Europea por las implicaciones de carácter ético en el uso de esta tecnología se plasmaron ya de forma

más explícita en el informe del Grupo Independiente de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial de 2019, posteriormente en el Libro Blanco de la inteligencia artificial[138] en 2020 y más adelante en la Declaración Europea sobre los Derechos y Principios Digitales para la Década Digital[139]. Por su parte, la Carta Iberoamericana de Inteligencia Artificial en la Administración pública, aprobada en noviembre de 2023, proporciona criterios de implementación de la IA en la gestión pública desde un enfoque de centralidad humana, ética, transparencia y fiabilidad.

En concreto, ya en 2019[140] se identificaron una serie de riesgos a la que está expuesto el uso de la IA, fijando los límites del desarrollo, despliegue y uso de una IA confiable. La fiabilidad de la IA se apoya en tres componentes que deben satisfacerse a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema: a) la IA debe ser lícita, es decir, cumplir todas las leyes y reglamentos aplicables; b) ha de ser ética, de modo que se garantice el respeto de los principios y valores éticos y c) debe ser robusta, tanto desde el punto de vista técnico como social (recuadro 14).

Para garantizar el cumplimiento de estos requisitos, entre otras medidas, se deberá impulsar la investigación y la innovación para ayudar a evaluar los sistemas de IA y a promover el cumplimiento de los requisitos; divulgar los resultados y formar sistemáticamente a una nueva generación de especialistas en ética de la IA. Además, es importante la transparencia acerca del hecho de que se está trabajando con un sistema de IA, así como facilitar la trazabilidad y la auditabilidad de estos sistemas, especialmente en contextos o situaciones críticos. Igualmente, se evidencia la necesidad de implicar a las partes interesadas en todo el ciclo de vida de los sistemas de IA. Especialmente necesario resulta promover la formación y la educación, de manera que el mayor número de personas sean conocedoras de la IA fiable y reciban formación en la materia de modo que el desarrollo de esta tecnología contribuya a reducir y no a profundizar las brechas sociales existentes.

El Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial (RIA)[141] representa, sin duda, un avance hacia una IA responsable y alineada con los principios éticos establecidos en las anteriores Directrices y documentos, compartiendo una visión común sobre el desarrollo y despliegue responsable de la inteligencia artificial en la Unión Europea. De hecho, entre las finalidades del RIA figura la de promover una IA centrada en el ser humano y digna de confianza así

El RIA, un avance considerable en la IA responsable y centrada en el ser humano

138 Comisión Europea, *Libro Blanco sobre la inteligencia artificial - un enfoque europeo orientado a la excelencia y la confianza*, Bruselas, 19.2.2020 COM (2020) 65 final.

139 Declaración Europea sobre los Derechos y Principios Digitales para la Década Digital del Parlamento Europeo, el Consejo y la Comisión (2023/C 23/01).

140 Grupo Independiente de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial, creado por la Comisión Europea en junio de 2018. *Directrices éticas para una IA fiable*. Bruselas, abril de 2019.

141 Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 300/2008, (UE) n.º 167/2013, (UE) n.º 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 y (UE) 2019/2144 y las Directivas 2014/90/UE, (UE) 2016/797 y (UE) 2020/1828 (Reglamento de Inteligencia Artificial).

como asegurar un alto nivel de protección de los derechos fundamentales. Mientras que las directrices establecen un marco ético basado en principios fundamentales, el RIA introduce obligaciones legales específicas, particularmente en la evaluación de impactos sociales y ambientales en sectores sensibles.

El Reglamento establece una serie de requisitos escalonados en función de los riesgos que cada sistema de inteligencia artificial supone para los derechos de los ciudadanos, prohibiendo directamente, aunque con determinadas excepciones, aquellos que representan un riesgo inaceptable (gráfico 19). Entre los sistemas prohibidos en la Unión Europea, sin ánimo de exhaustividad, figuran los capaces de trascender la conciencia de una persona con técnicas deliberadamente manipuladoras, engañosas o subliminales para alterar el comportamiento y les provoque un perjuicio considerable; los que pueden provocar perjuicio considerable a un determinado colectivo por su edad, discapacidad, situación social o económica específica; sistemas que se hayan creado para evaluar o clasificar a personas atendiendo a su comportamiento o rasgos personales; las IA que realicen evaluaciones de riesgos de personas con el fin de valorar o predecir el riesgo de que cometa un delito, basándose únicamente en la elaboración del perfil; las creadas para intentar deducir las emociones de una persona, excepto cuando sea por motivos médicos o de seguridad o las que creen o amplíen bases de datos de reconocimiento facial mediante la extracción no selectiva de imágenes faciales de internet o de circuitos cerrados de televisión.

GRÁFICO 19. IMPACTOS SOCIALES DE LA IA: NIVELES DE RIESGO Y OBLIGACIONES ESTABLECIDAS POR EL REIA

EJEMPLOS	NIVEL DE RIESGO	OBLIGACIONES
Técnicas subliminales que trascienden la conciencia. Clasificación social.Sistemas de policía predictiva basado en perfilado. Categorización biométrica usando datos sensibles (orientación sexual, religión, etc.).	RIESGO INACEPTABLE	PROHIBIDOS
Educación, empleo, infraestructuras críticas, salud, seguridad en productos, contratación y evaluación de empleados, acceso a servicios esenciales (crédito, vivienda) Evaluación del riesgo criminal. Sistemas biométricos para identificación	ALTO RIESGO	Evaluación de conformidad previa. Registro en base de datos UE. Sistema de gestión de riesgos. Registro actividades automático. Transparencia, supervisión humana, ciberseguridad.
Chatbots, asistentes virtuales, generadores de imágenes audio o video Recomendación de contenido. Motores de búsqueda con resultados generados por IA.	RIESGO LIMITADO	Obligaciones de transparencia Informar a usuarios de interacción con IA.
Como filtros de spam, videojuegos o herramientas creativas. Aplicaciones básicas de procesamiento de texto. Sistemas de análisis internos corporativos.	RIESGO MÍNIMO	Sin obligaciones específicas más allá de la normativa general. Adopción voluntaria de códigos éticos y de conducta.

Fuente: elaboración propia a partir del Reglamento 2024/1689 de Inteligencia Artificial.

RECUADRO 15. EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL EN EL REGLAMENTO EUROPEO DE IA (REIA)

El REIA clasifica los sistemas de IA según el nivel de riesgo que presentan para los derechos fundamentales y el bienestar social. Aparte de los sistemas prohibidos directamente, los sistemas de «alto riesgo» deben cumplir requisitos estrictos antes de su comercialización o despliegue, incluyendo una evaluación del impacto social y, en ciertos casos, ambiental.

En particular, el RIA exige:

- Evaluaciones *ex ante*: se deben identificar los posibles efectos adversos sobre derechos fundamentales, incluyendo la discriminación, la privacidad y la exclusión social.
- Análisis del impacto ambiental: aunque no es un requisito generalizado, en sectores específicos como la movilidad, la energía o la gestión de recursos, se exige considerar el impacto ecológico del uso de IA.
- Supervisión humana y auditorías: se establecen mecanismos de control y revisión periódica de los sistemas IA de alto riesgo para mitigar impactos adversos.

Esta obligación de evaluar el impacto social y ambiental refuerza los principios de «no maleficencia» y «responsabilidad» definidos en las Directrices Éticas para una IA Fiable, donde se destaca la necesidad de evitar perjuicios a la sociedad y garantizar un desarrollo tecnológico sostenible y equitativo.

El REIA regula especialmente sectores donde la IA puede afectar derechos fundamentales, como:

- Salud (diagnóstico médico, tratamiento automatizado)
- Educación (sistemas de evaluación y selección de estudiantes)
- Justicia y administración pública (sistemas de predicción delictiva, decisiones automatizadas en servicios públicos)
- Empleo y recursos humanos (herramientas de selección y evaluación de trabajadores)
- Seguridad y vigilancia (reconocimiento facial y detección de comportamientos anómalos)

La supervisión humana se sitúa en el centro del sistema de gobernanza de la IA en la Unión Europea y constituye uno de los requisitos con los que deben cumplir los sistemas de IA clasificados como de alto riesgo (art. 6.2) siendo el proveedor del sistema el que debe definir las medidas adecuadas de supervisión humana antes de su introducción en el mercado o puesta en servicio (recuadro 15).

No obstante, algunos sectores relevantes desde el punto de vista social se mantienen fuera del alcance directo del RIA en cuanto a la obligación de evaluar impactos sociales y ambientales antes de su implementación. Entre ellos, cabe destacar las plataformas digitales y redes sociales, para las que no se exige una evaluación previa de impactos algorítmicos en lo que se refiere a la desinformación, polarización social o salud mental. Algo similar ocurre en los sistemas de recomendación y publicidad, a pesar de su capacidad de influencia en las decisiones económicas de las personas; los modelos de IA en el sector financiero (a excepción de prácticas específicas como el

scoring crediticio) o la ausencia de disposiciones que prevean la evaluación de la huella ecológica de todas las aplicaciones de la IA. Para preservar la competitividad de Europa en un contexto internacional carente de regulaciones tan exigentes como el REIA, este incorpora exenciones específicas para sistemas de IA utilizados exclusivamente con fines de investigación, con lo que los proyectos de investigación pura no estarán sujetos a las mismas obligaciones que los sistemas comerciales o de uso público.

1.2. GOBERNANZA ALGORÍTMICA, TRANSPARENCIA Y RENDICIÓN DE CUENTAS

Las decisiones automatizadas (DAA) y la IA forman parte ya del día a día de procesos a través de los que se sustancian importantes derechos subjetivos de las personas, como el acceso a la justicia, a tratamientos médicos, a prestaciones sociales o ayudas públicas, como se verá más adelante. Por ello, tienen un enorme potencial para mejorar la calidad y la personalización de los servicios públicos, detectar con mayor precisión los problemas sociales, tomar decisiones basadas en datos, mejorar la eficiencia y la evaluación de las políticas públicas, agilizar los procedimientos y reducir costes. Sin embargo, en su desarrollo pueden verse afectados derechos fundamentales, como la protección de datos personales, la privacidad, la seguridad, la igualdad y no discriminación o el acceso a la justicia, dando lugar, además, a incertidumbres en torno a cuestiones relativas a la responsabilidad. Además, como subraya la Agencia Europea de derechos fundamentales (FRA), pueden verse en riesgo otros derechos como, por ejemplo, la dignidad humana, el derecho a la seguridad social y la asistencia social, el derecho a una buena administración (especialmente relevante para el sector público) y la protección de los consumidores (particularmente importante para las empresas)[142]. Según la FRA, en función del contexto de utilización de la IA, deberá considerarse cualquier otro derecho protegido por la Carta Europea de Derechos Fundamentales de la Unión Europea.

La falta de transparencia puede dar lugar a que errores del sistema conduzcan a decisiones injustas que se mantengan a lo largo de los años, erosionando además la confianza pública en las instituciones[143]. El impacto social, es decir, las consecuencias de los errores en la población y en sus derechos, constituye un elemento fundamental en la estimación del riesgo de los sistemas algorítmicos y automatizados, junto con la calidad de los datos, el análisis de veracidad y sesgo y la tecnología utilizada.

Numerosas herramientas de IA vienen siendo utilizadas en los más diversos ámbitos de la realidad económica y social ya con anterioridad a la aprobación del RIA,

142 Véase Agencia de los derechos fundamentales de la Unión Europea (FRA), *Construir correctamente el futuro: la Inteligencia Artificial y los derechos fundamentales. Resumen.* 2021.

143 J. M. Calabuig, L. Cotino, A. E. A. Ferrer y Sánchez, *Guía práctica ¿Cómo abrir los algoritmos públicos? Recomendaciones para la implantación de registros de algoritmos públicos*, Cotino Hueso, Lorenzo (coord), Universitat Politècnica de València- Universitat de València, Versión 1.0 Junio 2024.

cuyas exigencias requerirán un importante esfuerzo de adaptación en un momento en que aumenta la preocupación por los criterios que rigen decisiones automatizadas que definen derechos y obligaciones básicas de la ciudadanía. Especialmente importante resulta que la actuación de las administraciones públicas constituya un referente en este ámbito. Según un reciente informe[144], el 68 por 100 de las decisiones automatizadas en servicios públicos españoles carecían en 2024 de supervisión externa, mientras ha sido objeto de cuestionamiento la opacidad de algunos algoritmos que venían siendo utilizados en ámbitos muy sensibles tanto para el acceso

RECUADRO 16. IMPACTO DE LA OPACIDAD ALGORÍTMICA EN LOS DERECHOS DE LAS PERSONAS ADMINISTRADAS

Ejemplos de caso

Rotterdam-Países Bajos (2017-2021). Sistema de aprendizaje automático desarrollado para identificar posibles casos de fraude en prestaciones sociales. El modelo clasificaba a los beneficiarios mediante una puntuación de riesgo (0-1), priorizando investigaciones sobre el 10 por 100 con mayor puntuación, que podían derivar en cancelación de ayudas, su reducción o reembolsos forzosos. La auditoría interna demostró el uso de variables proxy con sesgos estructurales como el barrio de residencia, historial de salud mental y evaluaciones subjetivas de trabajadores sociales, generando discriminación indirecta según el Instituto Neerlandés de Derechos Humanos. Además, se demostró una precisión marginal siendo solo un 50 por 100 más efectivo que el azar. Los tribunales neerlandeses consideraron discriminatoria la selección basada en habilidades lingüísticas, al afectar desproporcionadamente a minorías étnicas. La falta de transparencia en los criterios de puntuación violaba principios de equidad procesal.

Reino Unido (2020). En el marco de la alteración del desarrollo del curso 2019-2020 durante la crisis sanitaria Covid-19, miles de estudiantes británicos protestaron por la utilización de un sistema algorítmico predictivo sobre las notas que habían puesto los profesores, que había reducido sus resultados académicos tras la cancelación de los exámenes finales por el confinamiento nacional. El movimiento de protesta (*«Fuck the algorithm»*) condujo a anular los resultados.

Caso BOSCO- España (2018-). La Fundación Civio reclamó información logarítmica del bono social eléctrico ante numerosas denegaciones en supuestos donde claramente concurrían los requisitos para la concesión. El acceso al código fuente fue denegado por el Consejo de Transparencia (Resolución 701/2018, de 18 de febrero de 2019) y por Sentencia 143/2021 del Juzgado Central de lo Contencioso-Administrativo, de 30 de diciembre. La nueva sentencia de 30 de abril de 2024, de la Sala de lo Contencioso-Administrativo, Sección Séptima, de la Audiencia Nacional, en el recurso de apelación 51/2022 desestima una vez más el acceso apelando a la propiedad intelectual y razones de seguridad nacional. En noviembre de 2024 el TS admitió recurso de casación de Civio.

144 IA Ciudadana, Cómo lograr una transparencia real con los registros de algoritmos. Avances y políticas para diseñar, implementar y evaluar registros algorítmicos, marzo 2025.

RECUADRO 16. IMPACTO DE LA OPACIDAD ALGORÍTMICA EN LOS DERECHOS DE LAS PERSONAS ADMINISTRADAS *(continuación)*

VeriPol-España (2018-octubre 2024). Herramienta de IA usada para la detección de denuncias falsas relacionadas con robos violentos. Analizaba el lenguaje de las denuncias interpuestas mediante técnicas de procesamiento del lenguaje natural y aprendizaje automático. A pesar de su eficacia (91 por 100) ha sido cuestionado recientemente por sus posibles sesgos, la escasa representatividad de la muestra en que se basó el análisis para su diseño, por no reflejar la diversidad lingüística, regional y social de España y por no procesar directamente el lenguaje de los denunciantes, sino interpretar lo que la policía registra.

VioGén- España (2007-). Algoritmo de evaluación de riesgo para casos de violencia de género, que predice la probabilidad de reincidencia mediante un modelo híbrido que combina 37 variables (gravedad de actos violentos, historial del agresor, vulnerabilidad de la víctima, etc.), clasificando el riesgo en cinco niveles (desde «no apreciado» hasta «extremo»). La auditoría adversarial realizada por la Fundación Eticas, en colaboración con la Fundación Ana Bella detectó fallos en cuanto a la trasparencia del algoritmo, sesgo en los datos de entrenamiento (opera principalmente con datos policiales, sin integrar variables socioeconómicas o contextuales); rigidez en su aplicación (en el 95 por 100 de los casos no se modifica la puntuación automática), errores de clasificación (el 45 por 100 de los casos reciben etiqueta «no apreciado»), entre otros. Entre 2003 y 2021 se produjeron 71 feminicidios tras denuncias previas con evaluación de riesgo inferior al real.

Fuentes: elaboración propia a partir de M. Burgess, E. Schot y G. Geiger (6 de marzo de 2023). «This Algorithm Could Ruin Your Life. Wired» en: https://www.wired.com/story/welfare-algorithms-discrimination/. L. Cotino Hueso, «Caso Bosco, a la tercera tampoco va la vencida. Mal camino en el acceso los algoritmos públicos» en el Diario La Ley, mayo de 2024; https://incidentdatabase.ai/; https://eticas.ai/the-adversarial-audit-of-viogen-three-years-later/

a determinadas ayudas y prestaciones públicas como desde el punto de vista de la garantía de derechos fundamentales, en línea con lo ocurrido también en otros países de nuestro entorno.

En este contexto cobra importancia la transparencia algorítmica, el principio conforme al cual los factores que intervienen en las decisiones tomadas por los algoritmos tendrían que ser visibles, conocibles, auditables y explicables a las personas que utilizan, regulan, y son afectadas por los sistemas que emplean estos algoritmos. En España, aunque sin valor normativo, la Carta de derechos digitales (2021) contemplaba ya previsiones específicas en relación con la IA (capítulo XXV), como el derecho a la no discriminación algorítmica, la fiabilidad, el derecho a supervisión e impugnación de las decisiones automatizadas o algorítmicas o el derecho de información sobre el uso de *chatbots* y a la asistencia por humanos a solicitud de la persona interesada (recuadro 17).

RECUADRO 17. CARTA DE DERECHOS DIGITALES (2021): DERECHOS ANTE LA IA

1. En el desarrollo y ciclo de vida de los sistemas de Inteligencia Artificial: a) Se deberá garantizar el derecho a la no discriminación algorítmica, cualquiera que fuera su origen, causa o naturaleza del sesgo, en relación con las decisiones y procesos basados en algoritmos. b) Se asegurarán la transparencia, auditabilidad, explicabilidad y trazabilidad. c) Deberán garantizarse la accesibilidad, usabilidad y fiabilidad

2. Las personas tienen derecho a no ser objeto de una decisión basada únicamente en procesos de decisión automatizada, incluidas aquellas que empleen procedimientos de inteligencia artificial, que produzcan efectos jurídicos o les afecten significativamente de modo similar, salvo en los supuestos previstos en las leyes. En tales casos se reconocen los derechos a:
   a) Solicitar una supervisión e intervención humana;
   b) Impugnar las decisiones automatizadas o algorítmicas.

3. Se deberá informar a las personas sobre el uso de sistemas de Inteligencia Artificial que se comuniquen con seres humanos utilizando el lenguaje natural en todas sus formas. Deberá garantizarse en todo caso la asistencia por un ser humano a solicitud de la persona interesada.

4. Se prohíbe el uso de sistemas de Inteligencia Artificial dirigidos a manipular o perturbar la voluntad de las personas, en cualesquiera aspectos que afecten a los derechos fundamentales.

En el terreno de la normativa, aunque los primeros avances se dieron en el ámbito de la legislación tributaria, la primera regulación positiva concreta de la IA se produjo mediante la Ley 15/2022, de 12 de julio, Integral para la igualdad de trato y la no discriminación. En línea con las directrices europeas, la Ley 15/2022 establece que las Administraciones públicas que utilicen algoritmos para la toma de decisiones están obligadas a favorecer la puesta en marcha de mecanismos para que dichos algoritmos tengan en cuenta criterios de minimización de sesgos, transparencia y rendición de cuentas, siempre que sea factible técnicamente (art. 23). Para ello, en estos mecanismos se incluirán su diseño y datos de entrenamiento, y abordarán su potencial impacto discriminatorio, mediante la realización de evaluaciones de impacto que determinen el posible sesgo discriminatorio, que debe resolverse, entre otras vías, mediante la transparencia algorítmica.

La estrategia española de IA asume este enfoque, dedicando su eje 3 al desarrollo de una IA transparente, responsable y humanística. En este ámbito, la Agencia Española de Supervisión de la Inteligencia Artificial (AESIA), está destinada a jugar un importante papel pues tiene la competencia de asegurar que en España se despliegan sistemas de inteligencia artificial seguros, responsables y éticos. A

la AESIA se le ha encomendado la misión de conducir un debate urgente, profundo e integral para establecer límites claros y una cogobernanza transparente que pueda guiar a la sociedad en el uso y disfrute de esta tecnología. El objetivo sería alcanzar los consensos sobre el límite en la toma de decisiones de los algoritmos, teniendo en cuenta en todo caso las realidades específicas de cada sector productivo y social, mediante un enfoque cuidadoso y contextualizado para que los marcos de acción favorezcan la innovación al mismo tiempo que respetan los derechos. En este contexto, la futura creación del Observatorio de impactos sociales de la IA deberá contribuir al conocimiento y la mejora de la gobernanza de la estrategia española de la IA desde la perspectiva de su aportación al bienestar, la calidad de vida y la igualdad de todas las personas. Por su compromiso con esos objetivos y su estrecho contacto con la realidad social, será necesario incorporar a la dinámica del Observatorio la participación de los interlocutores sociales para una mayor eficacia de sus actuaciones.

Los registros de algoritmos en las AAPP, todavía experiencias aisladas

Entre los principales instrumentos para garantizar la transparencia en el uso de la IA y las decisiones automatizadas figura la creación de registros de algoritmos, que permitirían a la ciudadanía conocer qué sistemas se utilizan, sus propósitos y posibles impactos, fomentando la confianza y facilitando la supervisión y auditoría de estos sistemas[145].

Las Administraciones públicas deberían ser referentes en transparencia algorítmica. Sin embargo, a pesar de las distintas previsiones hasta el momento no existe un registro estatal[146] ni un protocolo homogéneo para la creación de registros algorítmicos y su desarrollo presenta un panorama fragmentado, con avances desiguales entre Administraciones, aunque existen ya algunas experiencias pioneras a nivel de comunidad autónoma[147]. Así, aunque no se encuentra plenamente desarrollado, la Generalitat Valenciana[148] ha establecido por ley la creación del primer registro público de algoritmos en España que reúne y comparte información sobre los algoritmos utilizados por esa Administración, con el objetivo de fomentar la transparencia y garantizar decisiones más justas y equitativas. La Administración Oberta de Cataluña, por su parte, ha publicado la primera guía para la elaboración de fichas técnicas detalladas sobre los algoritmos (datos de entrenamiento, sesgos detectados, protocolos de revisión etc.) de cara a la elaboración de registros de los mismos. Asimismo,

145 Cotino Hueso, L. «Qué concreta transparencia e información de algoritmos e inteligencia artificial es la debida», revista española de la transparencia, Núm. 16 (Primer semestre. Enero - junio 2023).

146 Aunque el Anteproyecto de Ley para el buen uso de la inteligencia artificial introduce requisitos de transparencia en el caso de los sistemas de alto riesgo, tal y como prevé el Reglamento europeo.

147 IA Ciudadana, *Cómo lograr una transparencia real con los registros de algoritmos. Avances y políticas para diseñar, implementar y evaluar registros algorítmicos*, marzo 2025.

148 Ley 1/2022, de 13 de abril, de Transparencia y buen gobierno de la Comunitat Valenciana.

Galicia, Asturias, Extremadura o recientemente el País Vasco están explorando como implementar la transparencia algorítmica, aunque no necesariamente mediante la creación de registros.

Responsabilidad y rendición de cuentas, un campo necesitado de desarrollo

Por último, es necesario regular con claridad la responsabilidad y rendición de cuentas en el caso de las decisiones automatizadas para garantizar el derecho de la ciudadanía a recurrir con fundamento las decisiones que les afecten negativamente y a obtener un resarcimiento en caso de daños y perjuicios.

En el caso de las administraciones públicas, es aplicable el régimen objetivo de responsabilidad patrimonial, independientemente de que la actuación sea atribuible a una persona física empleada pública o a un algoritmo u otra herramienta de decisiones automatizadas. Sin embargo, algunos casos abiertos apuntan a la complejidad de este tipo de procesos[149]. Las dificultades para la atribución de responsabilidad resultan especialmente agudas en sistemas de IA y robots diseñados para aprender de la experiencia, dada la imprevisibilidad de algunos de los aprendizajes a que pueden llegar, especialmente si no se produce la adecuada supervisión humana. En el ámbito del Derecho privado, la litigiosidad derivada de la entrada de la robótica y de la inteligencia artificial es una realidad en crecimiento que plantea numerosos retos entorno a cuestiones como el estatuto legal general de los robots y el reconocimiento de una eventual persona robótica, los desafíos de la interacción persona-robot o los problemas de responsabilidad civil. El impacto derivado de la posible generalización de la implantación de los coches autónomos y la adecuación del actual régimen de responsabilidad por accidentes de tráfico a ese nuevo paradigma o los retos de la eventual sustitución de trabajadores por herramientas de IA son algunos de los supuestos más analizados por la doctrina[150].

Una oportunidad de avance en este terreno podría venir de la mano del Anteproyecto de Ley para el Buen uso de la inteligencia artificial (IA), que el 26 de marzo de 2025 terminó la fase de audiencia pública. Entre sus principales objetivos declarados, figura el de garantizar un uso ético, inclusivo y beneficioso de esta tecnología, adaptando la legislación nacional al Reglamento Europeo de IA. Entre otras novedades, como el lanzamiento de un *sandbox* o campo de pruebas regulatorio, incorpora el régimen de infracciones y sanciones por el incumplimiento del RIA.

149 Así, en el conocido como «caso BOSCO» en tres ocasiones se ha negado el acceso al código fuente a petición de la Fundación Civio. Por el contrario, el código fuente de Radar COVID, la aplicación creada para rastrear y avisar de contactos con positivos por la COVID-19, fue publicado por el Gobierno por transparencia y para que la comunidad colaborara en mejorar la app.

150 Véase, M. Barrio Andrés, «Cuestiones actuales del Derecho de los robots» así como M. Barrio Andrés, (dir.): *Derecho de los robots*, Madrid: Wolters and Kluwers, 2018.

1.3. HACIA UNA IA NO DISCRIMINATORIA: UNA MIRADA ESPECÍFICA A LOS SESGOS DE GÉNERO

La prevención y lucha contra distintas formas de discriminación constituye un mandato de raíz constitucional en nuestro país, desarrollado a través de un exhaustivo marco normativo cuyo cumplimiento desempeña un papel fundamental como garantía de protección derechos en el contexto del uso de la IA. Es necesario que su desarrollo y aplicación se atenga a unos principios éticos y legales que salvaguarden los derechos y libertades individuales, asegurándose de que los sistemas y algoritmos utilizados «interioricen» el cumplimiento de los principios de no discriminación y no se limiten a replicar y agrandar los sesgos existentes en la sociedad, anticipándose a posibles riesgos y desafíos éticos más allá del cumplimiento de la normativa. Ello requiere la adopción de enfoques preventivos, proactivos y éticos en su desarrollo y aplicación, estableciendo mecanismos de supervisión y control que garanticen los derechos y libertades en su uso.

Uno de los ejemplos más evidentes de riesgo de sesgos discriminatorios afecta especialmente al tratamiento de las mujeres en el entorno de la IA. Aunque la inteligencia artificial promete ofrecer un enorme potencial para el avance de la sociedad y el dinamismo económico, sus avances también van acompañados de muchos retos, especialmente por lo que hace a la prevención y erradicación de las desigualdades y la discriminación por razón de sexo, sobre todo teniendo en cuenta que las mujeres están subrepresentadas en el campo de la tecnología.

Los desequilibrios de representación del género femenino en la IA o la asunción de los estereotipos presentes en la sociedad en su entrenamiento pueden llevar a aumentar o crear discriminaciones y prejuicios, frenando así su potencial para ofrecer soluciones a importantes problemas sociales que afectan especialmente a las mujeres, tanto en el presente como en el futuro. Este problema, que el CES ya puso de relieve en su Informe 1/2022, *Mujeres, trabajos y cuidados*, aparece desde el momento mismo de la creación de los conjuntos de datos, pasando por la forma en que se recogen y utilizan los mismos, hasta el desarrollo de las soluciones de IA (recuadro 18).

Dado que las mujeres están insuficientemente representadas en todas las etapas del proceso de recopilación de datos, diseño, desarrollo e implementación de herramientas de IA, se puede afirmar que sus soluciones no satisfacen las necesidades de la mitad de la población mundial. De ahí la importancia de las iniciativas dirigidas a corregir las desigualdades de género impulsando avances en algoritmos y fuentes de datos no discriminatorios, e incentivando a niñas, mujeres y grupos infrarrepresentados a participar en la IA[151].

151 Entre otras, la plataforma «Women4Ethical AI» de la UNESCO destinada a apoyar los esfuerzos de gobiernos y empresas para garantizar que las mujeres estén representadas equitativamente tanto en el diseño como en la puesta en marcha de la IA. Los miembros de la plataforma también contribuirán al avance de todas las disposiciones éticas de la Recomendación de la UNESCO.

RECUADRO 18. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y RIESGO DE SESGOS DE GÉNERO

1. Mecanismos de reproducción del sesgo

- Datos desequilibrados: modelos entrenados con información donde roles como «enfermera» se asocian mayoritariamente a mujeres y «científico» a hombres, perpetuando la segregación ocupacional.
- Falta de diversidad en equipos de desarrollo, dada la menor representación de mujeres en los equipos profesionales de IA.
- Algoritmos opacos que internalizan la discriminación al priorizar currículos masculinos basándose en patrones históricos en sistemas de reclutamiento automatizado.

2. Ejemplos de casos concretos

Diagnósticos médicos: modelos entrenados con datos clínicos centrados en síntomas masculinos han subdiagnosticado condiciones como enfermedades cardíacas en mujeres, afectando su acceso a tratamientos.

Interacción social: las voces femeninas predeterminadas en los asistentes virtuales refuerzan estereotipos de sumisión, mientras que otros sistemas emplean voces masculinas en contextos de autoridad, como pueden ser los de diagnóstico médico.

Justicia: la opacidad algorítmica puede dificultar probar sesgos en procesos judiciales, debilitando la aplicación de la normativa de igualdad efectiva entre mujeres y hombres.

Sesgo interseccional: Un estudio del MIT Media Lab (2018) demostró que algunos sistemas de reconocimiento facial de empresas tecnológicas presentan tasas de error más altas en mujeres, especialmente en mujeres racializadas, con tasas de error hasta 34% superiores en comparación con hombres blancos.

Fuente: elaboración propia a partir de Instituto de las Mujeres, Autora: Lorena Jaume-Palasí, Informe preliminar con perspectiva interseccional sobre sesgos de género en la inteligencia artificial, Ministerio de Igualdad, 2023. ONU Mujeres, Cómo la inteligencia artificial refuerza los sesgos de género y qué podemos hacer, 02/2025 Elaboración propia a partir de IPI, Ardra Manasi, Subadra Panchanadeswaran y Emily Sours, Global Observatory, «Abordar el sesgo de género para lograr una IA ética», por 17 de marzo de 2023; MIT Media Lab, Joy Buolamwini (coord.) «Gender Shades» (2018).

Recientes estudios publicados en España profundizan en el problema de los sesgos de género, apuntando a distintas soluciones en la misma dirección señalada por los organismos internacionales[152]. Se subraya así la necesidad de abordar la reducción de los sesgos de género en la concepción, desarrollo y aplicación de la IA mediante un enfoque integral que combine la aplicación de la normativa, la realización de auditorías independientes, el fomento de una mayor participación de mujeres y la inclusión de la perspectiva de género en todas las fases de la ingeniería de datos, a fin de redefinir la IA como herramienta de equidad.

152 Instituto de las Mujeres, Lorena Jaume-Palasí, *Informe preliminar con perspectiva interseccional sobre sesgos de género en la inteligencia artificial*, Ministerio de Igualdad, 2023.

Otros riesgos de sesgos y estereotipos, como el edadismo, también requieren prevención y evaluación

Similares prevenciones son aplicables a otro tipo de sesgos presentes en la sociedad, como los estereotipos de edad (edadismo), por enfermedad o discapacidad, por identidad de género u orientación sexual, de origen y, en general, todas las circunstancias protegidas por la normativa de igualdad de trato y no discriminación. En el contexto internacional se suele poner de ejemplo la experiencia canadiense en implementación de un protocolo denominado Herramienta de Evaluación de Impacto Algorítmico (AIA, por sus siglas en inglés[153]), que ayuda evaluar y mitigar los impactos asociados con la implementación de sistemas automatizados de toma de decisiones.

Un problema especialmente sensible es el riesgo de que la IA facilite, replique o amplifique situaciones de violencia de género, acoso, desinformación y delitos de odio que proliferan en la realidad social. Es importante, por ello, profundizar en los avances que se están produciendo en su utilización precisamente para hacer frente a ese tipo de violencias, con especial atención al desarrollo de algoritmos de detección de contenidos violentos, discursos de odio y herramientas de contranarrativa[154].

2. Impactos de la IA en las políticas de bienestar y protección social

A pesar de la falta de visibilidad del conjunto de aplicaciones de la IA que se están usando en la gestión de las principales dimensiones de la protección social y las políticas del bienestar, a continuación se exponen algunos de los impactos que está generando en parcelas tan importantes como la educación, la Seguridad Social y los servicios sociales y la salud[155].

2.1. RETOS Y OPORTUNIDADES PARA LA EDUCACIÓN

La inteligencia artificial, a través de tecnologías como la IA generativa (IAGen), es capaz de replicar las capacidades humanas para generar contenidos de todo tipo, tales como textos escritos, imágenes, vídeos, música, etc.[156] Aunque su uso es bastante reciente, se ha popularizado enormemente en el alumnado español (más del 80 por 100 con edades comprendidas entre los catorce y los diecisiete años reconoce haber utilizado la IA, y el 40 por 100 afirma utilizar de manera frecuente ChatGPT). También un amplio porcentaje de profesorado (73 por 100) y de familias (69 por 100) afirman haber utilizado

153 Véase https://code.iadb.org/es/herramientas/algorithmic-impact-assessment

154 Se trata de herramientas que están comenzando a utilizarse por instituciones y agencias como CEPOL, la Comisión Europea, la Agencia de Derechos Fundamentales de la Unión Europea, EUROPOL, la Discalía y diferentes Ministerios y plataformas digitales.

155 Sobre el impacto de la IA en la salud y el sistema sanitario, véase el apartado 2 del capítulo V sobre oportunidades y desafíos de la digitalización sanitaria en el Informe CES 1/2024, *El sistema sanitario: situación actual y perspectivas para el futuro*.

156 La IAGen es una tecnología de la IA que genera contenidos de forma automática en respuesta a instrucciones (*prompts*).

la IA[157]. Se espera, además, que su uso aumente de manera exponencial a medida que estas herramientas, que están en plena expansión, vayan siendo más potentes.

Sin embargo, y debido al corto espacio de tiempo transcurrido desde la eclosión de la IAGen, su implantación en el ámbito educativo es todavía limitada, lo que ha suscitado numerosos interrogantes sobre su impacto en la creación y trasmisión del conocimiento, en la enseñanza y el aprendizaje, o en el diseño y evaluación curricular. La posibilidad de delegar en las máquinas lo que ha venido siendo dominio exclusivo de la inteligencia humana ha supuesto un cambio de paradigma de gran calado que ha dado lugar a visiones encontradas entre sobre sus bondades y riesgos para la educación (recuadro 19).

Por un lado, y aunque hoy en día su impacto real en la educación es desconocido, se considera que tiene importantes potencialidades en el ámbito educativo y del aprendizaje. Y es que la posibilidad de automatización de los niveles básicos de creación posibilita que los procesos de aprendizaje y docencia se liberen de las tareas de orden inferior y se focalicen en aquéllas más complejas pertenecientes al ámbito de pensamiento superior. Asimismo, facilita la presentación y visualización de resultados, lo que supone importantes ventajas en lo que a enseñanza y aprendizaje se refiere.

Se considera, igualmente, que la IAGen podría favorecer la adaptación de la educación a las necesidades del alumnado, lo que es sumamente interesante para aquel con necesidades especiales (dislexia, dificultades visuales o auditivas, o con problemas socioemocionales o de aprendizaje). Además, permitiría reducir el tiempo de dedicación de la docencia destinada a tareas más rutinarias y de gestión para dedicarlas, no solo al desarrollo de contenidos y métodos de enseñanza, sino también a la atención más personalizada del alumnado.

Estas mejoras, sin embargo, van acompañadas de desafíos importantes para el aprendizaje. Y es que la IAGen, dado que se entrena a partir de la información que obtiene de Internet, puede generar contenidos erróneos o sesgados, además de ofensivos, discriminatorios o antiéticos, como ya se ha mencionado. Además, aunque es capaz de reproducir resultados, no siempre ofrece respuestas adecuadas para la resolución de muchos de los problemas del mundo real mientras que, precisamente en contextos educativos que influyen en el desarrollo de la persona ya desde la infancia, resulta aún más importante su implantación conforme a unas directrices éticas que incorporen los derechos humanos y valores sociales que sustentan las sociedades. Asimismo, se plantea la necesidad de prevenir que el uso de estas herramientas amplifique los problemas relacionados con la desigualdad, la pobreza digital o el riesgo de exclusión del alumnado o centros poco capacitados digitalmente, así como de contenidos referidos a problemáticas locales o a población o lenguas minoritarias. Por otro lado, no son pocos los desafíos que plantean en relación con la seguridad y confiabilidad de los resultados, la privacidad de los datos o los derechos de autor, entre otros[158].

157 Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados, Inteligencia artificial y educación, 2024.
158 Para más detalle sobre las bondades y riesgos de la IA en la educación, véase: Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados, 2024, *op. cit*; Council of Europe, *AI and education. 2nd working*

RECUADRO 19. BONDADES Y RIESGOS DE LA IA EN LA EDUCACIÓN

Bondades de la IA generativa en educación	
Automatización de procesos Automatiza el tratamiento de la información, permitiendo que alumnado y docencia se enfoquen en tareas más complejas	***Liberación cognitiva*** Libera a los humanos de tareas de pensamiento de orden inferior, permitiéndoles enfocarse en habilidades de pensamiento superior
Presentación de resultados Facilita la visualización y presentación de resultados en diversas representaciones simbólicas clave del pensamiento humano	***Nuevas formas de aprendizaje*** Transforma la comprensión de la inteligencia y el aprendizaje humanos, abriendo nuevas posibilidades pedagógicas
Productos de conocimiento Ofrece productos de conocimiento semiacabados que pueden ser refinados y personalizados según las necesidades específicas	***Adaptación enseñanzas*** Permite adaptar contenidos y métodos de enseñanza a las necesidades individuales del alumnado

Riesgos de la IA generativa en educación	
Pobreza digital: Problemas de exclusión (alumnado/centros) Concentración de recursos en grandes empresas tecnológicas Falta de relevancia local	***Uso de contenidos:*** Falta de consentimiento de propietarios Violación de derechos de autor Incumplimiento normativa de protección de datos Imposibilidad de eliminar datos una vez entrenado el modelo
Problemas regulatorios: Falta de revisiones académicas independientes Protección excesiva de propiedad intelectual Legislación rezagada frente al desarrollo tecnológico	***Cajas negras:*** Funcionamiento interno opaco Resultados inexplicables Perpetuación de sesgos existentes Problemas de confianza

Fuente: elaboración propia a partir de la literatura especializada.

Aunque los impactos reales de las actuales versiones de la IAGen en la educación están pendientes de contrastación, no cabe duda de que se trata de una herramienta que está suponiendo un replanteamiento de las políticas educativas, tanto en los procesos de conocimiento y aprendizaje humano, como en la normativa para garantizar los derechos de los usuarios.

Medidas y acciones dirigidas a implantar la IA en el ámbito educativo

El desafío que plantean estas nuevas tecnologías de la IA para las políticas es lograr que constituyan herramientas útiles y beneficiosas para la comunidad educativa y la población en general, y que no pongan en riesgo los derechos del alumnado, ni el aprendizaje y la práctica docente de calidad.

conference, October 2024; OECD, The potential impact of AI on equity and inclusion in education, 2024; UNESCO, *Guía para el uso de la IA generative en educación e investigación*, 2024.

RECUADRO 20. INICIATIVAS ADOPTADAS SOBRE LA IA EN EDUCACIÓN

UNESCO
- IA y educación: guía para las personas a cargo de formular políticas y educación.
- Guía para el uso de la IA generativa en la educación y la formación.
- Guía ChatGPT e inteligencia artificial en la educación superior.
- *The potential impact of AI on equity and inclusion in education.*
- *AI competency framework for teachers.*
- *AI competency framework for students.*

Consejo de Europa
- *Artificial intelligence and education: a critical view through the lens of human rights, democracy and the rule of law.*
- *Regulating the use of AI systems in education (1º and 2º working conferences).*

Comisión Europea
- Plan de Acción de Educación Digital 2021-2027.
- Directrices éticas sobre el uso de la IA y los datos en la educación y formación para los educadores.

Fuente: elaboración propia.

RECUADRO 21. IA DE ALTO RIESGO EN LA EDUCACIÓN Y LA FORMACIÓN PROFESIONAL

a) Sistemas de IA destinados a ser utilizados para determinar el **acceso o la admisión de personas físicas a centros educativos y de formación profesional** a todos los niveles o para distribuir a las personas físicas entre dichos centros.
b) Sistemas de IA destinados a ser utilizados para **evaluar los resultados del aprendizaje**, también cuando dichos resultados se utilicen para orientar el proceso de aprendizaje de las personas físicas en centros educativos y de formación profesional a todos los niveles.
c) Sistemas de IA destinados a ser utilizados para **evaluar el nivel de educación** adecuado que recibirá una persona o al que podrá acceder, en el contexto de los centros educativos y de formación profesional o dentro de estos a todos los niveles.
d) Sistemas de IA destinados a ser utilizados para el **seguimiento y la detección de comportamientos prohibidos** por parte de los estudiantes durante los exámenes en el contexto de los centros educativos y de formación profesional o dentro de estos a todos los niveles.

Fuente: Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia. Anexo III.

Es por este motivo por el que en poco tiempo se han puesto en marcha numerosas iniciativas dirigidas a plantear medidas normativas o acciones dirigidas a tratar de limitar los efectos adversos de la IA, aunque queda mucho por avanzar, especialmente en lo que al ámbito educativo se refiere. No en vano, según una encuesta realizada por parte de la Consejo Europeo a los Estados miembros de la Unión Europea, aunque

la mayoría de ellos han puesto en marcha, o están en proceso de aprobar, políticas o estrategias sobre la IA, apenas se han desarrollado iniciativas específicas para el ámbito educativo, siendo España uno de los pocos países que, excepcionalmente, sí lo han hecho[159].

Es por ello por lo que diversas organizaciones, como la UNESCO, la Comisión Europea o el Consejo de Europa, han elaborado directrices y recomendaciones para ayudar a los estados a alcanzar el máximo beneficio de las tecnologías de la IA en la educación, así como a afrontar los riesgos y desafíos que presentan (recuadro 21).

El nuevo Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial contempla previsiones específicas con relación a la educación y la formación, incluyendo entre los sistemas IA de alto riesgo[160] aquellos dirigidos a determinar los procesos de admisión, evaluación del aprendizaje y de la educación, así como para el seguimiento o la detección de los comportamientos prohibidos para el alumnado (recuadro 21). Esta normativa específica sobre la IA de alto riesgo entró en vigor el 2 de febrero de 2025, y desde el 2 de agosto de 2025 podrán ser objeto de sanción.

En el ámbito estatal, la Agenda España Digital 2026 y el Plan Nacional de Competencias Digitales, proponen iniciativas para mejorar las habilidades digitales de la población, del mismo modo que la Estrategia Nacional de IA contempla la necesidad de fomentar las competencias este terreno. Asimismo, es de esperar que en el contexto de la primera convocatoria del ya mencionado Sandbox (entorno controlado de pruebas) de IA para sistemas de alto riesgo se incluyan proyectos dedicados al ámbito educativo. Con carácter específico para la digitalización del sistema educativo se aprobó el Plan de Digitalización y Competencias Digitales del Sistema Educativo (Plan #EdEdu), cuyo fin es mejorar la disponibilidad de medios tecnológicos para la comunidad educativa, o el Programa para la mejora de la competencia digital del sistema educativo (#CompDigEdu), que persigue la integración efectiva y eficaz de las tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Cabe destacar, asimismo, las guías orientativas sobre el uso de la IA en el sistema educativo puestas en marcha por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado[161], así como por parte de algunas comunidades autónomas, como Cataluña o Canarias[162].

Necesidad de formar a los docentes para un uso responsable y eficaz de la IA en la educación

La IA, como se ha indicado, puede tener enormes ventajas para el ámbito educativo y, más específicamente, para los procesos de enseñanza, incidiendo de lleno en la actividad docente. No en vano, supone una oportunidad

159 UNESCO, *Guía para el uso de la IA generativa en educación e investigación*, 2024.

160 El riesgo alto, según lo define el Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial, es el nivel de todos aquellos sistemas de IA que afectan significativamente a la seguridad, la salud o los derechos fundamentales de la ciudadanía europea.

161 INTEF, *Guía sobre el uso de la inteligencia artificial en el ámbito educativo*, 2024.

162 Generalitat de Cataluña, *La intel·ligència artificial en l'educació*, 2024; Gobierno de Canarias, *Guía para el Uso de la Inteligencia Artificial en Educación*, 2024.

para aprendizaje personalizado, las tutorías virtuales, la automatización de tareas administrativas, el análisis de datos o el desarrollo de recursos educativos, entre otros. Estas ventajas son potencialmente positivas para el profesorado español teniendo en cuenta que, aproximadamente, la mitad de su jornada laboral la dedican a tareas no docentes tales como la planificación y preparación de las clases o a la calificación del trabajo de los alumnos y la comunicación o la cooperación con las familias o tutores, entre otras[163]. De acuerdo con algunas estimaciones, la utilización de la IA para la realización de tareas no docentes podría ahorrar al profesorado español de hasta un día de trabajo semanal[164].

Para sacar el máximo provecho a la IA en la enseñanza se requiere, por tanto, de un cambio notable en metodologías y contenidos didácticos, además de mayor formación digital para el profesorado, que cuenta con escasa formación en materias de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés).[165] Más específicamente, en relación con la aplicación operativa y beneficiosa de la IA para el aprendizaje, se ha de dotar al profesorado de formación y competencias sobre los conceptos básicos de la IA (enseñar sobre la IA), sobre los desafíos y oportunidades de este tipo de herramientas para el aprendizaje (enseñar para la IA) y se les prepare para su aplicación en el contexto educativo (enseñar con la IA).

RECUADRO 22. DIMENSIONES BÁSICAS DE LA IA EN LA ENSEÑANZA

- **Enseñar sobre IA**: enfoque técnico dirigido a comprender y aplicar de la IA para utilizarla eficazmente (como programar una solución simple basada en IA para entender cómo funciona).
- **Enseñar para la IA**: desarrollo y adquisición de habilidades y competencias relevantes para los desafíos y oportunidades la IA (como comprender los posibles sesgos de los contenidos, utilizar el pensamiento computacional para resolver problemas o conocer los riesgos relacionados con la protección de datos).
- **Enseñar con la IA**: integración de la IA en el entorno educativo para potenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Fuente: European Commission, *Use Scenarios & Practical Examples of AI Use in Education.*

163 Para más detalle sobre la profesión docente en España, véase: Comisión Europea, *Monitor de la Educación y la Formación*, 2023.

164 Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia. *Hispania 2040, Cómo la inteligencia artificial mejorará nuestro futuro*, 2024. Los estudios realizados en otros países estiman que en torno al 20-40 por 100 de las tareas realizadas por el profesorado podrían ser automatizadas por la IA, lo que supondría un descenso a trece horas semanales. Para más detalle, véase OCDE, *The potential impact of AI on equity and inclusion in education*. 2024.

165 Según el Monitor de la Educación y la Formación, 2023, *op. cit*. este hecho podría responder, en parte, a que los graduados en los ámbitos de las STEM encuentran mejores condiciones de trabajo en la industria, provocando que estas plazas tengan que ser cubiertas con frecuencia con profesorado interino.

En España, en el contexto de la pandemia, se puso en marcha el programa Educa en Digital con el fin de mejorar las capacidades digitales de los docentes. El Plan #DigEdu, por su parte, prevé la certificación competencial digital del profesorado. El Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), además, presenta una oferta educativa variada para los docentes a escala nacional, al igual que algunas Administraciones autonómicas, como se ha indicado antes.

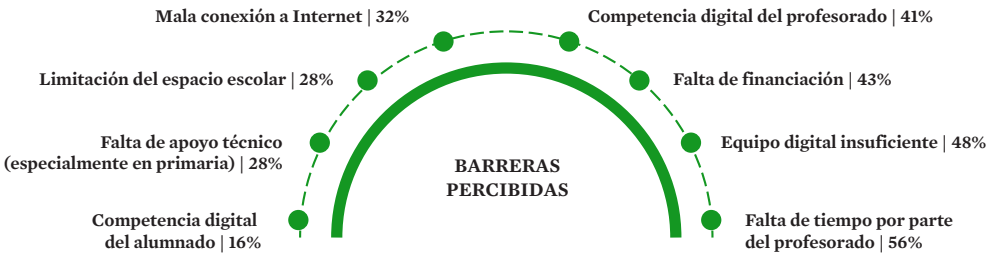
Con todo, la participación de los docentes en el desarrollo profesional continuo, aunque elevado, es inferior a la media de la Unión Europea (91,8 por 100, frente a 94,3 por 100 en la UE), lo que podría deberse a la falta de incentivos, así como de tiempo para conciliar su vida laboral y personal[166]. A esto hay que añadir los datos de un reciente estudio que ponen de manifiesto las condiciones laborales del profesorado, en el que destaca un amento del cansancio y del sentimiento de aislamiento y desafección, además de altas tasas de temporalidad, lo que puede incidir negativamente en su implicación para la adquisición de las competencias digitales[167], más aún si se tiene en cuenta el esfuerzo que le está requiriendo al profesorado la aplicación de la enseñanza en competencias desde que se aprobara la LOMLOE, como se ha señalado en el capítulo correspondiente a la formación y la educación.

A ello hay que añadir las dificultades que encuentra el profesorado, los equipos directivos y el alumnado en relación con la falta de equipamiento y financiación de los centros escolares para hacer frente a los retos que plantea la digitalización en general y la enseñanza de la IA en particular (gráfico 20)[168]. En este sentido, según datos de la OCDE, un significativo número de directores de centros educativos en España consideran que sus centros carecen de recursos digitales o bien estos son inadecuados o de mala calidad, lo que afecta alrededor de uno de cada cuatro alumnos en España, por encima del promedio europeo. En cambio, el porcentaje de profesores que consideran que necesitan capacitación en competencias digitales para la enseñanza es de los más bajos de la Unión Europea (gráfico 21). Sin embargo, es probable que este buen dato tenga más que ver con la falta de recursos y una menor utilización de herramientas digitales para la enseñanza en España, lo que lleva a que el profesorado no perciba como una necesidad la formación en competencias digitales.

Necesidad de reforzar el equipamiento y la financiación en TIC de los centros educativos

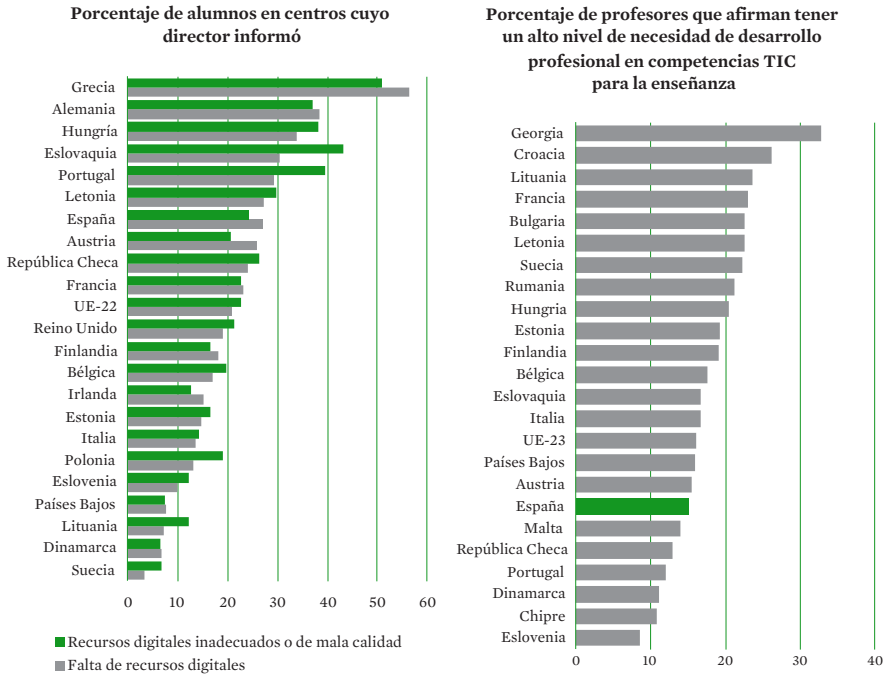
166 Comisión Europea, *Monitor de la Educación y la Formación*, 2023.
167 EsadePol, *El estado de la profesión docente en España*, 2025.
168 Estudio se basa en una encuesta realizada a una muestra compuesta por 1.721 miembros de equipos directivos, 7.934 docentes y 16.648 alumnos, que evaluaron la situación de 492 centros educativos de primaria, secundaria y bachillerato de toda España.

GRÁFICO 20. BARRERAS PERCIBIDAS PARA LA ENSEÑANZA CON TECNOLOGÍAS DIGITALES



Fuente: Ministerio de Educación y Formación Profesional, *La capacidad digital de los centros educativos de primaria y secundaria en España, 2021.*

GRÁFICO 21. SITUACIÓN COMPARADA DE LOS RECURSOS DIGITALES Y DE LA NECESIDAD DE CAPACITACIÓN DEL PROFESORADO EN COMPETENCIAS TIC



Fuente: Panel de la izquierda: OCDE (2023), *PISA 2022 Results (Volume II)*. Panel de la derecha: OECD (2018[129]), TALIS 2018 Database.

Desarrollar compentencias en IA para el alumnado y la formación continua de la población

Por otro lado, se ha de dotar de competencias digitales a la población, pues constituyen las herramientas básicas a partir de la cuales poder adentrarse en el uso y manejo de la IA. A este respecto, y como com-

plemento a las iniciativas adoptadas por parte de la Comisión Europea en este ámbito, cabe destacar el reciente lanzamiento del paquete *The Union of Skills,* en el que se proponen acciones dirigidas a fomentar habilidades digitales básicas y avanzadas en los sistemas educativos europeos y en los programas de formación continua[169].

Aunque España parte de una posición relativamente positiva en el ámbito de la economía y sociedad digital (puesto 11 en el índice global DESI[170]), muestra significativas debilidades en este terreno. Así, el 43 por 100 de la población española carece de competencias digitales básicas y un 8 por 100 jamás ha utilizado Internet. Además, tan solo un 4 por 100 de la población graduada lo ha hecho en alguna titulación relacionada con las TIC, donde existe, además, una brecha de género destacada[171].

La Agenda Digital 2025 establece entre sus diez ejes prioritarios reforzar la capacitación digital del conjunto de la ciudadanía, así como garantizar una conectividad digital adecuada para toda de la población promoviendo la desaparición de la brecha digital entre zonas rurales y urbanas. Para lograr avanzar hacia estos objetivos, el Plan Nacional de Competencias Digitales establece líneas de actuación orientadas a mejorar las competencias digitales de la población[172].

En el ámbito educativo, la LOMLOE garantiza la plena inserción del alumnado en la sociedad digital mediante un uso crítico y seguro de los medios digitales y respetuoso con la dignidad humana, la justicia social y la sostenibilidad medioambiental, los valores constitucionales, los derechos fundamentales y, particularmente, con el respeto y la garantía de la intimidad personal y familiar y la protección de datos personales. A partir de estos objetivos de fondo, esta norma programó las competencias digitales en el diseño curricular de las distintas etapas educativas[173]. Asimismo, se han ido aprobado grados universitarios y de formación profesional específicos sobre IA, de gran importancia para garantizar los profesionales en la materia que demanda el mercado laboral, como se puede ver en el capítulo II de la Memoria CES 2024[174].

No dejar a nadie atrás: necesidad de recortar la brecha digital ante la IA

169 European Commission, *Union of Skills*, COM (2025) 90 final.

170 Índice de Economía y Sociedad Digital (DESI, por sus siglas en inglés), compara anualmente la evolución digital de los Estados miembro de la Unión Europea.

171 Según se detalla en el Plan Nacional de Competencias Digitales.

172 El plan se enfoca hacia siete ámbitos diferentes: 1) ciudadanía en general, garantizando la inclusión digital; 2) disminución de la brecha digital por cuestión de género; 3) adquisición de competencias digitales para la educación a docentes y estudiantes en todos los niveles del sistema educativo; 4) competencias digitales avanzadas de la población activa; 5) competencias digitales de las personas al servicio de las Administraciones Públicas; 6) competencias digitales para las empresas españolas en general, y en particular las pymes; y 7) fomento de especialistas TIC.

173 Para más detalle, véase https://intef.es/competencia-digital-educativa/competencia-digital-del-alumnado/

174 Tal y como se señala en la Estrategia de IA, en el curso 2022-23, en torno a quince universidades públicas ofertaban estudios de grado en IA y en Ciencia e Ingeniería de Datos y más de veinte másteres sobre la IA genérica o especializada en Inteligencia de negocio, Visualización o la Inteligencia computacional. Las universidades privadas ofertaban en ese mismo curso cinco grados y cinco másteres en estas materias.

Con todo, y al ser las competencias digitales un requisito básico para un uso apropiado de la IA, el sistema educativo y los programas de formación permanente han de ofrecer formación específicamente dirigida al uso de herramientas basadas en la IA. Es decir, se ha de dotar de competencias que permitan aprovechar las bondades de estas herramientas, así como saber gestionar los riesgos que entrañan en relación con los contenidos, la interpretación de los resultados, la privacidad o la seguridad, entre otros, a partir de valores éticos, humanísticos y de pensamiento crítico.

Por otro lado, se ha de garantizar la equidad en el acceso a los sistemas IAGen para evitar que puedan reproducir, e incluso profundizar, las brechas existentes en el acceso a la tecnología y recursos educativos, especialmente más notables en los centros educativos que concentran alumnado económicamente más vulnerable[175]. En este sentido, el Plan #DigEdu, con una inversión de 1.400 millones de euros anuales, persigue reducir la brecha digital mediante la distribución de dispositivos digitales y la mejora de la dotación digital de las aulas. Junto con este tipo de medidas, deberían desarrollarse, asimismo, herramientas de calidad de acceso gratuito a la ciudadanía en su conjunto.

La IA está avanzando a pasos agigantados, como también el uso entre la población, y aunque España es de los pocos países en los que se han adoptado iniciativas específicas para el ámbito educativo, no cabe duda de que queda mucho camino por recorrer.

Horizonte: seguir avanzando para aprovechar las bondades de la IA en la educación y la formación

La IA supone un cambio de paradigma que ha de ser aprovechado para extraer las enormes potencialidades que puede aportar al ámbito de la educación y la formación. Además, dado que el avance de la IA es imparable, es importante que sigan adoptándose medidas en paralelo al crecimiento y mejora de las herramientas asociadas a esta tecnología, para evitar los riesgos perniciosos que llevan asociadas.

Sería necesario, asimismo, hacer evaluaciones continuadas sobre los impactos de la IA en la educación, con el fin de conocer las bondades y problemas reales que están generando en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje.

Por otro, para lograr un desarrollo equilibrado entre los avances tecnológicos de la IA y las necesidades de formación y educación de la ciudadanía de acuerdo con los principios de equidad, calidad e inclusión que rigen las políticas educativas, es necesario establecer mecanismos de colaboración y gobernanza entre los distintos ámbitos implicados en el ámbito educativo.

175 Para más detalle, véase OCDE, *The potential impact of AI on equity and inclusion in education*, 2024.

2.2. LA UTILIZACIÓN DE LA IA Y EL *BIG DATA* EN LA GESTIÓN DE LA SEGURIDAD SOCIAL

La inteligencia artificial y el *big data* están desempeñando un papel cada vez más relevante en la Administración pública y, en particular, en la Seguridad Social. Muestra de ello fue la rápida respuesta que, gracias a estas tecnologías, pudo dar la Seguridad Social durante la crisis sanitaria provocada por el COVID-19, mediante el impulso de los servicios públicos digitales.

El ingente volumen de datos y procesos administrativos que genera la Administración de la Seguridad Social y el hecho de que se trate de unas de las Administraciones más cercanas a la ciudadanía, dadas las funciones que desempeña tanto en el ámbito de la protección social mediante las prestaciones, como en materia laboral a través de la afiliación y recaudación de cotizaciones sociales, la convierte en un entorno especialmente propicio para la adopción de tecnologías basadas en IA y del *big data*[176].

Mediante estas tecnologías se han ido incorporando a la gestión de la Seguridad Social diferentes herramientas dirigidas a grandes rasgos a la automatización de procesos, la optimización de recursos y la prestación de servicios. El objetivo debería ser, por un lado, la mejora de la eficiencia del sistema, reduciendo los costes y las cargas administrativas, agilizando la gestión de las prestaciones, reduciendo los tiempos de espera y optimizando la planificación y asignación de recursos en función de necesidades reales y tendencias futuras[177]. Y, por otro lado, garantizar unos servicios de calidad adecuados a las necesidades de la población, asegurando la justicia social y la protección de los colectivos más vulnerables[178].

Uno de los avances más significativos tiene que ver con la automatización de los trámites y procesos administrativos en ámbitos como la concesión de prestaciones, la verificación de requisitos o la tramitación de expedientes. La automatización robótica de procesos ha permitido digitalizar múltiples trámites administrativos, reduciendo el tiempo de procesamiento y con ello la carga de trabajo de los empleados públicos, lo que agiliza los trámites para la ciudadanía, aumenta la eficiencia del sistema y reduce los errores.

Implementación de la IA y el big data *en la gestión de la seguridad social*

Un ejemplo es el Sistema RED, un servicio que ofrece la TGSS desde 1995 a empresas, agrupaciones de empresas y profesionales, que se ha ido modernizando a lo largo de los años con el uso del *big data* y que permite realizar trámites de manera telemática en los ámbitos de la gestión de la afiliación, la cotización y la recaudación de las empresas y trabajadores autónomos.

176 I. Villar Cañada, «La digitalización y los sistemas de protección social: oportunidades y desafíos». Centro de Estudios Financieros. *Revista de Trabajo y Seguridad Social* Nº. 459, 2021.

177 J. Romero Coronado «Impacto del Big Data y la Inteligencia Artificial en la gestión de la Seguridad Social». *Revista de Derecho de la Seguridad Social. Laborum*. N.º extraordinario, 6, 2024.

178 I. Villar Cañada , *op. cit*.

Otro ejemplo es la iniciativa Alfa PREMIUM, puesta en marcha a finales de 2020 por el INSS, para la tramitación de prestaciones de jubilación y viudedad. El proceso consiste en que, una vez introducidos en la aplicación los datos aportados por el ciudadano en su solicitud, el expediente entra en el motor de cálculo del aplicativo Alfa y puede darse alguna de estas tres circunstancias: se clasifica como «Premium» y se resuelve sin intervención de un tramitador; se clasifica como «Semi-Premium» si una determinada actuación no puede ser automatizada y requiere que intervenga el tramitador, o se clasifica como «No premium» continuando con el trámite tradicional con intervención del usuario en todas las fases del procedimiento.

Por su parte, los servicios FIE (puesto en marcha por el INSS a finales de 2019) y FIER (disponible desde septiembre de 2021 para las empresas de menos de 25 trabajadores) son canales de comunicación que permiten, mediante procesos automatizados, la remisión de información a las empresas sobre prestaciones de sus trabajadores para facilitar sus actuaciones en materia de personal. Para ello, se elabora diariamente un fichero con información sobre prestaciones que afectan a los contratos de trabajo o a las obligaciones empresariales con la Seguridad Social, tales como incapacidad temporal, incapacidad permanente, jubilación, nacimiento y cuidado de menor, riesgo durante la lactancia, riesgo durante el embarazo o cuidado de menores con cáncer u otra enfermedad grave.

Asimismo, la TGSS puso en marcha en abril de 2021 el portal Import@ss, un espacio digital en el que se ofrece información y servicios de tramitación al ciudadano, con la incorporación de un área personal, donde se pueden consultar datos personales, obtener informes de vida laboral, gestionar altas y bajas y realizar consultas de pagos y deudas.

Por otra parte, en el ámbito de la actuación administrativa automatizada, el Real Decreto-ley 2/2021, de 26 de enero, de refuerzo y consolidación de medidas sociales en defensa del empleo, incorporó al ámbito de la Seguridad Social la iniciación de procedimientos administrativos mediante actas de infracción automatizadas, que son aquellas en las que no hay intervención directa de un funcionario actuante en su emisión. De este modo, se adecúa el procedimiento administrativo sancionador en el orden social a las posibilidades que las nuevas tecnologías permiten, a través de un procedimiento especial iniciado mediante la extensión de actas de infracción automatizadas, con las garantías jurídicas de los administrados. Este procedimiento permite reducir los tiempos de respuesta a las solicitudes presentadas por la ciudadanía, mitigar las cargas de trabajo administrativas y disponer de servicios en cualquier momento.

Otro importante uso que se le está dando a la IA en el ámbito de la Seguridad Social es el análisis de datos y la detección de fraudes. La utilización de algoritmos de *machine learning* (aprendizaje automático) en combinación con el *big data*, permite analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, con el objetivo de identificar patrones inusuales y anomalías que podrían estar indicando problemas o situaciones

que requieren atención inmediata[179]. Estas tecnologías se están utilizando principalmente para el desarrollo de sistemas avanzados de detección de fraudes en la cotización o en la solicitud de prestaciones. En particular, la Dirección General de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social viene utilizando desde 2015 un *software* basado en inteligencia artificial (análisis de datos) denominado Herramienta de Lucha contra el Fraude.

Además, desde 2018 el INSS utiliza un algoritmo de inteligencia artificial para monitorizar a empleados en baja laboral y detectar posibles fraudes incorporados dentro del proyecto LINCE (modelos de predicción basados en IA y *machine learning*). El sistema, conocido como Modelo de Priorización de Citas, evalúa el estado de salud de las personas y predice la probabilidad de su aptitud para regresar al trabajo. Así, en base a las predicciones de los algoritmos, el sistema determina qué expedientes deberían revisar primero los médicos inspectores del INSS y cuáles dejarán para el final. En el caso de que el algoritmo detecte que alguien debería haberse reincorporado, pero no lo ha hecho, el sistema marca el expediente como un posible caso de fraude para una revisión más detallada.

Asimismo, mediante el análisis de datos con inteligencia artificial es posible identificar comportamientos sospechosos, como la presentación de múltiples solicitudes de prestaciones desde la misma dirección IP o patrones de reclamaciones que no coinciden con el historial laboral del solicitante.

En el ámbito de la atención al público, la implementación de asistentes virtuales y *chatbots* ha mejorado la interacción entre los ciudadanos y la Seguridad Social, reduciendo los tiempos de espera y ayudando a reducir la carga de trabajo de los empleados públicos. Se trata de herramientas que simulan el comportamiento humano y permiten responder de forma autónoma las consultas de los usuarios, ofreciendo atención personalizada las 24 horas del día. Además de resolver dudas, son capaces de redirigir a los ciudadanos al departamento correspondiente o concertar citas.

A finales de 2020, en el contexto de la pandemia, la Seguridad Social puso en marcha el asistente virtual denominado ISSA (inteligencia artificial+Seguridad Social), que proporciona información y orienta a los ciudadanos sobre los servicios más demandados de la Seguridad Social, como trámites administrativos, solicitud de prestaciones y demás cuestiones relacionadas con las entidades gestoras y servicios comunes de la Seguridad Social. La plataforma incorpora técnicas de IA y de aprendizaje automático que permiten la mejora continua del asistente para adaptarse a las necesidades de los ciudadanos.

La IA puede contribuir también a mejorar la planificación y asignación de recursos en la Seguridad Social mediante modelos predictivos que analizan tendencias en el mercado laboral, cambios en la demografía y comportamientos económicos. Esta información permite a las autoridades prever necesidades futuras a través del análisis

179 J. Romero Coronado, *op. cit.*

de tendencias y datos históricos, lo que les permite anticiparse a futuros desafíos y diseñar estrategias de respuesta más efectivas. En concreto, esta capacidad predictiva es especialmente relevante en la gestión de pensiones, prestaciones por desempleo y subsidios.

Finalmente, la digitalización de expedientes y la interoperabilidad de sistemas entre Administraciones a través de la IA contribuyen a mejorar la coordinación interinstitucional, al facilitar y mejorar la integración de los datos y la eficiencia en la gestión de los servicios, dando así una respuesta más rápida a las necesidades de los ciudadanos.

Sin embargo, a pesar de los múltiples beneficios de todas estas herramientas, su implementación plantea también importantes desafíos. Uno de los principales problemas es la protección de datos y la privacidad de la información de los ciudadanos[180]. En la medida en que la Seguridad Social maneja una gran cantidad de datos muy sensibles de los ciudadanos —como historiales médicos, información laboral o ingresos y prestaciones recibidas— garantizar la seguridad de esta información es crucial para proteger los derechos de las personas y evitar usos indebidos.

Desafíos y riesgos de la IA en la Seguridad Social

Otro desafío tiene que ver con la equidad en la toma de decisiones automatizadas. Los algoritmos pueden presentar sesgos que afecten negativamente a ciertos grupos de la población y a empresas, lo que podría generar situaciones de discriminación en la concesión de prestaciones o en la evaluación de casos[181]. Para mitigar este riesgo, es fundamental garantizar la transparencia en los modelos de IA y establecer mecanismos de supervisión humana y auditoría de algoritmos, que permitan evaluar el desempeño de los sistemas de IA y corregir posibles sesgos o errores, a fin de garantizar decisiones justas y no discriminatorias. En este sentido, es preciso alcanzar un equilibrio entre la automatización y el control humano, de forma que se defina claramente qué decisiones deben seguir estando bajo la supervisión humana.

Otro reto importante es la adaptación de los empleados públicos al uso de estas tecnologías, para lo cual debe invertirse en su formación y capacitación en sistemas de IA y gestión de datos, además de propiciarse en la Administración equipos multidisciplinares que combinen el conocimiento técnico con la experiencia en gestión administrativa.

Finalmente, la reducción de la atención personal en los centros de la Seguridad Social, tanto por falta de personal como por la apuesta por la digitalización, está suponiendo la exclusión de una parte importante de la población, especialmente de personas mayores, personas con discapacidad o con bajos recursos, que carecen de conocimientos y/o recursos para el acceso y uso de las tecnologías necesarias. En

180 I. Villar Cañada, *op. cit.*
181 M. Fernández Ramírez, *op. cit.*

este sentido, es necesario reducir la brecha digital y garantizar la accesibilidad de todos los ciudadanos manteniendo opciones de atención presencial.

En definitiva, la implementación de la IA en la Seguridad Social debe estar respaldada por un marco regulatorio sólido y por una supervisión humana efectiva que garanticen su uso ético, transparente y equitativo para evitar sesgos y riesgos y garantizar los derechos de los ciudadanos.

2.3. LA IA COMO PUENTE PARA UNOS SERVICIOS Y PRESTACIONES SOCIALES MÁS INCLUSIVOS

En las últimas décadas, la progresiva incorporación de herramientas tecnológicas a la provisión de prestaciones sociales de toda índole ha contribuido a transformar la forma en la que la ciudadanía se relaciona con la Administración. Así, la ampliación de catálogos de servicios bajo un principio de «autogestión digital» (*self-service solutions*) agiliza los procesos administrativos y ahorra tiempo a sus usuarios. Sin embargo, la administración digital también puede generar barreras para determinados colectivos que puedan verse excluidos digitalmente. Quienes generalmente tienen mayores dificultades para acceder a medios digitales son aquellos en situaciones más vulnerables, precarizadas o marginalizadas: personas sin hogar, desempleadas, con problemas de drogodependencia o personas con algún tipo de discapacidad, entre otros[182]. Estos colectivos se encuentran con barreras adicionales para acceder a los servicios y prestaciones sociales, lo que no solo supone un problema de efectividad y eficiencia de la cartera de políticas, sino que puede agravar la situación de vulnerabilidad y exclusión económica de dichos colectivos.

En este contexto, los servicios sociales y la gestión de las prestaciones han sido ámbitos especialmente sensibles a la implementación de herramientas de inteligencia artificial y *big data* con el objetivo de poder dar una mejor y más rápida respuesta a las personas usuarias. Dada la magnitud de prestaciones gestionadas anualmente por diversas administraciones y la importancia de garantizar su acceso a quienes las necesitan, el uso masivo de datos, su interconexión y la automatización de procesos de concesión permite a las Administraciones agilizar significativamente su gestión, reduciendo tiempos de espera, incertidumbre en los usuarios y brechas de cobertura (recuadro 23).

Además, más allá de la optimización de la tramitación de prestaciones, tecnologías de inteligencia artificial, *big data* o el *deep learning*, pueden proporcionar a los gobiernos un conocimiento ampliado y precioso de las necesidades sociales, que a su vez sirva como base para mejorar la efectividad de las políticas públicas en general y de la política social en particular.

182 J. Schou, y A. S. Pors. Digital by default? A qualitative study of exclusion in digitalized welfare. *Social Policy & Administration*, 53(3), págs. 464–477, 2019. https://doi.org/10.1111/spol.12470

RECUADRO 23. POTENCIALIDADES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOS SERVICIOS SOCIALES Y GESTIÓN DE PRESTACIONES

Administraciones públicas	Servicios y trabajadores/as sociales	Ciudadanía
Automatización de evaluaciones de elegibilidad y procesos de prueba. Análisis predictivo para evaluaciones de riesgo sociales. Asignación de recursos basada en datos en tiempo real. Evaluación del impacto de los programas sociales e identificación de áreas de mejora. Mayor eficiencia y eficacia de las políticas (reducir brechas de cobertura-NTU). Detección y prevención del fraude.	Priorización de casos según urgencia, riesgo y necesidad. Análisis predictivo para una mejor gestión de los casos. Agilización de la admisión y evaluación de personas beneficiarias. Sistemas integrados para una visión completa de beneficiarios. Asistente de garantía de calidad: evaluación y apoyo en la toma de decisiones proporcionando información basada en datos sobre los casos. Monitoreo en tiempo real del progreso y retroalimentación de la persona beneficiaria. Asistente de documentación inteligente: automatización de documentos y descripciones abreviadas. Asistencia administrativa: automatización de tareas administrativas rutinarias.	Acceso más rápido a la cartera de servicios/prestaciones. Chatbots o asistentes virtuales para acceder a información y servicios (lectura fácil y traducción instantánea a diferentes idiomas). Recordatorios automáticos para citas, presentación de documentos y renovaciones. Asistencia en la aplicación y cumplimentación de formularios de solicitud para diferentes prestaciones/beneficios y servicios. Proporcionar una visión holística de la elegibilidad y acceso a servicios de un ciudadano. Personalización de varios planes de atención de servicios humanos.

Fuente: IA for social protection. Understanding the potential of AI in human services, *European Social Services Conference*, Bélgica, 2024.

Un ámbito en el que la automatización de procesos y la mejora del conocimiento sobre las necesidades sociales pueden marcar una diferencia significativa es el de los servicios sociales. Se trata de un contexto en el que sus profesionales pueden experimentar una sobrecarga tanto a nivel profesional como estructural derivada de una elevada burocratización de los procesos, el alto volumen y complejidad de casos por gestionar, así como una insuficiencia de recursos técnicos y tecnológicos de apoyo[183]. En este contexto, la IA y el *big data* aparecen como soluciones que contribuyen a reducir la carga burocrática de los y las trabajadoras sociales, así como una mejor comprensión de la heterogeneidad de realidades sociales a las que deben dar respuesta.

Por otro lado, los servicios sociales requieren un alto grado de interoperabilidad con otras Administraciones (sistemas de información de salud, Seguridad Social, de empleo, de vivienda, Hacienda, padrón municipal, entre otras). Todas las fuentes de información administrativa de las personas usuarias se suman a la complejidad de lo social y la incertidumbre que llevan aparejada la singularidad de cada situación analizada que, aunque similar, nunca será igual a otra, y la necesidad de buscar soluciones

183 A. Vallejo Andrada, S. Martí García, T. Gómez Rasco, y E. Ferri Fuentevilla. Aportaciones y limitaciones de la incorporación de la inteligencia artificial a los servicios sociales: Una revisión sistematizada. *Methaodos Revista de Ciencias Sociales*, 12(2), págs. 1–16, 2024. https://doi.org/10.17502/mrcs.v12i2.812

viables.[184] Ante dicha complejidad, algunas Administraciones han puesto en marcha soluciones innovadoras basadas en herramientas de tecnológica artificial y *big data* (véase recuadro 24).

Ahora bien, más allá de la necesidad de disponer de grandes cantidades de datos que permitan mejorar la eficacia de los programas sociales a nivel individual, también es importante la forma en la que los datos se recopilan, procesan y utilizan, de tal forma que los profesionales de los servicios sociales sepan manejar la información de manera eficaz y equitativa, al tiempo que las autoridades responsables del diseño y evaluación de políticas cuenten con la mayor cantidad de información para el desarrollo e innovación de las políticas, siempre en el marco de transparencia, proporcionalidad y necesidad que establece la normativa en vigor de protección de datos. En otras palabras, los datos no son un fin en sí mismo, sino que deben ser útiles, representativos y de calidad (gráfico 22).

GRÁFICO 22. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL *BIG DATA* EN EL ÁMBITO DE SERVICIOS SOCIALES

Fuente: E. Raya Diez, M. Trujillo Carmona, y D. Carbonero Muñoz, (2021). Using Big Data to Manage Social Inclusion Programs. *The Journal of Sociology & Social Welfare*, 48(3), págs. 74–98.

184 J. Minguijon, y C. Serrano-Martinez. La Inteligencia Artificial en los Servicios Sociales: estado de la cuestión y posibles desarrollos futuros. *Cuadernos de Trabajo Social*, 35(2), págs. 319–329, 2022. https://doi.org/10.5209/cuts.78747

RECUADRO 24. SOLUCIONES DIGITALES EN LA PRESTACIÓN Y GESTIÓN DE SERVICIOS SOCIALES

Tarjeta Social Digital (TSD)

En 2018, el Gobierno de España crea la Tarjeta Social Digital con el objetivo de coordinar y mejorar las políticas de protección social impulsadas desde diferentes Administraciones. Con la TSD se crea un sistema de información de las prestaciones económicas de carácter social gestionadas por las Administraciones públicas en los tres niveles, ya sean pensiones básicas o complementarias, contributivas, no contributivas o asistenciales, prestaciones temporales como subsidios de incapacidad temporal, nacimiento y cuidado del menor, riesgo durante el embarazo y la lactancia, protección familiar, IMV, rentas de integración, o prestaciones o ayudas de pago único. Se trata, por tanto, de una plataforma de información que pretende dar servicio tanto a la ciudadanía, mediante la reducción de cargas administrativas y simplificación de trámites en el acceso a las prestaciones sociales; como a las Administraciones responsables de la gestión de prestaciones, que contarán con una visión completa de la protección social que cada ciudadano percibe, lo que facilitará procedimientos más ágiles y seguros para el reconocimiento de derechos y para el control de las prestaciones y ayudas otorgadas.

Si bien se trata de una innovación tecnológica que deberá simplificar la información a la ciudadanía sobre el conjunto de prestaciones a las que tienen acceso, su gestión y las obligaciones que conllevan, tras más de cinco años desde su creación, no se cuenta con información sobre el proceso de implantación de esta. En este sentido, en 2023 la AIReF[185] señalaba la importancia de que las comunidades autónomas aceleren el volcado uniforme y completo de la información de prestaciones públicas y en especial de las rentas mínimas autonómicas coordinándose la información de las bases de datos de la AEAT con las del registro de la Tarjeta Social Digital del INSS.

El sistema de *big data* SiSo en Castilla-La Mancha

En 2017, el Gobierno de Castilla-La Mancha, en colaboración con la Universidad de La Rioja y con financiación del Fondo Social Europeo para Castilla-La Mancha, diseñó la herramienta SiSo (Situación Social), que fue implementada en 2018. Su objetivo de diseño fue proporcionar a los profesionales de los servicios sociales y a las organizaciones dedicadas a la inclusión social una herramienta tecnológica para evaluar situaciones complejas.

SiSo mide la inclusión social a través de seis dimensiones: económica, empleo, educación, vivienda, salud y relaciones, y clasifica las situaciones a través de una rúbrica con cuatro niveles de intensidad con respecto a la dificultad social: poca o ninguna; alguna; considerable, y mucha. Con los datos introducidos en la herramienta se genera un informe con una representación gráfica de la situación y nivel de dificultad del hogar en el momento de la intervención. Estos datos se analizan posteriormente para producir información que resulte valiosa en el proceso de toma de decisiones, formulación y evaluación de políticas sociales y de la gestión de programas de inclusión social y la producción de conocimiento científico útil para dar respuesta a problemas sociales[186].

185 Autoridad Independiente de Responsabilidad Fiscal. *2.ª Opinión. Ingreso Mínimo Vital, Opinión* 2/2023, AIReF, 2023.

186 E. Raya Diez, *et. al. op. cit.*

Como ya se ha anticipado, resulta complejo aproximarse a la realidad del uso de la IA en el conjunto de las Administraciones públicas y la casuística puede ser muy variada. Baste poner aquí algún ejemplo de sus utilidades en el campo de la mejora del acceso a las prestaciones y servicios sociales, tal y como se ha hecho en el caso de la Seguridad Social. Cabe subrayar la importancia de la visibilización y la puesta en común de las soluciones que se están implantando en diferentes organismos y niveles de la Administración, a fin de lograr sinergias y un enfoque coordinado de las actuaciones que se están llevando a cabo bajo los principios de la buena gobernanza algorítmica a los que se ha hecho referencia con anterioridad. A modo de ejemplo, recuérdese el potencial de mejora de la gestión y el acceso a las prestaciones sociales asociado a la creación de la tarjeta social digital, en 2018. Otras experiencias autonómicas, como el sistema SISO en Castilla-La Mancha, profundizan en la implementación de herramientas tecnológicas para facilitar la labor de evaluación social de los profesionales del sector.

A diferencia de lo que ocurre con las prestaciones contributivas de la Seguridad Social, caracterizadas por la creciente rapidez en su concesión y la automaticidad en su revocación cuando una persona encuentra trabajo, las prestaciones destinadas a los colectivos más vulnerables, especialmente el ingreso mínimo vital, las rentas mínimas autonómicas o las prestaciones a la dependencia, se distinguen por sus tasas de no cobertura elevadas o los dilatados tiempos de resolución de los expedientes de solicitud.

La inteligencia artificial en la gestión de las prestaciones sociales

Uno de los ejemplos más llamativos en este sentido es el IMV. Tras casi cinco años desde su entrada en vigor, la última evaluación realizada por la AIReF[187] insiste en señalar que la tasa de cobertura de la prestación es inferior al 50 por 100 y que, aunque se hayan reducido, los tiempos medios de espera de resolución de los expedientes en 2023 fue de 141 días.

Ante un escenario de tasas de cobertura bajas y tiempos de espera dilatados, el reciente informe publicado por la Oficina Nacional de Prospectiva del Gobierno de España[188] señala que la IA permitirá una administración pública más eficiente al aumentar la precisión y rapidez en la concesión de prestaciones como el IMV, o identificando situaciones de riesgo de exclusión social, entre otras aplicaciones. Estas innovaciones no solo harán más eficiente y eficaz este tipo de políticas, reduciendo la cargar administrativa de servicios sociales en el caso de rentas mínimas y de las unidades gestoras de la Seguridad Social en el caso del IMV, sino que reducirán considerablemente el umbral de incertidumbre de usuarios en situación de vulnerabilidad económica pendientes de una prestación de último recurso.

187 Autoridad Independiente de Responsabilidad Fiscal. (2024), *3.ª Opinión. Ingreso Mínimo Vital, Opinión 2/2024, AIReF.*

188 Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia. (2025). HispanIA 2040: *Cómo la Inteligencia Artificial Mejorará Nuestro Futuro. Gobierno de España.*

Al mismo tiempo, la incorporación de este tipo de herramientas a la gestión de prestaciones o servicios sociales debería contribuir al cumplimiento del artículo 28.2 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, de Procedimiento administrativo común de las Administraciones públicas que reconoce en favor de la ciudadanía el derecho a no aportar documentos que ya se encuentren en poder de la Administración actuante o hayan sido elaborados por cualquier otra Administración.

3. La IA como elemento clave de la transición ecológica

Los instrumentos de ordenación y planificación del cambio tecnológico, y específicamente de la IA generativa, manifiestan la necesidad de asumir una perspectiva de respeto al medioambiente en cumplimiento y aplicación de la normativa europea y en coherencia con la investigación científica en la materia, todavía escasa y estimativa[189]. En España, el Programa Nacional de Algoritmos Verdes[190] afronta el reto de desarrollar soluciones tecnológicas para el uso eficiente de los recursos, minimizando el impacto ambiental y el consumo energético, siguiendo así el principio de no causar un perjuicio significativo al medioambiente. Por su parte, la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial 2024, persigue situar a España en la vanguardia del uso eficiente de las infraestructuras de computación y el desarrollo de IA sostenible, a través de la regulación de la instalación sostenible de centros de procesamiento de datos (CPD), así como de la obtención de un sello de calidad en distintos niveles de madurez respecto a la IA sostenible.

La IA se considera, en términos generales, un factor más potenciador que inhibidor del desarrollo sostenible, al actuar positivamente sobre 134 indicadores de los ODS y negativamente sobre otros 59. En concreto, 67 indicadores incluidos en la categoría de ODS sociales (82 por 100) se benefician de la IA, 42 (70 por 100) en los económicos, y 25 en el grupo de los ambientales (93 por 100), relacionados con la posibilidad de analizar bases de datos interconectados a gran escala y desarrollar acciones conjuntas orientadas a la preservación ambiental, como es el caso de la acción climática (ODS 13), mediante la integración de energía renovable y eficiencia energética, la preservación de contaminación marina (ODS 14), o la lucha contra la desertificación y degradación de los suelos (ODS 15)[191].

La IA, facilitadora de los ODS

189 United Nations Environment Programme, *Artificial intelligence (AI) end-to-end. The environmental impact of the full AI life cycle needs to be comprehensively assessed* (Issues note, 21/09/2024). Reglamento de Ejecución (UE) 2025/454 de la Comisión de 7 de marzo de 2025, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo referente a la creación de un grupo de expertos científicos independientes en el ámbito de la inteligencia artificial.

190 Miteco, Programa Nacional de Algoritmos Verdes (España Digital 2026, 13/12/2022, veáse https://portal.mineco.gob.es/es-es/comunicacion/Paginas/algoritmos-verdes.aspx).

191 Nature Communications, «The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals» (13/01/2020 https://www.nature.com/articles/s41467-019-14108-y)

3.1. OPORTUNIDADES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA AGENDA URBANA Y RURAL

Como ya se ha adelantado, es incuestionable la influencia de las nuevas tecnologías sobre múltiples aspectos del bienestar, y ello hace necesario vincular el desarrollo humano sostenible con la sociedad del conocimiento en el marco de las denominadas *smart cities* o ciudades inteligentes[192]. Si bien no existe una única definición de *smart city*, el término hace referencia a un conjunto de iniciativas dirigidas a utilizar las tecnologías digitales, incluida la IA, para mejorar la calidad de vida en el ámbito urbano. Se trata de un concepto más amplio que el de «ciudad digitalizada», ya que requiere de mecanismos de gobernanza de los avances tecnológicos en el proceso de transformación de los datos, de forma que sean accesibles a la ciudadanía. En ese contexto la IA puede brindar soluciones en distintos ámbitos de gestión, desde optimizar y facilitar la toma de decisiones hasta la puesta en marcha de servicios, generando oportunidades económicas, aumentando la eficiencia e impulsando la participación democrática y la sostenibilidad medioambiental[193].

Esto ya se está produciendo. Por el lado del acceso a la información, la Agenda Urbana Española 2024 ofrece un diagnóstico de la realidad urbana y rural mediante datos sociodemográficos y económicos, al objeto de facilitar la comparación entre municipios y generar información accesible, que se traduce en aplicaciones descriptivas (mapas o gráficos). Es el caso del Sistema de Información Urbana (SIU)[194], que ofrece información urbanística libre y gratuita de 5.683 municipios en los que habita el 98,3 por 100 de la población, junto a otras de interés en el ámbito de la toma de decisiones y planificación urbanística, por ejemplo, relativa a la ocupación de suelo y su evolución a través de los proyectos CORINE Land Cover (CLC) y el Sistema de Ocupación del Suelo de España (SIOSE), o sobre las zonas con Riesgo de Inundación y Riesgo Sísmico.

Hacia un desarrollo urbano tecnológico y sostenible

192 Agenda Urbana Española 2019, Objetivo Estratégico 9: Liderar y fomentar la innovación digital.

193 European Parlament, Research for REGI Committee - Artificial Intelligence and Urban Development (30/07/2021).

194 Al visor SIU se han incorporado recientemente nuevas capas relevantes para la planificación urbanística y el análisis territorial: capa de instrumentos de Ordenación Territorial, servicio de Dominio Público Marítimo Terrestre, servicios de Riesgo de Inundación Fluvial, Mapa del potencial de radón en España (Consejo de Seguridad Nuclear) así como nueva información CORINE Land Cover, correspondiente a 2012 y 2018 con sus variaciones, e información SIOSE 2014 (MIVAU Datos Descriptivos de la Agenda Urbana Española 2024 y https://www.mivau.gob.es/urbanismo-y-suelo/sistema-de-informacion-urbana). Atlas Digital de las Areas Urbanas (https://atlasau.mitma.gob.es/#c=home).

RECUADRO 25. APLICACIONES (IZDA) Y BUENAS PRÁCTICAS (DCHA) DE LA IA

MOVILIDAD INTELIGENTE

Gestión del tráfico: el análisis de datos en tiempo real permite predecir patrones de atascos y desviar el tráfico preventivamente. Coordinación de semáforos inteligentes para mantener flujo de tráfico constante, control de carriles reversibles y vías rápidas.

Seguridad vial: predicción de probabilidad de siniestros, intensidad de desplazamientos y seguridad de trayectos. Se espera un desarrollo de sistemas de ayuda a la conducción en vehículos inteligentes, capaces de analizar el entorno y tomar decisiones inmediatas.

SEGURIDAD PÚBLICA

Cámaras de seguridad: la vigilancia continua permite detectar peligros potenciales y dar respuestas rápidas. Prohibición de aplicaciones que atentan contra los derechos de la ciudadanía, como sistemas de categorización biométrica basados en características sensibles y captura indiscriminada de imágenes faciales o grabaciones de cámaras de vigilancia para generar bases de datos de reconocimiento facial.

Detección temprana de desastres naturales: incendios forestales, terremotos o inundaciones, dando respuesta rápida y eficaz.

CIUDADES SOSTENIBLES

Gestión de residuos: identificación y clasificación de residuos con precisión entre el 72,8 y el 99,9%. Trazado de calidad del material clasificado, determinación de composición de bolsas o detección de problemas de rendimiento en la clasificación. Control de llenado en contenedores mediante sensores y cámaras inteligentes, enviando alerta a equipos de recogida al alcanzar determinado umbral.

Eficiencia energética: optimización de consumo energético de edificios; equipación de espacios públicos con lámparas inteligentes que pueden adaptarse a diferentes condiciones y necesidades, mejorando la seguridad en las áreas urbanas.

AGRICULTURA INTELIGENTE Y CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD

Monitoreo de cultivos en tiempo real: para identificar enfermedades y optimizar el uso de agua y fertilizantes.

Vigilancia de hábitats, protección de vida salvaje, reconocimiento de patrones en especies.

Urbact: base de datos europea de buenas prácticas locales sobre desarrollo urbano sostenible: 116 iniciativas en movilidad sostenible, energía, participación ciudadana, competencias digitales, transporte a demanda o reciclaje (16 españolas).

Citcom.AI: proyecto europeo Smart Cities & Communities, enfocado a reducir el consumo energético, transporte eficiente y sostenible, y servicio ciudadano de infraestructuras locales interconectadas. Valencia alberga el supernodo sur de inteligencia artificial (IA) aplicada a *smart city*.

RETECH (Redes Territoriales de Especialización Tecnológica): iniciativa de Secretaría Estado de Digitalización e IA, orientada a reducir la brecha territorial, la transformación y la especialización digital, fomentar liderazgo y cooperación interregional en impulso de proyectos de impacto territorial y económico, generar o potenciar iniciativas disruptivas basadas en experiencias y conocimiento regionales, e impulsar efectos tractores en el territorio para transitar hacia modelos de desarrollo sostenibles e integradores. Lanzamiento 24 de marzo de 2023. Proyectos emblemáticos:

- **Spain Living Lab (Misión IA)**: desarrollo de IA en sector turístico
- **Cadena de Valor en Inteligencia Artificial**: desarrollo de IA en tejido empresarial industrial
- **Red Territorial de Hubs de Inteligencia Artificial** (Cadena de Valor): desarrollo de IA nuevos itinerarios educativos
- **TechFabLab** (Redes de Emprendimiento): apoyo a iniciativas IA de origen local
- **Plataforma agroalimentaria en Red**: IA aplicada al sector agroalimentario
- **Infraestructura para Red Española de Blockchain**: creación de red tecnológica basada en Blockchain
- **Aceleración ecosistemas emprendimiento e innovación basados en gemelos digitales**: recreaciones virtuales del territorio para predicciones y simulaciones
- **Proyecto Plan Digitalización e Inteligencia Artificial Patrimonio Prehistórico de Cantabria y Asturias**: optimización gestión del patrimonio prehistórico.
- **Redes de Emprendimiento Digital**: soluciones innovadoras territoriales basadas en IA
- **Salud Digital Inteligente**: robótica asistencial empresas sector sanitario

RETECHFOR: Red Tecnológica Territorial del sector forestal.

- **Knowledge Heritage Network**: desarrollo de plataforma de captación de datos del patrimonio cultural.
- **Ecosistema emprendedor para un territorio rural y marino inteligente** (TriRuralTech): fomento del emprendimiento en medio rural

Fuente: elaboración propia a partir de Administración Pública Digital (https://www.administracionpublicadigital.es/tecnologias/2024/09/asi-es-como-la-inteligencia-artificial-esta-transformando-la-gestion-urbana) y PRTR (https://planderecuperacion.gob.es/noticias/conoce-programa-retech-redes-territoriales-especializacion-tecnologica-plan-recuperacion).

La combinación tecnológica que ofrece la IA puede utilizarse en el diseño de ciudades eficientes, sostenibles y habitables, anticipando las necesidades de la población y adaptándose a los cambios en tiempo real, en lo que se denomina urbanismo predictivo. Así, los nuevos modelos urbanos inteligentes se utilizarían para optimizar desde el flujo del tráfico hasta la distribución de los recursos, gracias a la simulación del comportamiento a través de agentes inteligentes. La gestión energética de los edificios, el desarrollo de sistemas de energía autorreparables para la seguridad de suministro eléctrico o el de gemelos digitales para optimizar dinámicas urbanas (dotación de servicios, tráfico predictivo, situaciones de emergencia, etc.), están entre sus aplicaciones más demandadas (recuadro 25).

Muchas de estas aplicaciones están, además, orientadas a reducir las emisiones GEI y a una mejor adaptación al cambio climático, como es el caso de los proyectos GreenTech (aceleradoras de una economía sostenible y climáticamente neutra), RetechFor (orientada al monitoreo forestal y reducción de desastres ambientales), o RuralTech (que persigue alcanzar un territorio rural y marino inteligente) (recuadro 25).

3.2. RETOS AMBIENTALES Y POSIBLES SOLUCIONES

Aunque la progresiva incorporación de la IA está favoreciendo la reducción de la huella medioambiental en diversos ámbitos, el impacto negativo asociado a la propia actividad de la IA generativa es significativo y especialmente crítico debido al aumento exponencial de modelos avanzados, responsables de elevados consumos de energía, agua y materiales y de emisiones GEI. Pero, además, inducen a un desigual reparto de los impactos ambientales asociados a su implantación. Retos que subrayan la necesidad de un enfoque sostenible y ético en la investigación, diseño y uso de estas tecnologías.

El impacto ambiental de la IA se produce a lo largo de todo su ciclo de vida y no solo durante la fase de entrenamiento, como se creía hasta ahora, lo que requiere de un análisis en cada etapa del proceso, capaz de medir los impactos directos (consumo de energía, agua y minerales, y generación de residuos y emisiones) e indirectos (por ejemplo aumento potencial del uso de vehículos autónomos), así como otros derivados de posibles cambios en patrones de consumo y producción, riesgo de desinformación o inadecuada gobernanza, entre otros (recuadro 26).

Investigación sobre la huella ambiental de la ia generativa, aún insuficiente

La investigación en este campo es aún preliminar, lo que provoca la publicación de datos no contrastados por parte de algunos medios de comunicación. Al respecto, la UNEP recomienda estandarizar sistemas de medida y procurar que las métricas sean transparentes y accesibles, priorizando la investigación orientada a optimizar algoritmos energéticamente eficientes y reducir las emisiones de carbono[195].

195 UNEP Issues note, 21/09/2024, *op. cit.*

RECUADRO 26. IMPACTO AMBIENTAL DE LA IA

CONSUMO ENERGÉTICO: los centros de datos (CDs)	Consumo de energía: entre el 10% y el 20% del total, que puede aumentar al 70%. Consumo de electricidad: entre un 2 y un 3% del total (USA). Utilizan entre un 40-50% de su energía para alimentar los servidores y 30-40% para enfriarlos. Se prevé que las renovables cubran el 40% de su demanda energética.
EMISIONES GEI (estimadas): etapas de entrenamiento IA	Fabricación de equipos: 22,2% del total (11,2 toneladas de CO_2). Consumo dinámico: 48,9% (24,69 toneladas de CO_2). Consumo inactivo: 28,9% (14,6 toneladas de CO_2). Construcción de CDs: hasta el 8% de las emisiones globales de CO_2.
CONSUMO INTENSIVO DE AGUA: en CDs	Los CDs pueden utilizar entre 0,18 y 1,1 litros de agua por kWh de energía consumida. De media un CD de hiperescala puede utilizar hasta 2,1 millones de litros de agua al día. GPT-3 consume unos 500 ml de agua por cada 10 a 50 consultas. La Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) utiliza 157.000 ton de agua/día. RETOS: - Agotamiento recursos locales: presión recursos hídricos zonas áridas (Desierto Arizona). - Competencia por agua limpia para abastecimiento.
CONSUMO DE MINERALES: en fabricación semiconductores para GPUs y CPUs	Silicio: principal componente, al que se añaden otros metales y minerales que mejoran su conductividad y durabilidad: - metales comunes: aluminio y cobre; - minerales raros y estratégicos: tantalio, litio, galio, germanio, cobalto, paladio y tungsteno. RETOS: - Extracción intensiva: se requiere procesar cientos de toneladas de roca por tonelada de mineral puro. - Minerales de conflicto: cobalto y tungsteno provienen de regiones afectadas por conflictos armados.

Nota: GPUs (unidad de procesamiento gráfico) y CPUs (unidad central de procesamiento),
Fuente: elaboración propia a partir de Miteco, Programa Nacional de Algoritmos Verdes.

Algunos aspectos, como el consumo de agua, son especialmente críticos en países como España con un déficit de recurso, que consume anualmente 30,8 miles de hm^3, extrayéndose como demanda bruta algo más del 30 por 100 del recurso natural nacional[196]. Al respecto, la Unión Europea ha adoptado una regulación delegada para establecer un esquema capaz de medir la sostenibilidad de los centros de datos, a través por ejemplo de la publicación de datos relativos a la huella hídrica[197].

196 Miteco, Usos del agua en España 2021-22 (diciembre 2023).
197 Comisión Europea, Regulación Delegada de 14/03/2024, sobre la primera fase del establecimiento de un esquema de clasificación de la sostenibilidad de los centros de datos en la UE C(2024) 1639 final.

RECUADRO 27. RECOMENDACIONES PARA UNA IA AMBIENTALMENTE EQUITATIVA

Reparto geográfico de carga

Flexibilizar el despliegue y gestión de IA mediante centros de datos (CDs) distribuidos geográficamente, priorizando regiones marginadas y distribuyendo equitativamente los impactos ambientales negativos.

- Equilibrar la carga mediante el desvío del tráfico de IA considerando factores locales en tiempo real, como la proporción de fuentes fósiles de energía y la eficiencia del uso del agua.
- Aplicar con independencia de dónde opere una empresa, ya sea en sus infraestructuras y CDs geográficamente distribuidos o mediante servicios basados en la nube.

RETOS

- Predecir futuras demandas de la IA para justificar el impacto ambiental a largo plazo.
- Asegurar un nivel consistente de rendimiento y calidad de inferencia (predictividad) del modelo.

Medio ambiente y ecosistemas

- Medir el impacto ambiental directo e indirecto a través del ciclo de vida de los sistemas IA, incluyendo la huella de carbono, consumo de energía e impacto ambiental de la extracción de materias primas y reduciendo el impacto ambiental de los sistemas IA y centros de datos.
- Introducir incentivos que aseguren el desarrollo y adopción de soluciones basadas en derechos humanos y ética de los sistemas IA para afrontar el riesgo de desastres naturales. Estos sistemas IA deben implicar la participación de comunidades locales e indígenas a través de su ciclo de vida y apoyar la aproximación a una economía circular y un consumo sostenible. Se incluyen entre las aplicaciones:
  a. La protección, seguimiento y gestión de los recursos naturales.
  b. La predicción, prevención, control y mitigación de problemas relacionados con el clima.
  c. Preservar un ecosistema alimentario más eficiente y sostenible.
  d. Acelerar el acceso a la adopción masiva de energía sostenible.
  e. Posibilitar y promocionar la dominancia de infraestructuras, modelos empresariales y finanzas para un desarrollo sostenible.
  f. Detectar contaminantes o predecir niveles de contaminación colaborando en la identificación de grupos de interés relevantes, planificar e implementar intervenciones para prevenir y reducir la contaminación y exposición a la misma.
- Cuando se elijan métodos de IA, dada la envergadura del impacto ambiental asociado a algunos de ellos, se debe asegurar que los actores favorecen métodos IA eficientes de elaboración de datos y consumo de energía y recursos. Deben desarrollarse requerimientos para asegurar la disponibilidad de evidencias al respecto, y en su defecto, debe favorecerse el principio de precaución, de forma que en instancias donde el impacto ambiental sea desproporcionadamente negativo, no debería hacerse uso de la IA.

Fuente: *Harvard Business Review Management, La distribución desigual de los impactos ambientales de la IA* (26/07/2024) y UNESCO, *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence* (23/11/2021).

Desigual distribución de los impactos: inequidad ambiental

Los desarrollos de la IA están normalmente basados en las necesidades y valores de los países en los que tienen lugar, con el riesgo de adoptar enfoques carentes de ética, transparencia o control democrático, desconociéndose por el momento el efecto negativo que pueden provocar sobre la cohesión socioeconómica y territorial. Estos desarrollos serán más rápidos en regiones y sectores con mayor acceso a la tecnología, pudiéndose ver exacerbadas algunas disparidades dentro y entre países.

La inequidad ambiental está profundamente vinculada a divergencias socioeconómicas, provocando impactos desproporcionados en comunidades ya marginadas, como el aumento de la contaminación atmosférica y la reducción de recursos de agua dulce. Una distribución geográfica de redes de centros de datos que priorice regiones desfavorecidas y distribuya equitativamente el impacto negativo asociado a esa actividad, aumentaría el equilibrio territorial de la carga redirigiendo el tráfico de la IA (recuadro 27).

Para evitar consecuencias imprevistas, es necesario avanzar en la reducción de esa brecha socioeconómica y ambiental emergente, impulsando una IA responsable que mitigue la disparidad interregional. Los impactos de esas desigualdades con frecuencia no resultan evidentes o visibles para la mayor parte de la ciudadanía, por lo que resulta clave intensificar la concienciación al respecto en los ámbitos público y privado. Una distribución justa de los beneficios de la IA para toda la sociedad conlleva una redistribución efectiva de los costes ambientales regionales, impulsando resultados más equitativos.

En conclusión, para aprovechar las ventajas de la utilización de la IA y maximizar su impacto positivo, especialmente en la gestión de procedimientos, prestaciones y servicios públicos con impacto social y en los derechos de las personas queda camino por recorrer.

A modo de conclusión

Es necesario impulsar el desarrollo de los instrumentos más idóneos para ello, como la creación de registros públicos de algoritmos; la realización regular de auditorías independientes para prevenir, identificar y corregir posibles sesgos y errores; fomentar la transparencia y participación ciudadana en la evaluación y mejora de estos sistemas y avanzar en el desarrollo de un marco regulatorio claro que guíe el uso ético y responsable de algoritmos, garantizando la equidad y los derechos de la ciudadanía.

RECUADRO 28. IMPACTOS SOCIALES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Digitalización humanista e inteligencia artificial

La IA constituye una oportunidad histórica para mejorar el bienestar de las personas, la sostenibilidad del planeta y el logro de los objetivos de la Agenda 2030. Tiene un enorme potencial para mejorar la calidad y la personalización de los servicios públicos, detectar con mayor precisión los problemas sociales, tomar decisiones basadas en datos, mejorar la eficiencia y la evaluación de las políticas públicas, agilizar los procedimientos y reducir costes. Sin embargo, los sistemas de IA entrañan ciertos riesgos en el ámbito de los derechos fundamentales, la protección del medio ambiente o la lucha contra el cambio climático, entre otros impactos sociales, generando incertidumbres en torno a cuestiones relativas a la responsabilidad.

Las percepciones de la ciudadanía (CIS, 2025) reflejan esa tensión entre el potencial transformador atribuido a la IA y la precaución en torno a sus consecuencias, interpelando a los poderes públicos sobre la necesidad de garantizar ciertos derechos.

La necesidad de una IA segura, fiable y centrada en la persona

Los principios de centralidad humana, prevención del daño, equidad y explicabilidad de los sistemas de IA son preconizados por los organismos internacionales, que determinan los límites del desarrollo, despliegue y uso de una IA confiable. Los requisitos de fiabilidad se resumen en la necesidad de acción y supervisión humanas, solidez técnica y seguridad, gestión de la privacidad y de los datos, transparencia, diversidad, no discriminación y equidad, bienestar ambiental y social y rendición de cuentas.

Desde esta perspectiva, el nuevo RIA supone un gran avance, ya que introduce obligaciones legales específicas graduadas en función de los riesgos de cada sistema de IA para los derechos de la ciudadanía y prohíbe los que representan un riesgo inaceptable. El RIA regula sectores especialmente sensibles, como el sanitario, educativo, justicia y administración pública, empleo y recursos humanos o seguridad y vigilancia. No obstante, excluye de la obligación de evaluación *ex ante* a sectores relevantes desde el punto de vista social.

Fuente: Comisión Europea, 2019.

Gobernanza algorítmica, transparencia y rendición de cuentas

La transparencia algorítmica implica que los factores que intervienen en las decisiones tomadas por los algoritmos tendrían que ser visibles, conocibles, auditables y explicables a las personas que utilizan, regulan y resultan afectadas por los sistemas que emplean estos algoritmos. La falta de transparencia puede dar lugar a que errores del sistema conduzcan a decisiones injustas y erosionen la confianza pública en las instituciones. Por ello, las Administraciones públicas deberían ser referentes en transparencia algorítmica.

La creación de registros de algoritmos públicos permitiría a la ciudadanía conocer qué sistemas se utilizan, sus propósitos y sus posibles impactos, fomentando la confianza y facilitando la supervisión y auditoría de estos sistemas. Sin embargo, hasta el momento no existe un registro estatal ni un protocolo homogéneo para la creación de registros algorítmicos. Su desarrollo presenta un panorama fragmentado, con avances desiguales entre administraciones, aunque existen ya algunas experiencias pioneras.

Es necesario regular con claridad la responsabilidad y rendición de cuentas para garantizar el derecho de la ciudadanía a recurrir con fundamento las decisiones automatizadas que les afecten negativamente. Una oportunidad en este terreno podría venir de la mano del Anteproyecto de Ley para el buen uso de la inteligencia artificial.

Hacia una IA no discriminatoria: una mirada específica a los sesgos de género

Es necesaria la adopción de enfoques preventivos, proactivos y éticos en el desarrollo y aplicación de los sistemas de IA para que los algoritmos no se limiten a replicar y agrandar los sesgos existentes en la sociedad mediante el cumplimiento de los principios de no discriminación y el establecimiento de mecanismos de supervisión y control.

Los desequilibrios de representación del género femenino en la IA o la asunción de estereotipos de género en su entrenamiento pueden aumentar la discriminación y los prejuicios. Se requiere abordar la reducción de los sesgos de género en la concepción, desarrollo y aplicación de la IA mediante un enfoque integral que combine la aplicación de la normativa, la realización de auditorías independientes, el fomento de una mayor participación de mujeres y la inclusión de la perspectiva de género en todas las fases de la ingeniería de datos.

Otros riesgos de sesgos, como el edadismo, también requieren evaluación y prevención.

RECUADRO 28. IMPACTOS SOCIALES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL *(Continuación)*

La IA como elemento clave de la transición ecológica

Oportunidades

La IA se considera un factor más potenciador que inhibidor del desarrollo sostenible al actuar positivamente sobre 134 indicadores de los ODS y negativamente sobre otros 59.

En el contexto del desarrollo urbano, y más concretamente en la conformación de las denominadas *smart cities*, la IA puede mejorar la calidad de vida al aportar mecanismos de gobernanza de los avances tecnológicos en el proceso de transformación de los datos y ofrecer soluciones en distintos ámbitos de gestión, generando oportunidades económicas, aumentando la eficiencia e impulsando la participación democrática y la sostenibilidad ambiental.

La combinación tecnológica que ofrece la IA puede utilizarse en el diseño de ciudades eficientes, sostenibles y habitables, anticipando las necesidades de la población y adaptándose a los cambios en tiempo real, en lo que se denomina urbanismo predictivo. Así, los nuevos modelos urbanos inteligentes se utilizarían para optimizar desde el flujo del tráfico hasta la distribución de los recursos gracias a la simulación del comportamiento a través de agentes inteligentes.

Retos

El impacto negativo asociado a la propia actividad de la IA generativa es especialmente crítico debido al aumento exponencial de modelos avanzados responsables de elevados consumos de energía, agua y materiales, y de emisiones GEI. Además, inducen a un desigual reparto de los impactos ambientales asociados a su implantación. Estos retos subrayan la necesidad de un enfoque sostenible y ético en la investigación, diseño y uso de estas tecnologías.

Para evitar consecuencias imprevistas de los impactos ambientales, es preciso avanzar en la reducción de la brecha socioeconómica y ambiental emergente, impulsando una IA responsable que mitigue la disparidad interregional. Una distribución justa de los beneficios de la IA conllevaría una redistribución efectiva de los costes ambientales regionales, impulsando resultados más equitativos.

Impactos de la IA en las políticas de bienestar y protección social

Educación	**Oportunidades**	La automatización de los niveles básicos de creación posibilita que los procesos de aprendizaje y docencia se liberen de las tareas de orden inferior y se focalicen en aquellas más complejas. Facilita la presentación y visualización de resultados. Permite reducir el tiempo de dedicación de la docencia destinado a tareas más rutinarias y de gestión para dedicarlo al desarrollo de contenidos y métodos de enseñanza y a la atención más personalizada del alumnado. Podría favorecer la adaptación de la educación al alumnado con necesidades especiales.
	Retos	Puede generar contenidos erróneos o sesgados, además de ofensivos, discriminatorios o antiéticos. Además, no siempre ofrece respuestas adecuadas para la resolución de muchos de los problemas del mundo real. Puede amplificar los problemas relacionados con la desigualdad, la pobreza digital o el riesgo de exclusión del alumnado o los centros poco capacitados digitalmente, así como de contenidos referidos a problemáticas locales o a población o lenguas minoritarias. Plantea importantes desafíos relacionados con la seguridad y confiabilidad de los resultados, la privacidad de los datos o los derechos de autor, entre otros. El profesorado requiere formación y competencias sobre los conceptos básicos de la IA (enseñar sobre la IA), sobre los desafíos y oportunidades de este tipo de herramientas para el aprendizaje (enseñar para la IA) y sobre su aplicación en el contexto educativo (enseñar con la IA). El sistema educativo y los programas de formación permanente han de dotar al alumnado de competencias que permitan aprovechar las bondades de la IA y gestionar los riesgos que entrañan a partir de valores éticos, humanísticos y de pensamiento crítico. Dado que el avance de la IA es imparable, es importante que sigan adoptándose medidas en paralelo al crecimiento y mejora de las herramientas. Sería necesario hacer evaluaciones continuadas sobre los impactos de la IA en la educación con el fin de conocer las bondades y problemas reales que está generando en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje. Es necesario establecer mecanismos de colaboración y gobernanza entre los distintos actores implicados en el ámbito educativo.

RECUADRO 28. IMPACTOS SOCIALES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL *(Continuación)*

Impactos de la IA en las políticas de bienestar y protección social

La utilización de la IA y el *big data* en la gestión de la Seguridad Social	**Oportunidades**	El ingente volumen de datos y procesos administrativos que genera la Seguridad Social y el hecho de que se trate de una de las administraciones más cercanas a la ciudadanía la convierten en un entorno especialmente propicio para la adopción de tecnologías basadas en IA y del *big data*. Así, desde hace algunos años se utilizan diferentes herramientas dirigidas fundamentalmente a la automatización de procesos, la optimización de recursos y a la prestación de servicios. El objetivo debe ser mejorar la eficiencia del sistema —reduciendo costes y cargas administrativas—, agilizar la gestión de las prestaciones —reduciendo tiempos de espera y optimizando la planificación— y asignar los recursos en función de las necesidades reales de la población y las tendencias futuras.
	Retos	A pesar de sus múltiples beneficios, la implementación de la IA en la Seguridad Social plantea también importantes desafíos en cuanto a la protección de datos y la privacidad de la información de los ciudadanos, la equidad y la transparencia en la toma de decisiones automatizadas, la adaptación de los empleados públicos a su uso o la exclusión de aquellas personas que carecen de conocimientos y/o recursos para el acceso y uso de las tecnologías necesarias. Es imprescindible contar con un marco regulatorio sólido en este ámbito y con una supervisión humana efectiva que garanticen un uso ético, transparente y equitativo de la IA, evitando sesgos y riesgos y garantizando los derechos de los ciudadanos.
La IA, puente para unos servicios y prestaciones sociales más inclusivos	**Oportunidades**	El uso masivo de datos, su interconexión interadministrativa y el despliegue de herramientas de inteligencia artificial proporcionan a los y las profesionales de los servicios sociales, así como a quienes formulan y planifican políticas de protección y acompañamiento a población vulnerable, un conocimiento empírico profundo, actualizado y preciso sobre las necesidades reales de la población. Este conocimiento ampliado no solo permite detectar con mayor agilidad las carencias o brechas existentes, sino que se convierte en un instrumento clave para diseñar intervenciones y prestaciones sociales más eficaces, equitativas, mejor focalizadas y con mayor capacidad de respuesta ante realidades sociales cambiantes.
	Retos	La incorporación de herramientas de IA en contextos marcados por la sobrecarga profesional y estructural, con el objetivo de incrementar la eficiencia, mejorar la eficacia, reducir cargas administrativas o automatizar procesos de concesión de prestaciones, conlleva el riesgo de generar efectos no deseados y contrarios a los objetivos inicialmente planteados. En ausencia de mecanismos adecuados de transparencia, trazabilidad de datos o supervisión algorítmica, estas tecnologías pueden dar lugar, como ya ha ocurrido en diferentes ámbitos, a decisiones opacas o injustas que se pueden perpetuar en el tiempo, afectando derechos fundamentales como la protección de datos personales, la privacidad, la seguridad, la igualdad y la no discriminación, así como el acceso equitativo a la asistencia social y prestaciones públicas. Todo ello puede contribuir, además, a una progresiva erosión de la confianza ciudadana en las instituciones.

Conclusión

Para aprovechar las ventajas de la utilización de la IA y maximizar su impacto social positivo, especialmente en la gestión de procedimientos, prestaciones y servicios públicos con impacto en los derechos de las personas, queda camino por recorrer. Es necesario impulsar el desarrollo de los instrumentos más idóneos para ello, como la creación de registros públicos de algoritmos; la realización regular de auditorías independientes para prevenir, identificar y corregir posibles sesgos y errores; el fomento de la transparencia y participación ciudadana en la evaluación y mejora de estos sistemas y el avance en el desarrollo de un marco regulatorio claro que guíe el uso ético y responsable de algoritmos, garantizando la equidad y los derechos de la ciudadanía. Especialmente necesario resulta promover la formación y la educación, de manera que el mayor número posible de personas sea conocedor de la IA fiable y reciba formación en la materia, de modo que el desarrollo de esta tecnología contribuya a reducir y no a profundizar las brechas sociales existentes.

Fuente: elaboración propia.

CONSEJO ECONÓMICO
Y SOCIAL **ESPAÑA**

9 788481 884258