



PRESIDENCIA  
DEL GOBIERNO

OFICINA NACIONAL  
DE PROSPECTIVA  
Y ESTRATEGIA

# HISPANIA 2040

ESTADO DE BIENESTAR Y DE FORTALECERSE PARA DADOS RETOS QUE PLANTEA EL ENTORNO Y LAS NUEVAS DEMANDAS A LA SALUD MENTAL DE HÁBITOS SALUDABLES. TODO ELLLO DEBERÁ PRODUCIR QUE REDUCIMOS LA DESIGUALDAD EN UN ENTORNO GLOBALIZADO, CARACTERIZADO POR LAS GRANDES TECNOLOGÍAS Y NUEVOS

CÓMO LA  
INTELIGENCIA  
ARTIFICIAL  
MEJORARÁ  
NUESTRO  
FUTURO

Citación recomendada:

Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia del Gobierno de España (coord). HispanIA 2040: cómo la inteligencia artificial mejorará nuestro futuro. Madrid, 2025.

NIPO: 143-25-001-7

Más información en [www.futuros.gob.es](http://www.futuros.gob.es).

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado  
(<https://cpage.mpr.gob.es/>)

# HISPANIA 2040

CÓMO LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL  
MEJORARÁ NUESTRO FUTURO



**HISPANIA** 2040

El texto y las imágenes de este proyecto se han realizado con la ayuda de una IA.

# PRÓLOGO

El *algo* no se convertirá en *alguien*. Al menos, no en las próximas décadas. Esa inteligencia artificial general que Hollywood proyecta, Silicon Valley promete, y la ciudadanía imagina –a veces con ilusión, a menudo con temor– todavía no existe. Es probable que no llegue a existir en este siglo. Esa demora es, a mi juicio, una buena noticia. Significa que los gobiernos y la sociedad civil aún tenemos tiempo. Tiempo para debatir y legislar. Tiempo para fijar los límites de esta tecnología. Debemos ser conscientes de que una IA desgobernada podría destruir empleo y aumentar la desigualdad. Podría incluso degradar nuestras democracias. Pero podría servir para hacer justo lo contrario. Si fijamos las prioridades correctas. Si somos valientes.

De eso trata este estudio. Existen muchos trabajos sobre cómo acelerar el desarrollo y uso de la IA. Este es uno de los pocos que reflexiona sobre *por qué* y *para qué* debemos hacerlo. Apoyándose en una amplia evidencia empírica y el conocimiento de una docena de expertos, muestra cómo esta tecnología puede ayudar a España a superar muchos de los desafíos estructurales: el envejecimiento demográfico, la emergencia climática o la demanda creciente de servicios públicos; y a consolidarse como uno de los países más prósperos, justos y sostenibles del mundo.

Por eso, España no debe temer ni combatir la IA. Debe liderar su adopción, reivindicando una IA responsable, transparente, sometida al control de los poderes públicos y orientada al bien común. Una IA destinada no a aumentar los beneficios y el poder de unas cuantas corporaciones internacionales, sino a ayudar a los trabajadores, a reforzar nuestra democracia, y a mejorar nuestro estado de bienestar. La posibilidad existe. Está en nuestras manos lograrlo.

Pedro Sánchez Pérez-Castejón  
Presidente del Gobierno de España

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "P. Sánchez" followed by a stylized surname.

# ÍNDICE

**00** Pág 06

**RESUMEN  
EJECUTIVO**

**01** Pág 09

**INTRODUCCIÓN:  
CÓMO LA IA  
MEJORARÁ NUESTRO  
BIENESTAR FUTURO**

**02** Pág 16

**MODERNIZAR EL  
TEJIDO PRODUCTIVO**

**03** Pág 24

**FORTALECER  
EL ESTADO DE  
BIENESTAR**

**04** Pág 33

**ALCANZAR LA  
SOSTENIBILIDAD  
MEDIOAMBIENTAL**

**05** Pág 39

**REFORZAR LOS  
SISTEMAS DE  
SEGURIDAD Y  
LA DEFENSA**

**06** Pág 44

**REDUCIR LA  
DESIGUALDAD**

**07** Pág 50

**DOCE ACCIONES  
PRIORITARIAS**

**08** Pág 54

**APUNTES  
METODOLÓGICOS**

**09** Pág 61

**REFERENCIAS**

**10** Pág 83

**COLABORACIONES**

# RESUMEN EJECUTIVO

## LOS DESAFÍOS QUE TENEMOS COMO PAÍS

De aquí a 2040, España deberá acelerar la modernización de su tejido productivo y sus servicios públicos si aspira a seguir mejorando los niveles de bienestar de su población. La reducción de la fuerza laboral provocada por el envejecimiento demográfico, junto con la transición hacia un modelo de producción y consumo más respetuoso con el medio ambiente, convierten el aumento de la productividad en la única vía para cerrar la brecha de renta con los países más avanzados de Europa. Nuestro estado de bienestar también tendrá que fortalecerse para dar respuesta a los retos que plantea el propio envejecimiento y las nuevas demandas sociales ligadas a la salud mental, el desarrollo de hábitos saludables o la formación a lo largo de la vida. Y todo ello deberá producirse al tiempo que reducimos la desigualdad y navegamos un entorno global muy incierto, caracterizado por la inestabilidad política en varias partes del mundo, la pugna entre las grandes potencias por la supremacía tecnológica y el auge de nuevos ámbitos de disputa como el ciberespacio o las redes sociales.

## LAS OPORTUNIDADES QUE OFRECE LA IA PARA RESOLVERLOS

La Inteligencia Artificial (IA) emerge como una de las herramientas con mayor potencial para ayudarnos a lidiar con estos desafíos. Incluso en su estado actual de desarrollo, la IA nos permitirá ser más productivos y realizar algunas tareas con mayor rapidez y calidad que si las hicieramos solos. En sectores como el comercio, la consultoría o el transporte, su uso para tareas de redacción y atención al cliente podría generar, en media, ganancias de eficiencia de hasta el 13%.

En la sanidad, los sistemas de IA reducirán significativamente la carga administrativa de los profesionales sanitarios, permitiéndonos avanzar hacia unos servicios más ágiles y personalizados. En el caso de la atención primaria, el uso de esta tecnología podría liberarlos de hasta 5 consultas al día, mientras que en la atención especializada podría reducir las listas de espera en 22 días. Algo similar ocurrirá en el ámbito educativo. Parte del trabajo burocrático que, a día de hoy, asumen los docentes pasará a ser realizado por sistemas inteligentes. De este modo, los profesores podrían disponer de hasta un día más a la semana para ofrecer un aprendizaje individualizado, formarse o participar en la gestión del centro. Estos mismos sistemas utilizados por el alumnado como herramienta de apoyo podrían mejorar su rendimiento en matemáticas como si hubiesen recibido medio año más de escolarización. La IA también hará más eficiente el fun-

cionamiento de las Administraciones públicas al agilizar los procesos judiciales y la concesión de prestaciones sociales, simplificar trámites y permitir a los empleados públicos ofrecer un servicio más adaptado a las necesidades de la ciudadanía.

En paralelo, la IA nos allanará el terreno hacia la sostenibilidad medioambiental. Nos permitirá mejorar el diseño y la gestión de los sistemas de producción y almacenamiento energético, reducir la huella climática del transporte y hacer un consumo más racional de los recursos naturales. En el campo de la movilidad, su uso en la optimización del tráfico podría generar una reducción del volumen de emisiones similar a las que ocasionan 905.000 coches en un viaje diario de 50km durante todo un año. En la gestión del agua, las ventajas que ofrece también son cuantiosas, y van desde reducir en un 70% las pérdidas en las redes de suministro hasta conseguir un ahorro hídrico del 20% en los sistemas de regadío. Solo con instalar sistemas de IA en el 15% de nuestras explotaciones agrarias lograríamos un ahorro anual equivalente a dos veces el consumo de agua de la ciudad de Madrid.

Esta tecnología nos brinda, además, la oportunidad de sofisticar nuestros sistemas de seguridad y defensa. Mediante estas aplicaciones inteligentes, podremos anticipar amenazas ciberneticas, identificar patrones delictivos y reducir el riesgo de reincidencia en casos de violencia de género. A su vez, la IA puede ser de gran utilidad en la optimización de equipos y recursos militares, el control aduanero y la gestión de emergencias por desastres naturales o ataques terroristas.

A diferencia de otras innovaciones anteriores, la IA no tiene por qué beneficiar solo a los trabajadores con mayor formación y capacidad para entender la tecnología. Bien desplegada, podría convertirse en un revulsivo para las clases medias de nuestro país y complementar el trabajo de hasta un 65% de la población ocupada. Gracias a ella, cuestiones como programar una app, vender un producto por internet, gestionar facturas o redactar un documento son hoy más accesibles para la mayoría de la población, y habilidades como la empatía, la capacidad de comunicación o la inteligencia emocional, no siempre ligadas al nivel educativo, resultan cada vez más relevantes e imprescindibles.

## LAS LÍNEAS ESTRATÉGICAS PARA LOGRARLO

La IA no solo generará beneficios. Su despliegue también lleva aparejados desafíos importantes que será necesario abordar.

En primer lugar, debemos conseguir que la adopten la mayoría de empresas y trabajadores de nuestro país, y que llegue a las principales áreas de nuestro estado de bienestar. De no ser así, podríamos perder competitividad, generar menos empleo a largo plazo, y ver agravadas las desigualdades. Para evitarlo, tendremos que aumentar las ayudas e incentivos para la incorporación de la IA en las pymes, mejorar la formación y la atracción de talento en tecnologías avanzadas, y reforzar nuestras capacidades en computación e infraestructuras de datos. Asimismo, será necesario promover la investigación en áreas estratégicas como la biotecnología o la ciberseguridad, crear un sistema de datos integrados e interoperables que facilite su uso entre territorios y servicios públicos, e impulsar el desarrollo de modelos propios de IA que nos permitan adaptarla a nuestras necesidades.

Este despliegue debe producirse además siguiendo criterios éticos y responsables, de modo que se preserve la privacidad, la propiedad intelectual y la protección de los datos, y se garantice la

transparencia de los algoritmos en aras de no amplificar los sesgos y brechas sociales ya existentes, e incurrir en injusticias.

También tendremos que vigilar la huella ambiental que supone la implementación de la IA en suelo español a través de la investigación en algoritmos verdes y el desarrollo de modelos más pequeños y sostenibles. Y modernizar nuestras capacidades de seguridad y defensa ante las nuevas amenazas digitales, reforzando nuestros sistemas de respuesta frente a ciberataques y promoviendo un acuerdo internacional que garantice el control humano sobre los sistemas de armas autónomos.

Las oportunidades que ofrece la IA son múltiples y, si las aprovechamos de manera responsable, deberían compensar con creces sus posibles efectos negativos y ayudarnos a conseguir una sociedad más próspera, más justa y con una mejor calidad de vida. Está en nuestras manos hacerlo realidad. ■

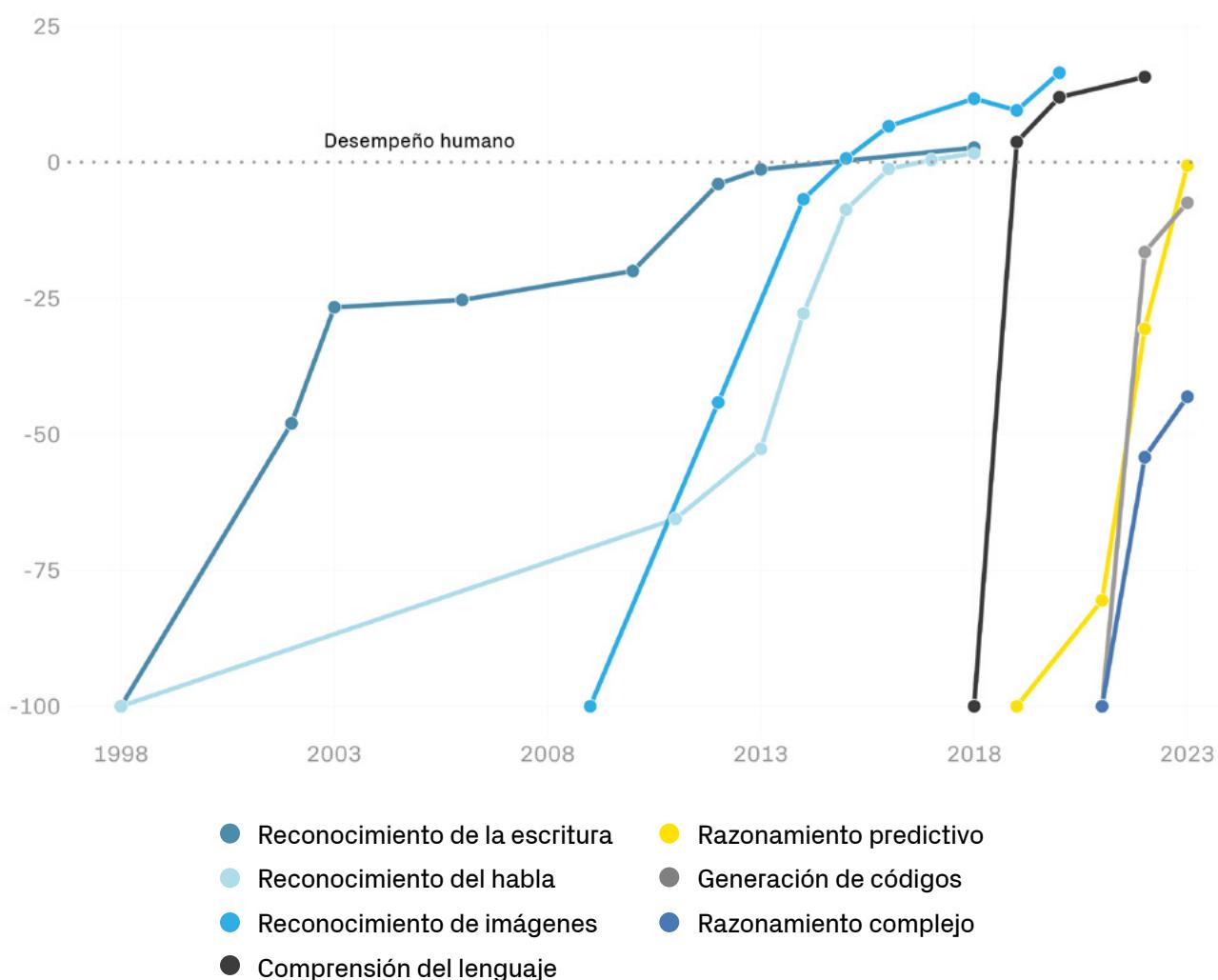
INTRODUCCIÓN

# CÓMO LA IA MEJORARÁ NUESTRO BIENESTAR FUTURO

Hace apenas treinta años, imaginar una máquina capaz de replicar la inteligencia humana era pensar en el ordenador Deep Blue ganando una partida de ajedrez al campeón del mundo Garri Kaspárov. En aquel entonces, ese era el techo que un sistema inteligente podía alcanzar en su competición con los humanos. Hoy, la IA ha superado con creces ese límite y ya existen aplicaciones capaces de entender nuestro lenguaje, escribir ensayos originales, diagnosticar un cáncer a partir de una fotografía o tomar algunas decisiones de una forma muy parecida a cómo lo haríamos nosotros.<sup>1</sup>

Esta transformación en tan pocos años ha sido posible gracias a la combinación de más datos, ordenadores más potentes, algoritmos más sofisticados y una fuerte inversión por parte de las grandes empresas tecnológicas del mundo.<sup>2</sup> Su acercamiento a la inteligencia humana hace que la mayoría de la población la vea con temor y que muchos piensen que una IA omnipotente, capaz de sustituirnos y, lo que es peor, controlarnos, es posible.<sup>3</sup> Sin embargo, esta IA no existe y, aunque la incertidumbre es alta, la mayoría de expertos coincide en que no existirá en este siglo [Fig. 1].<sup>4</sup>

**Fig. 1** Evaluación del rendimiento de sistemas de IA comparado con el desempeño humano

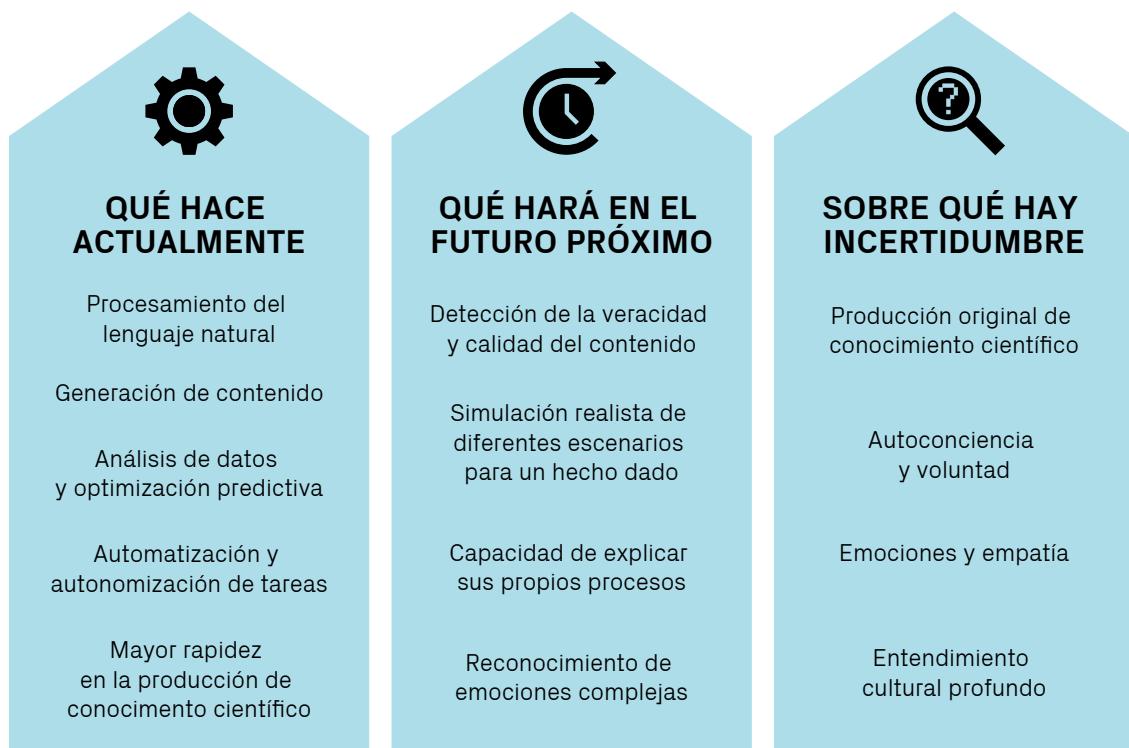


Fuente: Elaboración propia a partir de *Our World in Data* y Privitera, *et al.*<sup>5</sup>

Esto no significa que estos sistemas no vayan a revolucionar nuestras vidas durante los próximos años. Al igual que lo hicieron la electricidad, el motor de combustión o internet, la IA está llamada a convertirse en una tecnología de alcance general capaz de transformar modelos enteros de producción, hacer multitud de procesos más eficientes y cambiar nuestra manera de aprender, trabajar y consumir.<sup>6</sup>

Ahora bien, de ahí a que sea capaz de replicar la complejidad de nuestro cerebro y superar el nivel agregado de inteligencia y habilidades que tenemos, hay un trecho. Los humanos siempre podremos inventar tareas nuevas, cada vez más sofisticadas, a las que la tecnología tardará en llegar.<sup>7</sup> Nuestro instinto, creatividad, empatía y conciencia son difícilmente replicables. Porque si algo nos hace diferentes, es que somos seres sociales y eso convierte nuestras experiencias vitales en poco comparables a las de un sistema inteligente, por muy autónomo que este sea. *El algo nunca será alguien* [Fig. 2].

**Fig. 2** Resumen de las capacidades de la IA



Fuente: Elaboración propia.<sup>8</sup>

España no debe temer a la IA. Todo lo contrario: debe facilitar su despliegue en un contexto marcado por el envejecimiento demográfico, la emergencia climática y la creciente pugna por la supremacía tecnológica. No hacerlo supondría un hándicap importante para su competitividad y prosperidad futuras. Esta tecnología no solo nos ayudará a ser más eficientes y productivos, sino que, con el mismo esfuerzo, nos permitirá llegar mucho más lejos. Las posibilidades que ofrece son enormes y van desde la eliminación de tareas rutinarias y la simplificación de miles de trámites burocráticos hasta la personalización de tratamientos médicos o la optimización del transporte urbano.

Pero su adopción no debe realizarse a cualquier precio. La IA no puede convertirse en una fuente de enriquecimiento para unos pocos, ni desarrollarse al margen de las necesidades de la sociedad y de los cauces de supervisión pública de modo que estos sistemas se transformen en cajas negras fuera del control humano. Su despliegue debe realizarse de forma segura y responsable, y garantizando que sus beneficios lleguen a todos los territorios, hogares y empresas.<sup>9</sup>

El debate ético en torno a esta tecnología no reside solo en la necesidad de asegurar que los algoritmos sean transparentes, se nutran de datos de calidad y no repliquen sesgos. Va más allá. Pasa por definir qué parcelas de nuestra vida queremos que invada y cuáles no porque compromete nuestra privacidad o directamente nos deshumaniza. Por ejemplo, en una sentencia judicial, ¿queremos que una IA tome la decisión o preferimos mantener el juicio experto del juez? En decisiones médicas críticas, ¿queremos que sea la IA la que nos diga que tenemos una enfermedad grave o preferimos que lo haga un profesional que nos acompañe durante el trance? ¿Nos sentiríamos cómodos si todo el proceso de selección laboral dependiera únicamente de una IA? Aun cuando la tecnología pueda hacer estas tareas de una manera más rápida y eficiente que un humano, está en nuestras manos decidir si queremos delegar en ella estas funciones.<sup>10</sup>

## LA POSICIÓN DE ESPAÑA PARA AFRONTAR LA CARRERA DE LA IA

España no parte de cero en la carrera de la IA. Estamos entre los 30 países del mundo mejor preparados para adoptar esta tecnología según los principales *rankings* internacionales, contamos con una red de infraestructuras digitales puntera, la mayoría de nuestra población dispone de habilidades digitales básicas, y el 40% de las empresas grandes y el 8% de las pymes ya han empezado a incorporarla en sus negocios, superando en ambos casos la media europea [Fig. 3].

El próximo paso es posicionarnos como un país europeo de referencia en este ámbito. Para ello, debemos mejorar la formación y la atracción de talento en tecnologías avanzadas, redoblar los esfuerzos en innovación, facilitar la integración de la IA en el tejido empresarial y la Administración pública, y crear las capacidades necesarias para desarrollar modelos propios.<sup>11</sup> El siguiente cuadro de indicadores recoge 10 objetivos que España debería alcanzar de aquí a 2040 para conseguirlo [Fig. 4].

**Fig. 3** Posición relativa de España en los indicadores de preparación para la adopción y el desarrollo de la IA

#### Comparativa internacional

AI Preparedness Index (FMI)



AI Readiness Index (Oxford)



Índice Global de IA (Tortoise Media)



#### Comparativa europea

Población con habilidades digitales básicas



Graduados STEM por cada 1.000 habitantes



PYMEs que usan IA



Grandes Empresas que usan IA



Índice de Economía y Sociedad Digital (DESI)



Nº de Ordenadores de Supercomputación



Índice Global de Ciberseguridad



● España      ● UE-27      ● UE-8      ● Otros países

Fuente: Elaboración propia a partir de distintas bases de datos públicas.<sup>12</sup>

**Fig. 4** Cuadro de indicadores y objetivos

INDICADORES	LUGAR	2010-2020	ÚLTIMO	OBJETIVOS	
			DATO DISPONIBLE	2030	2040
01. Habilidades digitales de la población	ESPAÑA	55%	66%	75%	100%
	UE-8	69%	67%		
	UE-27	55%	56%		
02. Estudiantes superiores graduados en STEM (por 1.000 personas entre 20 y 29 años)	ESPAÑA	20,6	23,0	27,0	30,0
	UE-8	19,9	23,5		
	UE-27	19,8	23,0		
03. Pymes que ofrecen formación en TIC (entre 10 y 249 empleados)	ESPAÑA	20%	19%	25%	35%
	UE-8	27%	27%		
	UE-27	19%	21%		
04. Inversión en productos de la propiedad intelectual (% del PIB)	ESPAÑA	3,3%	3,5%	4,5%	5,5%
	UE-8	4,6%	5,2%		
	UE-27	3,5%	4,4%		
05. Penetración de la IA en pymes (entre 10 y 249 empleados)	ESPAÑA	---	8,3%	25%	75%
	UE-8	---	11,1%		
	UE-27	---	7,4%		
06. Pymes con especialistas TIC (entre 10 y 249 empleados)	ESPAÑA	20%	15%	22%	30%
	UE-8	22%	25%		
	UE-27	18%	19%		
07. Empleo en sectores intensivos en tecnología y conocimiento	ESPAÑA	3,7%	4,4%	5,0%	5,8%
	UE-8	4,7%	5,8%		
	UE-27	4,0%	5,0%		
08. Peso mujeres en ocupaciones TIC	ESPAÑA	18%	20%	25%	30%
	UE-8	18%	21%		
	UE-27	17%	19%		
09. Exportaciones de bienes de alto valor tecnológico	ESPAÑA	5%	8%	12%	18%
	UE-8	14%	14%		
	UE-27	16%	17%		
10. Interacción por internet con autoridades públicas (últimos 12 meses)	ESPAÑA	49%	61%	75%	90%
	UE-8	69%	74%		
	UE-27	47%	54%		

Fuente: Elaboración propia.<sup>13</sup>

## EL PROPÓSITO DE *HISPANIA 2040*: CÓMO LA IA NOS PUEDE AYUDAR A AFRONTAR LOS DESAFIOS DE ESPAÑA EN EL LARGO PLAZO

Hasta la fecha, se han publicado multitud de estudios sobre cómo impulsar la adopción de la IA en el mundo. En la Unión Europea, todos los países cuentan con planes diseñados para promover la expansión de esta tecnología en el tejido productivo y los servicios públicos.<sup>14</sup> En España, la *Estrategia de Inteligencia Artificial 2024* sienta las bases para que esto sea una realidad a medio plazo. *HispanIA 2040* no es un análisis más sobre qué capacidades debemos desarrollar para disponer de un ecosistema de IA puntero en las próximas décadas (el cómo), sino un estudio sobre el potencial que tiene la IA para ayudarnos a resolver algunos de los principales desafíos que afrontaremos en el futuro (el para qué) y que, de forma pormenorizada, hemos abordado en *España 2050*.<sup>15</sup>

El proyecto se articula en torno a cinco ejes de análisis:

- Modernizar el tejido productivo
- Fortalecer el estado de bienestar
- Alcanzar la sostenibilidad medioambiental
- Reforzar los sistemas de seguridad y la defensa
- Reducir la desigualdad

Y lo hace guiado por tres grandes principios metodológicos:

**Rigor empírico.** El análisis se ha realizado a partir de una revisión exhaustiva de la literatura científica y de los casos de uso para los que la aplicación de la IA ha sido evaluada y existen resultados contrastados. Puede que en unos años esta tecnología consiga alcanzar capacidades que, a día de hoy, todavía no contemplamos, pero para guiar la acción pública creemos que es de mayor utilidad identificar las oportunidades y los retos que presenta en su estado actual de desarrollo.

**Priorización estratégica.** Son muchos los ámbitos en los que la IA puede impactar en nuestra sociedad. De hecho, hay multitud de ejemplos que revelan hasta qué punto la IA ya está presente en nuestras vidas sin que seamos conscientes de ello (eg. en los filtros que aplicamos a las fotos en las redes sociales o las aplicaciones de búsqueda de rutas). Las áreas elegidas responden a un intento de priorizar aquellas cuya importancia relativa para nuestro país es mayor y en las que su impacto además puede ser diferencial.

**Enfoque cuantitativo.** Medir las cosas ayuda a mejorárlas y a entender cuán disruptivo puede ser el impacto de una transformación en marcha. En el caso de la IA, esto es especialmente relevante. Con este objetivo, hemos cuantificado algunos de los efectos que su despliegue puede tener en la productividad laboral, la calidad y la eficiencia de los servicios públicos o la gestión de recursos naturales esenciales como el agua. ■

01

# MODERNIZAR EL TEJIDO PRODUCTIVO



Dos personas realizan tareas pesadas en un almacén con la ayuda de la IA. Con un menor esfuerzo físico, son capaces de mover más cajas y de colocarlas de una forma más eficiente y segura en los lineales de la nave.

De aquí a 2040, España dejará de contar con varios de los motores económicos que le han permitido crecer hasta ahora. El envejecimiento demográfico reducirá nuestra población en edad de trabajar en 1,5 millones, incluso si se logra elevar la tasa de natalidad. La UE seguirá avanzando en integración y número de Estados miembros, lo que significará que dejaremos de ser un receptor neto de fondos comunitarios y nos convertiremos en un contribuyente más, como lo son ya los países más ricos del continente. Al mismo tiempo, los niveles alcanzados en la dotación de capital físico como infraestructuras o vivienda limitarán nuestra capacidad para crecer solo a través de una mayor inversión. Y la necesidad de cumplir con los objetivos climáticos nos obligará a abandonar progresivamente el modelo de explotación basado en la secuencia lineal de extraer, producir, consumir y tirar.<sup>16</sup>

El aumento de las tasas de empleo y de los flujos migratorios nos ayudará a sortear estos desafíos, pero no será suficiente. España tendrá que desarrollar un patrón de crecimiento basado en el incremento de la productividad (es decir, que sea capaz de hacer más con menos recursos humanos, naturales y económicos) y en la fabricación de bienes y servicios complejos de alto valor añadido, que son los que le permitirán mantenerse como una potencia exportadora y competitiva a nivel global.<sup>17</sup>

Una de las herramientas más prometedoras para construir ese nuevo patrón de crecimiento es la IA. Como ocurrió con la electricidad o Internet, el poder transformador de la IA reside en su potencial para convertirse en una tecnología de propósito general, de modo que pueda ser incorporada en sectores muy diversos y generar ganancias de productividad en todos ellos.<sup>18</sup>

La IA puede ayudarnos a realizar tareas con mayor rapidez y precisión que cuando las hacemos nosotros solos. Con ella, actividades que antes requerían mucho tiempo y eran propensas a errores humanos pasan a realizarse con una eficiencia y, en muchos casos, con una calidad superior sin que sean necesarios conocimientos previos de programación. Ya existen aplicaciones de IA generativa que se utilizan para programar, crear contenido escrito y audiovisual, encontrar y analizar información, optimizar procesos de logística y gestión, y realizar trámites burocráticos. **Según nuestras estimaciones y dados los niveles actuales de adopción, las ganancias de productividad laboral ligadas a la agilización de tareas de redacción y atención al cliente podrían alcanzar entre el 4% y el 13%, siendo más altas en ocupaciones de investigación, comunicación, publicidad y consultoría.**<sup>19</sup>

De aquí a 2040, se espera que el desarrollo de la computación cuántica aumente la potencia de la IA, que el número de usuarios de herramientas como *ChatGPT* en nuestro país pase de los 4 millones actuales a más de 17, y que la tecnología sea capaz de realizar otras tareas más complejas como la contabilidad de una empresa, la liquidación de impuestos, el movimiento físico de máquinas o la automatización de líneas enteras de producción. En este caso, las ganancias de eficiencia podrían ser muy superiores, sobre todo si conseguimos que la IA complemente el trabajo de la mayoría de la población.<sup>20</sup>

**Además de ayudarnos a ser más eficientes, la IA nos permitirá impulsar la generación de conocimiento e innovación.** Su capacidad para tratar grandes volúmenes de datos nos permitirá identificar procesos causales que hasta ahora han sido invisibles para el cerebro hu-

mano y desarrollar así nuevos materiales y procedimientos que supondrán un acicate clave para la productividad futura.<sup>21</sup> Por ejemplo, en el campo de la biotecnología, la IA puede predecir la forma en 3D de las proteínas y facilitar el diseño de componentes biológicos con alta precisión, mientras que en el sector farmacéutico ya se aplica para la búsqueda de nuevos medicamentos y principios terapéuticos. Del mismo modo, la IA permite el diseño de enzimas sintéticas capaces de descomponer plásticos o residuos textiles, y se emplea en el ámbito de la ingeniería para comprender mejor la aerodinámica de automóviles y aviones.<sup>22</sup>

La evidencia histórica indica que innovaciones tecnológicas de este calado terminan también generando un círculo virtuoso en el que las ganancias de productividad se traducen en un mayor crecimiento empresarial y en niveles más altos de empleo. Aunque la incertidumbre es alta, los resultados en el caso de la IA no tendrían por qué ser diferentes. A medida que aumente la producción por hora de cada trabajador, lo debería hacer también su salario. Este incremento de rentas permitirá más gasto que, a su vez, se traducirá en una mayor demanda para las empresas, que cubrirán contratando nuevos trabajadores.

Llevamos siglos augurando un incremento del paro estructural causado por la tecnología. En 2013, varios investigadores pronosticaron que los avances en la automatización destruirían hasta la mitad de los empleos de EE. UU. en una o dos décadas. Pero ocurrió más bien lo contrario. La tecnología siempre termina creando más empleos de los que destruye, de ahí que las naciones más tecnificadas del mundo sean también las que tienen tasas de ocupación mayores.<sup>23</sup> Aunque a corto plazo se prevé que la IA elimine algunos empleos, a largo plazo el balance será claramente positivo. Surgirán nuevas ocupaciones ligadas a la propia tecnología y se sofisticarán muchas de las actuales. De hecho, **la evidencia para Europa refleja que son los sectores más expuestos a la IA los que han ganado mayor peso relativo en el mercado laboral durante la última década.**<sup>24</sup>

De todo lo anterior puede extraerse una conclusión clara: los países desarrollados como España no deben temer el despliegue de la IA. Al revés, deben impulsarlo, al ser una de las palancas más prometedoras que tienen para seguir creciendo y prosperando en un contexto marcado por el envejecimiento demográfico, la emergencia climática y la creciente competencia global.

Las economías que sean capaces de integrar la IA en su tejido productivo con más rapidez y amplitud acabarán siendo más prósperas, competitivas y resilientes. Bien implementada, la IA nos ayudará a hacer más con menos. A producir bienes y servicios más complejos, a aumentar nuestras exportaciones y a ganar competitividad al tiempo que mitigamos nuestro impacto ecológico y mejoramos las condiciones laborales de la población.<sup>25</sup>

España ocupa una buena posición de partida en esta carrera.<sup>26</sup> El 9% de nuestras empresas ya han empezado a utilizarla, un porcentaje ligeramente superior al de la media de la UE, y contamos con algunos casos de desarrollo punteros en ámbitos como la separación de residuos, la gestión de equipos de energía renovable o la ciberseguridad.<sup>27</sup> Sin embargo, la mayoría de esas empresas son grandes y pertenecen a sectores de alto perfil tecnológico o ligados al marketing y a la comunicación [Fig. 5]. En 2023, el 40% de las empresas de más de 250 empleados reconocía haber incorporado alguna técnica de IA a sus procesos productivos, frente apenas el 6% de las más pequeñas.<sup>28</sup>

**El primer reto pasa porque la IA llegue también a las pymes y a los sectores tradicionales de menor base tecnológica**, que constituyen el grueso de nuestro tejido productivo.<sup>29</sup>

De lo contrario, la IA podría terminar agravando las desigualdades en nuestro país y derivar en un incremento del poder de mercado de las grandes empresas, lo que distorsionaría la competencia y perjudicaría a los consumidores vía mayores precios o menor calidad del servicio. De igual manera, esta adopción asimétrica podría lastrar nuestra competitividad global, ya que cada vez más países están acelerando la adopción de esta tecnología y podrían alcanzar antes que nosotros la velocidad de crucero.<sup>30</sup>

**Fig. 5** Penetración de la IA en el tejido productivo de España y Europa, 2023  
(% de empresas de más de 10 empleados con algún tipo de uso de IA)

RAMA DE ACTIVIDAD	ESPAÑA	LÍDERES EUROPEOS
Industria manufacturera	9%	15%
Suministros de energía	13%	19%
Construcción	5%	6%
Comercio	7%	12%
Transporte y almacenamiento	7%	12%
Hostelería	6%	6%
TIC	32%	41%
Act. inmobiliarias y profesionales	15%	26%
Actividades administrativas	9%	12%

Fuente: elaboración propia a partir de Eurostat.<sup>31</sup>

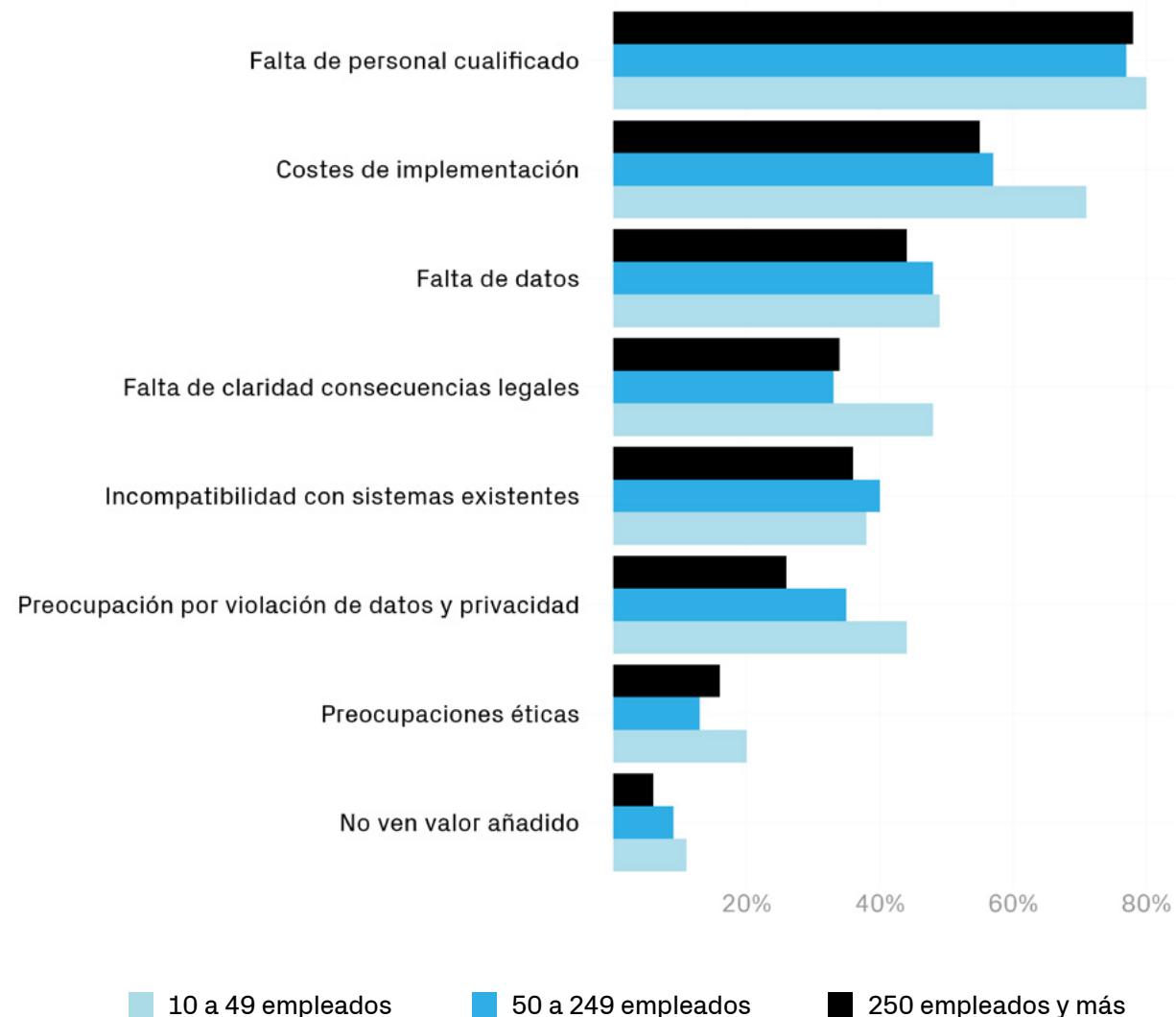
**Un segundo desafío que presenta el despliegue de la IA en nuestro país es la escasez de profesionales cualificados en este ámbito** (ciencia de datos, ingeniería, ciberseguridad, desarrollo de software, etc.). El 80% de las empresas españolas, tanto grandes como pequeñas, señalan la carencia de estos perfiles como una de las principales trabas a las que se enfrentan a la hora de incorporar la IA a sus negocios [Fig. 6]. De hecho, solo el 11% de las empresas entre 10 y 49 empleados tiene en su plantilla especialistas TIC, cuando en países como Dinamarca o Bélgica este porcentaje supera el 30%.<sup>32</sup> El menor nivel educativo de la población trabajadora en España en relación a países europeos del entorno también constituye una barrera para su generalización. No solo es necesario disponer de talento especializado en IA sino que todos los trabajadores deben contar con un cierto nivel de conocimiento y habilidades digitales para aprovechar al máximo las ventajas que esta tecnología ofrece.<sup>33</sup>

**Un tercer reto reside en la necesidad de mantener una infraestructura tecnológica adecuada para que el despliegue llegue a todas las empresas y territorios.** La base de la que disponemos es buena: somos el tercer país de Europa con mejores redes de comunicación; contamos con uno de los superordenadores más potentes a nivel mundial, el *MareNostrum 5*, y ocupamos el cuarto puesto en el *ranking* mundial de ciberseguridad.



Vamos a la peluquería y una IA nos ofrece distintas opciones de peinado según nuestros gustos y lo que mejor nos queda, pero sigue siendo un peluquero quien nos corta el pelo. La tecnología no solo mejora la calidad de los servicios, sino que también complementa el trabajo de muchas profesiones en las que la presencialidad y la empatía son clave.

**Fig. 6** Razones para no adoptar tecnologías de IA por parte de empresas españolas, 2023  
(% sobre el total de empresas que han considerado implementar alguna tecnología de IA)



Fuente: Elaboración propia a partir de Eurostat.<sup>34</sup>

Ahora bien, si queremos hacer una apuesta decidida por la IA, tendremos que seguir fortaleciendo nuestras capacidades con la inversión en nuevos centros de datos y de computación, y facilitando la adquisición de *hardware* y *software* especializados en nuestras empresas. El Estado está llamado a jugar un papel clave en este proceso de desarrollo y adopción.<sup>35</sup> ■



Más productividad, más trabajo en remoto y más flexibilidad horaria. Estos son algunos de los beneficios que tiene la IA para nuestra vida laboral, ya que nos libera de las tareas más rutinarias y nos permite centrarnos en aquellas en las que somos esenciales.

02

# FORTALECER EL ESTADO DE BIENESTAR



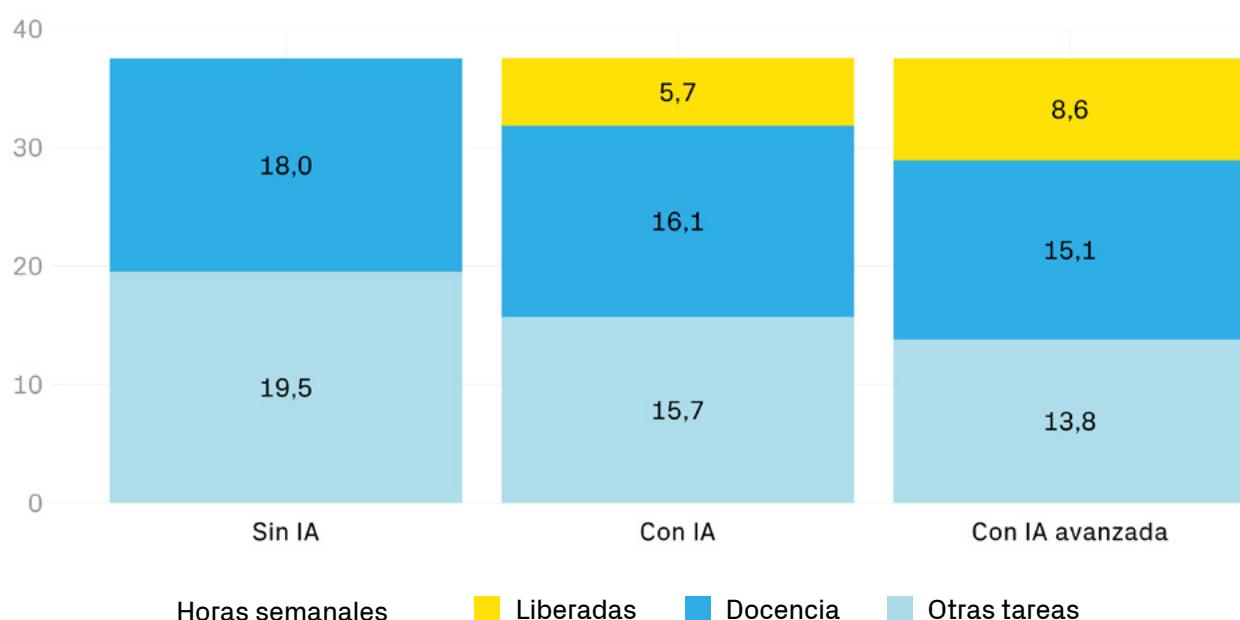
Diagnosticar un cáncer de piel a partir de la foto de un lunar o predecir la progresión del alzhéimer a partir de datos biométricos y test genéticos en un centro de atención primaria. Estas son algunas de las aplicaciones de la IA que hacen nuestro sistema de salud más preventivo y personalizado.

España cuenta con uno de los estados de bienestar más avanzados del mundo, destacado por su universalidad y la amplitud de sus prestaciones y servicios públicos. Sin embargo, el envejecimiento demográfico, el coste de las innovaciones médicas y las nuevas demandas sociales ligadas a la salud mental y el desarrollo de hábitos de vida sanos plantean desafíos importantes para su sostenibilidad de aquí a 2040.<sup>36</sup>

La IA nos ayudará a afrontar estos desafíos y a mejorar la eficacia de nuestras prestaciones y servicios públicos, automatizando tareas, reduciendo la carga administrativa de los trabajadores, y optimizando el funcionamiento de las Administraciones públicas. El despliegue de esta tecnología nos permitirá avanzar hacia un estado de bienestar más ágil, que ponga a la persona en el centro, apueste por la prevención y eleve la satisfacción de la ciudadanía con los servicios recibidos.<sup>37</sup>

**En el campo de la educación, la adopción de la IA cambiará la forma en la que se enseña y evalúa a los estudiantes, y permitirá a los docentes dedicar una parte de su tiempo a tareas pedagógicas de mayor valor.** En España, los profesores de primaria y secundaria dedican en torno al 50% de su jornada laboral a la docencia. El resto lo emplean en preparar clases, corregir trabajos y realizar tareas administrativas. En un futuro cercano, los asistentes virtuales los apoyarán en estas tareas y, según nuestros cálculos, les podrían ahorrar hasta un día de trabajo a la semana, que podrán usar para ofrecer una atención más personalizada al alumnado, seguir formándose o involucrarse más en la gestión de sus centros [Fig. 7].<sup>38</sup> La IA también ayudará a los docentes a identificar problemas de aprendizaje, y a detectar de forma anticipada riesgos de repetición o abandono escolar temprano, como ya empieza a hacerse en Dinamarca, Corea del Sur y EE. UU. En nuestro país, el gobierno gallego ha puesto en marcha un proyecto similar.<sup>39</sup>

**Fig. 7** Impacto potencial de la IA en horas semanales de trabajo para docentes en educación secundaria en España



Fuente: Elaboración propia.<sup>40</sup>



Un asistente virtual integrado en la pizarra de la clase recomienda a cada estudiante qué tareas hacer según su ritmo de aprendizaje. Los docentes disponen de más tiempo para enseñar habilidades esenciales como la creatividad, el trabajo en equipo o hablar en público.

Al mismo tiempo, la IA ayudará a los estudiantes a repasar conceptos, obtener ejemplos para entender mejor una idea o encontrar materiales útiles para hacer un trabajo de clase.<sup>41</sup> En pocos años, el uso de herramientas como *ChatGPT* o *Copilot* estará tan integrado en el día a día del alumnado como lo están hoy Word y Wikipedia. Esto los hará más eficaces en el estudio, y les permitirá centrar sus esfuerzos en el análisis y las relaciones conceptuales y no tanto en la memorización de información anecdótica. Por ejemplo, si lográramos implementar un sistema nacional de tutores virtuales podríamos mejorar el rendimiento educativo en matemáticas hasta en 20 puntos de PISA, lo que equivaldría a medio año de escolarización.<sup>42</sup>

**Otro ámbito del estado de bienestar que la IA nos ayudará a mejorar es el sanitario.** En las próximas décadas, España tendrá que hacer frente a un acusado envejecimiento de su población que, por sí solo, podría aumentar el gasto público en sanidad hasta en 1 punto de PIB. Este fenómeno se verá agravado por una presión creciente sobre los recursos financieros disponibles y una mayor prevalencia de enfermedades como el alzheimer, el cáncer o la depresión.<sup>43</sup>

Bien empleada, la IA nos permitirá hacer frente a estos retos y elevar la calidad de la atención sanitaria: digitalizando historiales clínicos, prediciendo la progresión de ciertas enfermedades a partir de datos biomédicos y test genéticos, identificando anomalías que podrían pasar desapercibidas para el personal sanitario, y dándole al paciente información accesible para favorecer el desarrollo de hábitos saludables.<sup>44</sup> En España, ya hay hospitales que usan la IA para detectar el riesgo de cáncer de una forma más rápida y eficaz que con métodos tradicionales, salvando vidas y reduciendo costes del Sistema Nacional de Salud.<sup>45</sup> En los próximos años, estas aplicaciones llegarán a todos los centros y ayudarán a los profesionales sanitarios a diagnosticar la aparición de afecciones cardíacas, respiratorias y neurológicas, y a monitorizar pacientes con problemas de salud mental, con menos gasto, menos molestias y más meses de antelación.<sup>46</sup> Esto nos permitirá transitar de un modelo de atención centrado en el tratamiento de eventos agudos a uno más personalizado basado en la prevención y el seguimiento de enfermedades crónicas.

La IA hará posible el avance de la telemedicina, el monitoreo en remoto de pacientes con dolencias crónicas como el asma o la diabetes, el desarrollo de terapias y tratamientos personalizados, y la producción de nuevos fármacos más efectivos y con menos efectos secundarios.<sup>47</sup> Esta tecnología también se usará para gestionar de forma más eficiente los recursos hospitalarios, anticipando picos de demanda, optimizando la programación de cirugías y camas UCI, agilizando los procesos de triaje, y distribuyendo de forma más eficiente el tiempo de los profesionales sanitarios. Ello redundará en una mayor calidad del servicio prestado y en mejores condiciones de trabajo para el personal sanitario.<sup>48</sup>

En España, los médicos de atención primaria dedican una cuarta parte de su tiempo de consulta a escribir o resolver tareas burocráticas. La IA les ayudará a realizar estas tareas más rápido y a sistematizar buena parte del trabajo de registro de información escrita, pudiendo liberarlos, según nuestros cálculos, de 5 consultas al día. Lo mismo ocurrirá en muchas consultas de atención especializada. Por ejemplo, en el caso de neurología, la especialidad con más tiempo de espera actualmente, el uso de la IA podría adelantar la atención entre 9 y 22 días, mientras que, en oftalmología, la especialidad con más pacientes en espera, las listas podrían reducirse en más de 100.000 personas.<sup>49</sup>



Un robot con IA asiste a una persona en situación de dependencia a la hora de la comida. Envejecer en casa es más fácil gracias a la tecnología: permite el monitoreo diario de nuestro estado de salud, nos ayuda en tareas cotidianas y nos estimula para mantener la mente activa.

**La IA también nos ayudará a modernizar el sistema de cuidados, el cuarto pilar de nuestro estado de bienestar.** En 2040, en España habrá más de 2 millones de personas dependientes en edades avanzadas.<sup>50</sup> Los robots y los sistemas de acompañamiento gestionados por IA permitirán monitorizar a estas personas en tiempo real y asistirlas en labores cotidianas como la preparación de alimentos, la limpieza del hogar, la toma de medicamentos o la realización de ejercicio físico.<sup>51</sup> También les ayudarán a mantenerse mentalmente activos y a combatir la soledad no deseada, que a finales de la próxima década podría afectar al menos al 17% de las personas mayores de 65 años.<sup>52</sup>

**En un sentido más amplio, la IA hará el funcionamiento de las Administraciones públicas más eficiente y agilizará la mayoría de trámites burocráticos.** De formas diversas: aumentando la precisión y la rapidez en la concesión de prestaciones sociales como el Ingreso Mínimo Vital o la ayuda por desempleo, identificando situaciones de riesgo de exclusión social, respondiendo las dudas de la ciudadanía mediante *chatbots* y aplicaciones, y detectando casos de fraude.<sup>53</sup> La Agencia Tributaria ya está empleando esta tecnología para responder cuestiones relacionadas, por ejemplo, con el pago del IVA.<sup>54</sup>

Dos áreas de la Administración pública en las que se podrían cosechar ganancias de eficiencia clave son los servicios de empleo y el sistema judicial. Países como Singapur, Dinamarca y Corea del Sur están aplicando la IA para mejorar los procesos de emparejamiento laboral, optimizar los servicios de orientación a desempleados, y reducir el tiempo que estos tardan en encontrar trabajo. Lanbide, el servicio de empleo del País Vasco, también ha empezado a hacerlo.<sup>55</sup> La adopción de estos sistemas por parte del Sistema Nacional de Empleo podría aumentar sus colocaciones hasta en 131.000 personas cada año, lo que podría suponer un ahorro anual en prestaciones por desempleo de casi 850 millones de euros.<sup>56</sup>

Ocurriría algo parecido con el sistema judicial. Estudios recientes sugieren que la IA facilitará la búsqueda de antecedentes y jurisprudencia, acelerará la revisión de documentos y pruebas, liberará a los jueces de tiempo para dedicarse a los casos difíciles y reducirá los plazos de espera.<sup>57</sup>

**Evidentemente, la generalización de este tipo de soluciones no está exenta de desafíos.** El más evidente tiene que ver con que estos sistemas no son infalibles. La IA comete errores y, si no es adecuadamente supervisada, podría incurrir en injusticias severas y dejar fuera de prestaciones sociales y servicios públicos a miles de ciudadanos que los necesitan. Existe el riesgo de que los algoritmos repliquen y amplifiquen sesgos de género, raza, edad o clase social ya integrados en nuestra sociedad o en las bases de datos, perpetuando inequidades y barreras de acceso a ciertos colectivos.<sup>58</sup> Por ejemplo, durante la pandemia, Reino Unido trató de sustituir los exámenes de entrada a la universidad por un algoritmo que asignaba las notas en función de las calificaciones del último año del estudiante y el historial de rendimiento académico del instituto al que asistía. El algoritmo no se llegó a utilizar porque penalizaba al alumnado con un rendimiento educativo alto que acudía a colegios públicos, los cuales tenían, en media, un mayor número de estudiantes y un rendimiento académico histórico más bajo.<sup>59</sup>

Otros desafíos son la conservación y la protección de los datos personales que necesitan estos sistemas para funcionar y que podrían ser víctimas de ataques ciberneticos y malos usos, y la necesidad de garantizar la responsabilidad y transparencia en la toma de decisiones.<sup>60</sup> La ciudadanía tiene derecho a conocer cómo y por qué deciden las Administraciones



En las oficinas de la Agencia Tributaria, asistentes virtuales inteligentes nos ayudan con la declaración de impuestos, haciéndonos la vida más fácil y permitiendo que la atención presencial se refuerce para aquellas cosas que la tecnología no puede resolver.

públicas. Esto puede chocar con la opacidad e inexplicabilidad de muchos algoritmos, dificultando la rendición de cuentas y despertando el rechazo legítimo de la opinión pública.<sup>61</sup>

La buena noticia es que ya se están desarrollando mecanismos técnicos y jurídicos para lidiar con estos riesgos. Europa ha aprobado recientemente leyes pioneras como el Reglamento sobre Inteligencia Artificial (*AI Act*) o el de Protección de Datos (*General Data Protection Regulation*) orientadas a garantizar que la IA se utilice de manera ética, transparente y segura, y está impulsando el desarrollo de opciones como los *sandboxes* regulatorios, las auditorías de los algoritmos y la creación de estándares internacionales para un uso responsable de la tecnología.<sup>62</sup> En España, la Agencia Española de Supervisión de la Inteligencia Artificial (AESIA) persigue velar por el cumplimiento de estos objetivos. El riesgo cero es imposible. Pero está en nuestras manos conseguir que las ganancias que traiga aparejadas la IA superen con creces sus posibles peligros. En el siglo XXI, su generalización podría ser al estado de bienestar lo que fue la expansión de la formación universitaria a las clases medias: un pilar esencial para su sostenimiento y ampliación. ■

03

# ALCANZAR LA SOSTENIBILIDAD MEDIO- AMBIENTAL



Los sistemas de drones y sensores alimentados por IA contribuyen a optimizar el consumo de agua en el campo, detectar problemas en los cultivos y hacer un uso más racional de pesticidas y fertilizantes.

En los próximos 15 años, España tendrá que recortar su huella ecológica casi a la mitad si quiere proteger sus ecosistemas y contribuir a que el planeta evite el colapso medioambiental. Esto implicará reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 63% respecto a los niveles actuales, el consumo de agua en un 13%, y la intensidad en el consumo de energía primaria en un 45%.<sup>63</sup>

Para lograrlo, los españoles y españolas tendremos que cambiar la forma en la que nos movemos, producimos y consumimos bienes y servicios, y nos relacionamos con la naturaleza. Habrá que descarbonizar la generación de energía, rediseñar muchas cadenas de valor, modernizar infraestructuras, y adoptar comportamientos más responsables. Todo ello sin perder bienestar y sin dejar a nadie atrás.

La IA por sí sola no nos dará la ansiada sostenibilidad medioambiental, pero sí nos acercará a ella de numerosas maneras. **De entrada, nos permitirá diseñar y gestionar de forma más eficiente nuestros sistemas de producción, distribución y almacenamiento energético.** En los próximos años, España tendrá que pasar de un modelo “simple” en el que el grueso de la energía se genera en un número reducido de grandes plantas que producen de manera constante pero contaminante, a un modelo más complejo alimentado con millones de aerogeneradores, placas solares y presas que producen energía limpia pero de forma intermitente. Todo ese ecosistema podría estar integrado por una red inteligente (*smart grid*) que conecte España con el resto de Europa y el norte de África, y que tenga en cuenta variables tan diversas como el sol que hace en Portugal al día siguiente o el consumo que tengan los hogares suecos ese fin de semana. El cerebro que coordine esta red y elabore esas proyecciones podría ser una IA.<sup>64</sup>

Esta misma tecnología también será útil para seleccionar las mejores ubicaciones a la hora de instalar nuevas plantas de energía renovable, para que los hogares adapten su consumo energético a la hora del día en la que la luz sea más barata y para mejorar la gestión climática de nuestros edificios, ayudándonos a reducir su consumo energético en más de un 30%. Todo ello significará menos impacto ambiental, menos costes y más competitividad para nuestra economía, que ya está convirtiendo el acceso a energía limpia y barata en una de sus principales fortalezas.<sup>65</sup>

**Otro ámbito en el que la IA podría marcar un antes y un después es el de la movilidad.** Nuestras ciudades son sistemas con grandes ineficiencias. Es fácil ver en ellas taxis circulando en busca de clientes, vehículos parados ante un cruce desierto con el semáforo en rojo, autobuses sin pasajeros, estaciones sin bicicletas ni patinetes, calles atestadas y otras vacías. En países como China, Singapur y Reino Unido, la IA se está usando para procesar los datos de sensores, cámaras y dispositivos GPS, con el objetivo de gestionar el tráfico y los servicios de transporte público en tiempo real.<sup>66</sup> Esto ha permitido reducir sustancialmente los tiempos de desplazamiento, los atascos, y el impacto medioambiental del transporte. En España, el uso de la IA para optimizar la sincronización de los semáforos podría reducir las emisiones generadas por un coche en una intersección en más de un 10%. Lograrlo sería equivalente a reducir las emisiones de 905.000 coches realizando un viaje diario de 50km durante todo un año. El impacto será incluso mayor ya que, en el futuro, gran parte del parque de vehículos español será eléctrico y autónomo. Vitoria-Gasteiz acaba de poner en marcha un sistema piloto para mejorar la fluidez del tráfico mediante tecnología IA.<sup>67</sup>

**La IA también nos ayudará a mejorar la gestión del agua.** En el mundo ya hay sistemas inteligentes capaces de detectar fugas y episodios de contaminación en las redes de distri-



El transporte público con IA es autónomo y capaz de adaptarse a la demanda en tiempo real. En las calles de nuestras ciudades, hay menos coches privados, más espacio libre para los peatones y menos contaminación.

bución y de reducir este tipo de incidencias hasta en un 70%. Si los instalásemos en nuestras ciudades, podríamos ahorrar unos 486 hectómetros cúbicos al año; suficiente para satisfacer el consumo doméstico de toda Andalucía.<sup>68</sup> En el campo, las ganancias serían aún mayores. Existen sistemas de riego gestionados por IA que ajustan el goteo de forma automática según la humedad del suelo, la meteorología y el tipo de cultivo, reduciendo el desperdicio y logrando un ahorro hídrico de hasta el 20%. Solo con instalar estos sistemas en el 15% de nuestras explotaciones agrarias, lograríamos un ahorro anual equivalente a dos veces el consumo de la ciudad de Madrid, aliviando el fantasma de la sequía en muchos territorios.<sup>69</sup>

De aquí a 2040, los agricultores también podrán usar la IA para conocer en tiempo real la salud de sus cultivos a través del análisis de imágenes satelitales, ajustar los tiempos de cosecha, determinar la cantidad óptima de fertilizantes y pesticidas, y trabajar sus campos con tractores, cosechadoras y drones autónomos, todo lo cual les ayudará a reducir sus costes de producción, compensar la falta de mano de obra en el mundo rural, y minimizar su huella ambiental.<sup>70</sup>

**Otra de las posibilidades que ofrece la IA es que nos servirá para entender y afrontar mejor los efectos del cambio climático.** La incorporación de esta tecnología a los modelos medioambientales los hará ganar precisión y capacidad predictiva a largo plazo, y sofisticará los sistemas de alerta temprana mediante la identificación de patrones típicos de eventos extremos como huracanes, DANA u olas de calor antes de que se produzcan.<sup>71</sup>

**Naturalmente, no todo serán ventajas.** El desarrollo de la IA también plantea retos adicionales a nuestros ecosistemas. El entrenamiento y el uso de grandes modelos de lenguaje es relativamente intensivo en el consumo de recursos naturales. El año pasado, solo el uso de *ChatGPT* en España consumió unos 15 millones de KWh de electricidad (el equivalente a 4.000 hogares) y unos 112 millones de litros de agua (lo mismo que el mantenimiento de 48 piscinas olímpicas). Más elevada es la demanda de energía y materias primas que requiere la fabricación y el mantenimiento de los equipos informáticos que alimentan la IA.<sup>72</sup> Un centro de datos de tamaño medio necesita tanta agua como tres hospitales juntos y la producción de un microchip requiere de unos 8.000 litros de agua ultrapura.<sup>73</sup> Aunque de aquí a 2040 el aumento esperado en el número de usuarios podría multiplicar por varias veces estos consumos, existe consenso que gran parte del despliegue de la IA se producirá a través de modelos y centros de datos más pequeños, capaces de adaptarse mejor a las necesidades particulares de cada sector de actividad y cuyo consumo de recursos será significativamente menor.<sup>74</sup>

El reciclaje de residuos electrónicos es otro de los desafíos que plantea el despliegue de la IA. El desarrollo de nuevos modelos requerirá contar con equipos de *hardware* cada vez más avanzados y acelerará la obsolescencia de los equipos antiguos, por lo que será necesario aumentar las tasas de reutilización.<sup>75</sup> También existe el riesgo de que se produzca el llamado “efecto rebote” y que las ganancias de eficiencia conseguidas con la propia tecnología no se empleen para reducir nuestra huella medioambiental sino para aumentar nuestra producción y consumo, como ya ocurrió en el pasado con la modernización de los regadíos y el sector del automóvil.<sup>76</sup>

**Sea como fuere, todo apunta a que estos costes se verán superados por las ganancias de eficiencia que nos brindará la IA, y que su aportación a la lucha medioambiental será positiva.** Las tecnologías descritas no son especulaciones: ya existen. El reto consiste ahora en facilitar su adopción para que pueda llegar a todos los territorios, hogares y empresas

de nuestro país y tengan un alto impacto agregado. También reside en seguir desarrollando nuevas aplicaciones de IA y entender que esto es solo el principio. Es probable que, en las próximas décadas, la IA nos dote de nuevas herramientas para combatir la degradación medioambiental con las que hoy apenas soñamos. Por ejemplo, la IA GNoME de Google Deepmind ha permitido descubrir más de 380.000 nuevos materiales estables que en el medio plazo podrían servir para construir nuevas tecnologías e impulsar la economía circular.<sup>77</sup> De forma análoga, investigadores de todo el mundo están usando la IA para adquirir una mejor comprensión de cómo funciona el entorno natural y qué podemos hacer para regenerarlo y proteger la biodiversidad.<sup>78</sup>

Se equivocan quienes creen en el tecno-optimismo y piensan que la innovación tecnológica bastará para frenar el cambio climático. Pero también se equivocan quienes anuncian el final de la abundancia de recursos y auguran un futuro distópico de escasez de alimentos, cortes de agua y privación material. En el futuro, seguiremos viajando, disfrutando de nuestros alimentos preferidos y manteniendo una buena calidad de vida. Pero lo haremos de forma más sostenible, con menos desperdicio, mayor eficiencia y circularidad y, en parte, será gracias a un uso responsable y seguro de la IA. ■

04

# REFORZAR LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y LA DEFENSA



Sistemas de vigilancia basados en IA nos alertan en tiempo real de la presencia de amenazas, embarcaciones sospechosas o posibles incendios, mejorando nuestra capacidad de respuesta y el despliegue de los equipos de seguridad y defensa.

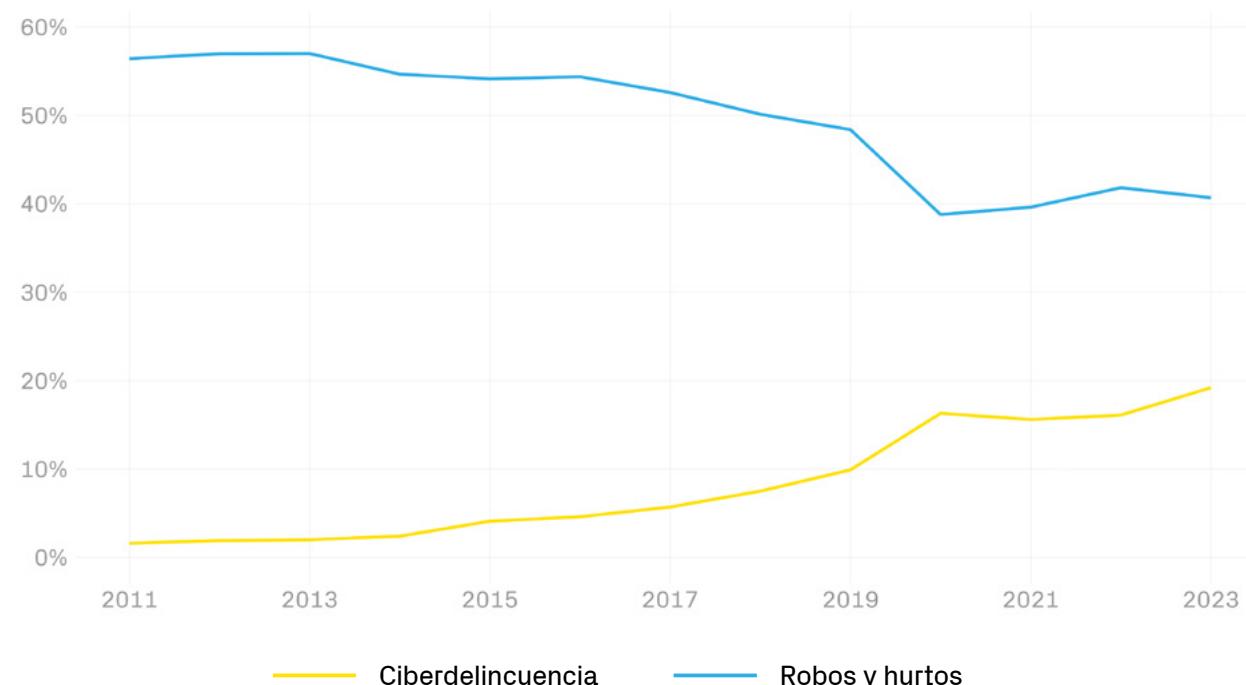
España es uno de los países más seguros del mundo. Nuestra tasa de criminalidad está por debajo de las 50 infracciones penales por cada mil habitantes, nuestra tasa de homicidios es inferior a la de nuestros vecinos europeos, y figuramos en los principales *rankings* globales entre las 25 naciones con mayor seguridad ciudadana y menos violencia.<sup>79</sup>

Sin embargo, la seguridad de nuestro país se inscribe en un contexto geopolítico más amplio, que es cada vez más inestable. En la actualidad, en la vecindad europea hay 16 países que sufren la presencia de grupos terroristas activos, 7 están en guerra, 6 han padecido golpes o intentos de golpes de Estado, y 9 han virado hacia formas más autocráticas de gobierno.<sup>80</sup> Entretanto, se ha producido un incremento drástico de las amenazas digitales en forma de clonaciones de voz, imágenes manipuladas o identidades falsas. Cada día, en nuestro país se producen casi 1.300 ciberdelitos, 300 ataques informáticos y numerosas campañas de desinformación e injerencia extranjera [Fig. 8].<sup>81</sup>

**Las guerras, el terrorismo y la criminalidad se libran cada vez más con ceros y unos, y por eso la IA está llamada a jugar un papel clave en nuestros sistemas de seguridad y defensa.** Esta tecnología cambiará de forma radical las capacidades ofensivas y defensivas de los estados y las organizaciones terroristas y criminales, planteando nuevos desafíos pero también nuevas oportunidades.<sup>82</sup>

Los desafíos pasan, en primer lugar, por una multiplicación drástica de los posibles puntos y métodos de ataque. En un futuro cercano, en el mundo habrá 200 billones de dispositivos conectados, muchos de ellos susceptibles de ser hackeados. El listado incluirá desde una cafetera a una presa hidroeléctrica, pasando por un coche, un lanzamisiles o un microchip, que podrían ser usados para atacar las infraestructuras, la economía o las instituciones públicas de nuestro país.<sup>83</sup>

**Fig. 8** Porcentaje de ciberdelitos y de robos y hurtos sobre el total de infracciones penales



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio del Interior.<sup>84</sup>

A su vez, el bajo coste de algunas aplicaciones de IA reducirá las barreras de entrada de ciertos agentes al ámbito militar y de la seguridad, brindando a estados pequeños y organizaciones terroristas o criminales con recursos limitados la capacidad de dañar a territorios que hasta ahora habían quedado fuera de su alcance.<sup>85</sup> Hablamos de ataques de *ransomware* (secuestro de datos), pero también del hackeo de cuentas bancarias, la generación de *deep fakes* mediante audios y vídeos falsos, el empleo de bots para influir y fracturar la opinión pública, o el uso de la IA para la fabricación de armas biológicas a través del desarrollo de nuevas proteínas con fines dañinos o de la creación de virus peligrosos.<sup>86</sup>

Una amenaza adicional podría derivar de nuestra dependencia de grandes empresas extranjeras en este campo. A día de hoy, Europa solo representa el 7% de todas las patentes de IA y tiene una cuota de mercado en *software* de esta tecnología que no llega al 25%. El grueso de los servicios de IA que utilizamos en España son provistos por empresas con origen y sede en otros países, principalmente en EE. UU.<sup>87</sup> En caso de hipotéticas tensiones futuras, esto podría suponer una gran vulnerabilidad para nuestros sistemas. Hay que tener en cuenta además que el campo de la ciberseguridad y la IA es un caso paradigmático de *winner-take-all market*. Aunque en inferioridad de condiciones, la segunda mejor fragata de guerra del mundo puede constituir un elemento de disuasión o defensa contra la mejor fragata del mundo. No ocurre así con la IA, donde el segundo modelo más avanzado de encriptación serviría de poco contra el primero. De ahí que sea esencial que nuestro país apueste por un desarrollo ambicioso y propio de esta tecnología en colaboración con sus vecinos europeos y otros países afines. El Future Combat Air System (FCAS) representa un avance en esta dirección.<sup>88</sup>

Aunque la IA puede ser utilizada en nuestra contra, también jugará un papel crucial en la protección de nuestro país. En los próximos años, **el despliegue de esta tecnología nos permitirá optimizar nuestros sistemas de seguridad, inteligencia y reacción**. El análisis automático de grandes volúmenes de imágenes obtenidas por satélites, cámaras de videovigilancia y drones nos permitirá detectar amenazas con mayor rapidez y eficacia.<sup>89</sup> Nuestros cuerpos y fuerzas de seguridad del Estado podrán identificar localizaciones geográficas incluso sin que existan etiquetas GPS asociadas, entender conversaciones en entornos muy ruidosos, y monitorizar grandes espacios de costa. De hecho, algunos modelos de IA están siendo creados con el objetivo específico de detectar la piratería marítima mediante el análisis de paradas de barcos poco frecuentes o aproximaciones sospechosas a otras embarcaciones.<sup>90</sup> Las tareas de asistencia fronteriza y la vigilancia aduanera también podrán verse reforzadas gracias, por ejemplo, a una mejor detección de materiales peligrosos en los escáneres o mediante el uso de barcos no tripulados alimentados por IA para proteger y supervisar nuestras costas y bases navales.<sup>91</sup>

**La IA también nos ayudará a identificar patrones delictivos, anticipar la ocurrencia de ciertos delitos en el ámbito digital y desplegar de forma más eficaz los efectivos de la Policía, la Guardia Civil y el Ejército.** Ello podrá hacerse garantizando el derecho a la privacidad de los ciudadanos y evitando que esas decisiones repliquen sesgos que perjudiquen a determinados colectivos. Un caso de uso en este sentido es la detección y la lucha contra la difusión de discursos de odio en las redes sociales a través de modelos de clasificación de los textos y *emojis* contenidos en los mensajes.<sup>92</sup> Otra utilidad es su empleo para combatir la violencia de género. Por ejemplo, el Sistema VioGén (Sistema de Seguimiento Integral de los Casos de Violencia de Género), desarrollado en nuestro país,

permite realizar una valoración del riesgo que las mujeres denunciantes tienen de sufrir una nueva agresión por parte de sus parejas o exparejas. Con esta herramienta, es posible construir algoritmos de predicción de reincidencia y feminicidio, que faciliten la aplicación de los protocolos más adecuados para la protección de la víctima.<sup>93</sup>

**La IA también nos ayudará a combatir la ciberdelincuencia.** Ya existen sistemas capaces de detectar en tiempo real comportamientos anómalos en las redes e identificar softwares maliciosos que no logran ser reconocidos por los sistemas de seguridad informática tradicionales como los antivirus. Mediante tecnología IA, también se pueden bloquear de manera automática los intentos de robo de datos personales, contraseñas o números de tarjetas de crédito por parte de los ciberdelincuentes. Además, la IA puede mejorar significativamente los procedimientos de identificación y acceso de cada usuario a redes y servicios, ajustando, por ejemplo, la solicitud de factores de autenticación (como biométricos) a la criticidad de la aplicación, la ubicación del punto de acceso o el nivel coyuntural de amenaza.<sup>94</sup>

**La optimización de la logística de defensa es otro de los ámbitos en los que la IA presenta un alto potencial.** Utilizando sensores y datos históricos, la IA puede predecir cuándo los vehículos, buques y aeronaves militares necesitan mantenimiento, y realizar un seguimiento recurrente del estado de los motores y los sistemas a bordo. Su uso puede ayudar a sustituir las reparaciones estandarizadas por un mantenimiento mucho más individualizado de los equipos a medida que van surgiendo las averías. Ello puede reportar grandes ventajas en términos de menores tiempos de inactividad y costes de reparación. España ya está desarrollando varios proyectos para eficientar la logística militar a partir de aplicaciones IA. Es el caso del proyecto MPC16 del Ejército del Aire para el mantenimiento predictivo de las aeronaves C16 Eurofighter, el Sistema de Logística predictiva del Ejército de Tierra (SILPE), el gemelo digital integrado en las Fragatas F-110 o el Módulo de Mantenimiento Predictivo Embarcado (MAPRE) aplicable a los buques de la Armada.<sup>95</sup>

**Un último campo en el que la IA puede ser de gran utilidad es la gestión de crisis.** Ante desastres naturales, ataques terroristas u otras situaciones de emergencia, los sistemas de IA pueden analizar información crítica en tiempo real, facilitando el diseño de estrategias de respuesta, optimizando los recursos necesarios en cada momento y mejorando la evaluación de daños.<sup>96</sup> La identificación de ubicaciones seguras para la creación de una base o el trazado de rutas de evacuación son algunas de sus posibles aplicaciones. Estos sistemas inteligentes también pueden servir para desactivar minas y artefactos explosivos, y mejorar las tareas de rescate y evacuación mediante la detección por imagen en entornos oscuros o el despliegue de vehículos autónomos controlados de forma remota y equipados con material médico o alimentos.<sup>97</sup> La capacidad de estos vehículos para llegar rápidamente a zonas de difícil acceso permitirá la localización y el socorro de posibles víctimas y heridos, así como la distribución eficiente de ayuda humanitaria. Algunos vehículos pueden tener brazos robóticos e instrumental médico para tratar heridas o, incluso, realizar una reanimación cardiopulmonar sobre el terreno. ■

05

# REDUCIR LA DESIGUALDAD



Una joven con discapacidad realiza su trabajo con la ayuda de un exoesqueleto en un espacio laboral adaptado a sus necesidades. Gracias a la IA, la discapacidad ya no limita el talento.

España es uno de los países más desiguales de Europa. Lo es desde hace décadas, debido a las particularidades de su patrón de crecimiento, el funcionamiento de su mercado laboral e inmobiliario, y la insuficiente capacidad redistributiva de su estado de bienestar. En los últimos años se han dado pasos importantes para revertir esta tendencia, logrando reducir la desigualdad en un contexto internacional muy adverso, donde ha aumentado en muchos de los países vecinos. Aun así, queda un largo camino por recorrer y la pregunta es si la generalización de la IA hará más fáciles o más difíciles las cosas.<sup>98</sup>

En lo que se refiere a la desigualdad de rentas del trabajo, existen tres posibilidades que dependerán en buena medida de los avances técnicos que se produzcan en los próximos años, el grado de adopción por parte de la población, y las políticas públicas que se apliquen.

## Escenario I: complementariedad para los trabajadores más formados

La primera posibilidad es que se repitan los patrones que se dieron con la llegada de otras tecnologías digitales y que la IA se convierta en un instrumento de ayuda y complementariedad principalmente para la población con mayor nivel educativo.<sup>99</sup> De ser así, la sociedad española se acabaría dividiendo en dos grupos: el de los trabajadores que integrarán la IA en su caja de herramientas y la usarán para ser más productivos, más competitivos y ganar mayores salarios. Y el de los trabajadores que no la adoptarán, ya sea porque están empleados en sectores poco expuestos a la IA o porque no disponen de las habilidades necesarias para hacerlo y, por tanto, se quedarán atrás en la distribución salarial. En este caso, la generalización de la IA terminaría provocando un incremento de la desigualdad de las rentas del trabajo en nuestro país.<sup>100</sup>

## Escenario II: sustitución

Una segunda posibilidad es que el rol sustitutivo de la IA se imponga con creces al de la complementariedad y que la mayoría de trabajadores y trabajadoras cualificados se vean superados por la IA en la realización del grueso de sus tareas laborales, volviéndose menos valiosos o incluso prescindibles. En este escenario, se produciría una caída de los ingresos laborales de la población más formada, no mejoraría los de las rentas medias-bajas, y solo aumentarían los rendimientos de los propietarios del capital y las empresas. La desigualdad caería pero lo haría por una mala causa.<sup>101</sup> Dado el grado de desarrollo actual de la tecnología, es poco probable que esto ocurra de aquí a 2040. La mayoría de empleos cualificados requiere la ejecución coordinada de varias tareas complejas y de naturaleza diversa que ninguna IA puede realizar por sí sola. Algunos expertos vaticinan que esto podría cambiar en pocos años, pero la mayoría coincide en que la llamada inteligencia artificial general, esa capaz de abarcar todas nuestras capacidades y habilidades, está a décadas de distancia.<sup>102</sup>

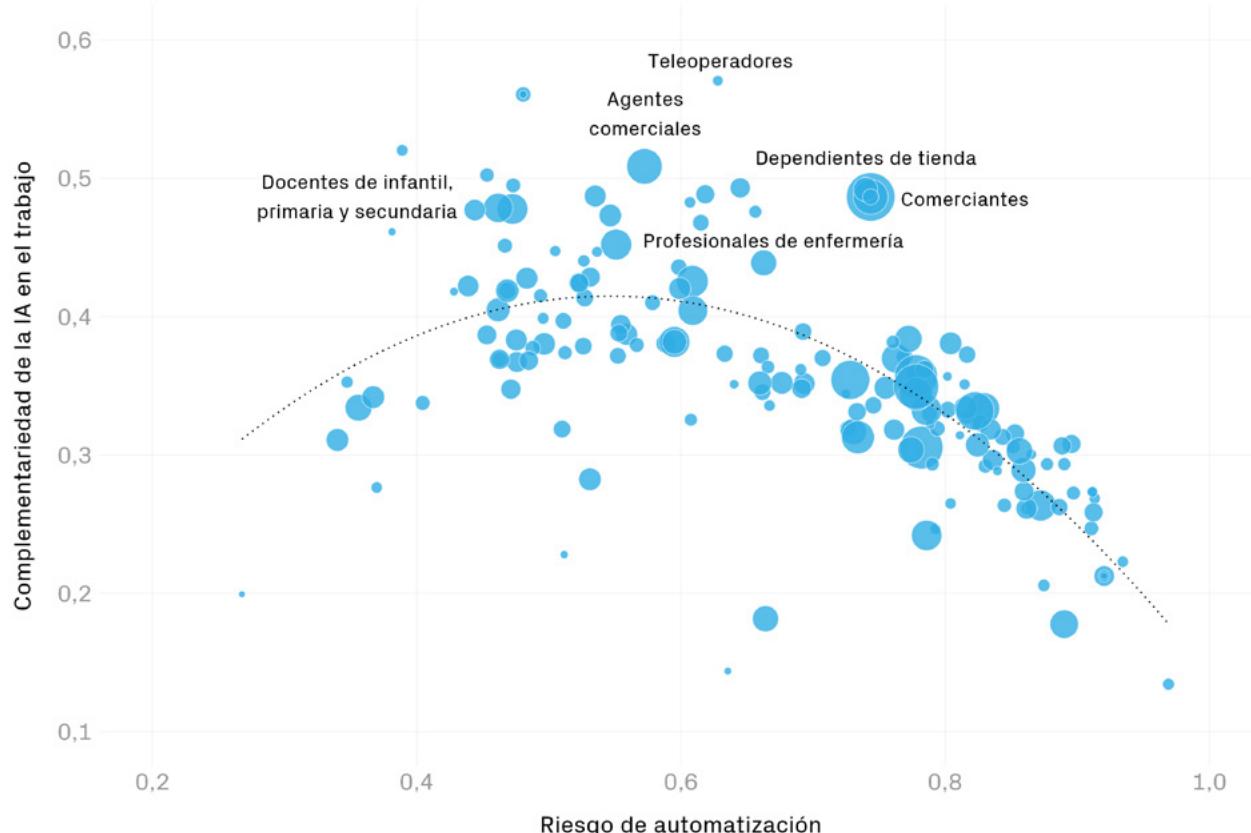
## Escenario III: complementariedad para clases medias

Una tercera posibilidad es que el despliegue de la IA beneficie también y principalmente a los trabajadores con formación media o poca experiencia. En cierto modo, es lo que está ocurriendo con la actual generalización de chatbots, asistentes de programación y generadores audiovisuales. Por ejemplo, *ChatGPT* puede ayudar a alguien que sabe escribir bien a hacerlo

más rápido y ganar algo de productividad. Pero, sobre todo, puede permitir que aquellas personas con mayor dificultad para la escritura produzcan textos de calidad y reduzcan la brecha que les separa de los trabajadores más cualificados. Ocurre lo mismo con otras tareas. Gracias a la IA generativa, cuestiones como programar una *app*, crear un comercio *online*, analizar unos datos, o redactar un informe son hoy más accesibles que antes. En este escenario, la IA no sustituye la pericia de los profesionales con mayor conocimiento y experiencia, sino que dota a los trabajadores con menor cualificación de la capacidad para empezar a hacer tareas con un mayor valor añadido, democratizando el juicio experto.

Esto que diferencia a la IA de otras tecnologías podría contribuir a frenar el debilitamiento de la clase media en nuestro país.<sup>103</sup> De hecho, **los cálculos que hemos realizado para España con investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT) cifran en casi un 65% el porcentaje de la población trabajadora que podría verse complementada y beneficiada por la IA** [Fig.9]. Pensemos, por ejemplo, en un vendedor de una tienda. El riesgo de que la IA sustituya el grueso de las tareas que realiza es bajo. Puede ayudarle con la gestión de inventarios, la realización de pedidos o las ventas por internet, pero seguiremos queriendo que alguien nos recomiende qué comprar o nos dé una solución si no nos gusta lo que hemos adquirido. La IA liberará al vendedor de realizar las tareas más rutinarias y le permitirá centrarse en otras como ofrecer un mejor trato a los clientes. En el caso de un asistente administrativo podría ocurrir algo parecido. Ese trabajador puede pasar de

**Fig. 9 Impacto potencial de la IA en el mercado laboral español  
(el tamaño de las burbujas representa el peso de cada ocupación en el total)**



Fuente: Elaboración propia a partir de INE y Loaiza y Rigobon.<sup>104</sup>

programar citas, mantener archivos o atender llamadas telefónicas a analizar datos, revisar informes o colaborar en la gestión de proyectos. Es esta complementariedad de la tecnología y la mayor importancia que habilidades humanas como la empatía o la presencia tendrán en el futuro lo que puede hacer que la IA termine revitalizando ocupaciones que requieren un nivel formativo medio.<sup>105</sup>

Aun en este escenario, la desigualdad de los ingresos laborales podría aumentar al mejorar las rentas medias y altas mucho más que las bajas, menos expuestas a la tecnología.<sup>106</sup> La diferencia con los otros escenarios es que los efectos positivos del despliegue de la IA sobre la productividad y la renta agregada podrían ser muy superiores, lo que redundaría en mejores servicios públicos y más bienestar para el conjunto de la población.

Es difícil anticipar qué ocurrirá en las próximas décadas. **Lo que sí parece seguro es que la IA provocará un reparto más desigual de la riqueza y las rentas del capital.** Incluso si su adopción beneficia al conjunto del tejido productivo, todo apunta a que serán las empresas de base tecnológica las que extraigan mayor retorno de las inversiones en IA, aumentando la remuneración a sus accionistas y propiciando un aumento de la concentración del capital en unas pocas manos. En cierto modo, ya está ocurriendo: el valor en bolsa de las siete principales empresas tecnológicas de EE. UU. representa más del 25% de la capitalización del índice S&P 500, en el que cotizan más de 500 compañías.<sup>107</sup>

**Tampoco está claro cómo afectará la IA a otras formas de desigualdad, más allá de la estrictamente económica.** Muchos expertos alertan de que su generalización podría tener efectos negativos para determinados grupos sociales, amplificando brechas que existen vinculadas al género, la raza o la clase social. Esto puede producirse por dos motivos. Porque algunos colectivos no aprovechen todas las ventajas que ofrece la tecnología. Por ejemplo, hay evidencia que nos dice que las estudiantes usan menos y peor *ChatGPT* que sus compañeros.<sup>108</sup> O porque los datos de los que se nutren los modelos para entrenarse y operar no sean representativos al incluir sesgos que están presentes en nuestras sociedades, derivando en discriminaciones sistemáticas a la hora de contratar gente, conceder un préstamo bancario, identificar a un criminal o revisar una condena judicial. Ya se han dado multitud de casos.<sup>109</sup>

No obstante, también es verdad que la propia IA está siendo utilizada para identificar y combatir esta clase de sesgos que ya existen en nuestra sociedad, y que es más realista imaginar un futuro en el que los ordenadores hayan alcanzado una objetividad total que imaginar uno en el que la han alcanzado las personas. Si queremos una sociedad en la que la apariencia, el apellido, el acento o el código postal no distorsionen la igualdad de oportunidades, debemos apostar por el desarrollo de una IA inclusiva, siguiendo las directrices que marcan las nuevas normativas nacionales y europeas.

**Hay que tener en cuenta, por último, que la IA podría ayudarnos a reforzar enormemente la capacidad redistributiva del estado de bienestar.** Si conseguimos que esta tecnología refuerce nuestro tejido productivo y nuestra capacidad de innovar, aumentaremos nuestra productividad y nuestra renta agregada. Y si ese proceso viene acompañado de una política fiscal más responsable, dotará al Estado de los recursos necesarios para reforzar sus servicios públicos y desplegar más políticas redistributivas que mitiguen las brechas sociales y mejoren el bienestar del conjunto de la ciudadanía.

Además, **si utilizamos la IA para mejorar nuestros servicios públicos y prestaciones sociales, lograremos favorecer la igualdad de oportunidades**. En un futuro cercano, esta tecnología podría usarse para adaptar la formación al perfil de cada estudiante, mejorar los emparejamientos en los sistemas públicos de empleo, asistir a los colectivos más vulnerables en la declaración de la renta, y desplegar de forma más amplia y eficaz el Ingreso Mínimo Vital, los permisos por nacimiento, y las bajas por enfermedad, el bono energético o las becas educativas, entre otros ejemplos. La IA también podría beneficiar a colectivos que tradicionalmente se han visto excluidos del mercado laboral, como las personas con discapacidad. Por ejemplo, existen aplicaciones que ayudan a leer y escribir a los trabajadores con dislexia, facilitan la interacción laboral de personas sordas a través de la conversión del lenguaje de señas en texto o permiten usar un ordenador sin necesidad de teclado o ratón.<sup>110</sup>

Bien aprovechadas, las oportunidades que ofrece la IA deberían ayudarnos a contrarrestar los posibles efectos negativos que tenga en la distribución de renta y riqueza, y a conseguir una sociedad menos desigual y más justa. ■

# DOCE ACCIONES PRIORITARIAS

El advenimiento de la IA no será una revolución exponencial e incontrolable. Se producirá de forma progresiva, dentro de los cauces institucionales, y podrá ser impulsada y regulada por el sector público. Eso significa que el impacto que la IA tendrá en nuestro país de aquí a 2040 dependerá, entre otras cosas, de las políticas que implementemos a nivel estatal, europeo e internacional. La *Estrategia de Inteligencia Artificial 2024* ya recoge algunas de ellas.<sup>111</sup> Hay mucho por hacer. Aquí sugerimos doce medidas prioritarias:

## 01

### AUMENTAR LAS AYUDAS E INCENTIVOS FINANCIEROS PARA QUE LAS PYMES INCOPOREN Y DESARROLLEN LA IA EN SUS NEGOCIOS.

Para fomentar la adopción, sugerimos reforzar y agilizar los programas Kit Digital para la adquisición de equipos tecnológicos y Kit Consulting para la contratación de servicios de asesoramiento. También se deberán crear nuevas convocatorias de subvenciones y garantías de financiación siguiendo los ejemplos de la Integración de la IA en las Cadenas de Valor o el programa de Redes Territoriales de Especialización Tecnológica (RETCH). En lo que respecta al desarrollo de aplicaciones de IA, es recomendable facilitar el acceso a una financiación significativa que permita respaldar proyectos de gran envergadura, sobre todo cuando se encuentran en fases iniciales, e impulsar la compra pública innovadora. El Fondo *Next Tech* y el programa Compra Pública de Innovación suponen un buen punto de partida.<sup>112</sup>

## 02

### MEJORAR LA FORMACIÓN Y LA ATRACCIÓN DE TALENTO EN NUEVAS TECNOLOGÍAS.

Para ello, será necesario ampliar y mejorar la oferta formativa en disciplinas STEM, tanto en los grados universitarios como en los ciclos de formación profesional, al tiempo que se incorporan materias ligadas a la IA de manera transversal. Además, habrá que intensificar la atracción de talento tecnológico mediante, por ejemplo, el escalado de programas ya existentes como “SpAln Talent Hub” o, el más amplio, “ATRAE”. Las iniciativas de Canadá y Francia para facilitar los permisos de residencia y trabajo para empleados y emprendedores en el campo de las nuevas tecnologías también constituyen ejemplos representativos de cómo mejorar la atracción de talento a nivel empresarial.<sup>113</sup>

## 03

### DESARROLLAR PROGRAMAS DE FORMACIÓN CONTINUA EN IA PARA TRABAJADORES EN ACTIVO.

La adquisición de competencias en IA no debe limitarse solo a los trabajadores empleados en sectores altamente expuestos a esta tecnología, sino que debe producirse en todos los sectores de nuestro tejido productivo. Hay buenos ejemplos de formación gratuita y de fácil acceso como *Elements of IA*, creado por la Universidad de Helsinki y disponible en español, o el *Data & AI Literacy ePrimer*, que ya ha formado a 90.000 empleados públicos en Singapur y cuyo material está disponible para cualquier empresa o Administración pública que quiera adaptarlo a sus necesidades. Adicionalmente, se podría crear un fondo de ayudas públicas para que las empresas formen a sus trabajadores en este ámbito, siguiendo el ejemplo del programa piloto *Flexible AI Upskilling Fund* de Reino Unido, o mediante créditos fiscales, como en Italia, de los que se han beneficiado más de 110.000 empresas.<sup>114</sup>

## 04

### IMPULSAR LA CREACIÓN DE UNA RED PÚBLICO-PRIVADA DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN EN IA, QUE NOS DOTE DE LA CAPACIDAD PARA DESARROLLAR MODELOS FUNDACIONALES PROPIOS.

Esta red podrá integrar instituciones estatales como el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial del CSIC, centros de investigación tecnológica de universidades y empresas de desarrollo. EE. UU. y Reino Unido proporcionan dos modelos interesantes de cómo hacerlo, al igual que ELLIS a nivel europeo.<sup>115</sup> Uno de sus principales objetivos será desarrollar *software* de base (la primera capa de los modelos) alimentado en castellano y las lenguas cooficiales. De esta forma, no solo reduciremos nuestra dependencia de terceros países, sino que seremos capaces de crear modelos más pequeños y sostenibles, que se adapten a las necesidades específicas de nuestro tejido productivo y estado de bienestar.<sup>116</sup> Este objetivo deberá venir acompañado de un aumento de los incentivos a la investigación y el desarrollo en áreas estratégicas como la computación, la biotecnología, los algoritmos verdes o la ciberseguridad, así como de una ampliación de las capacidades de computación instaladas en el territorio para que las pymes puedan acceder a ellas. Países como Francia y Alemania tienen algunas iniciativas que persiguen avanzar en la creación de modelos de IA propios en abierto.<sup>117</sup>

## 05

### FAVORECER LA INTEROPERABILIDAD DE DATOS Y MODELOS DE IA ENTRE EMPRESAS.

La creación de espacios para el intercambio de ideas, la transferencia de buenas prácticas y el inicio conjunto de proyectos de innovación en IA ayudará a fomentar la adopción por parte de empresas con menor tamaño y mayores dificultades para desarrollar modelos propios. En Países Bajos, una iniciativa de esta naturaleza ya reúne a casi 500 entidades. En España, podría seguirse el ejemplo del Hub Gaia-X en el ámbito del dato, partiendo de la semilla plantada por la incipiente Red de Excelencia en IA. La creación de estos espacios podrá acompañarse de incentivos financieros a la colaboración e interoperabilidad de datos y modelos. Así lo hace, por ejemplo, Singapur, como parte de su iniciativa *Smart Nation*.<sup>118</sup>

## 06

### **PROMOVER EN EL SEÑO DE LAS NACIONES UNIDAS LA FIRMA DE UN NUEVO ACUERDO INTERNACIONAL VINCULANTE QUE GARANTICE EL CONTROL HUMANO SOBRE LOS SISTEMAS DE ARMAS AUTÓNOMOS Y QUE LAS ARMAS NUCLEARES QUEDEN FUERA DEL ALCANCE DE LA IA.**

En 2023, más de 50 países, entre los que se encuentra España, suscribieron una declaración política sobre el uso militar responsable de la IA. Sin embargo, esta es una declaración no vinculante que además no cuenta con la participación de potencias como China o Rusia. Es esencial que el mundo cuente con un acuerdo global en este ámbito.<sup>119</sup>

## 07

### **IMPULSAR DESDE LA AESIA EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE VERIFICACIÓN Y AUDITORÍA DE MODELOS IA.**

El objetivo es que se garantice la no existencia de sesgos, el cumplimiento de los principios de transparencia, seguridad y equidad, y el respeto a los derechos fundamentales de la ciudadanía. Una iniciativa interesante es *AI Verify* de Singapur, que permite a las organizaciones realizar autoevaluaciones de sus sistemas. Sería recomendable que estas herramientas se desarrollasen y armonizasen a nivel europeo, en el marco de la *EU AI Act*.<sup>120</sup>

## 08

### **DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN PROTOCOLO INTEGRAL DE VIGILANCIA, DETECCIÓN Y RESPUESTA ANTE INCIDENTES DE CIBERSEGURIDAD.**

Este protocolo permitirá a la Administración pública desplegar un sistema eficaz de prevención, mitigación y apoyo a las víctimas. Podría ser elaborado por el Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE), en colaboración con la AESIA, y debería ir acompañado de acciones de divulgación y concienciación dirigidas a la ciudadanía, en particular, a los colectivos más vulnerables a ataques cibernéticos.<sup>121</sup>

## 09

### **DESARROLLAR UN SISTEMA DE DATOS INTEGRADOS QUE FACILITE SU INTERCAMBIO Y USO ENTRE TERRITORIOS Y SERVICIOS PÚBLICOS.**

La plataforma *X-Road* desarrollada por Estonia, a la que se han sumado Finlandia e Islandia, podría servir de base. La idea es que cada ciudadano tenga que proporcionar sus datos a la Administración pública una sola vez, y que sea el sistema el que se encargue de que esos datos estén disponibles para todas las entidades y trámites que el ciudadano pueda requerir, desde registrar una vivienda a pedir una ayuda. Hacerlo mejoraría la eficiencia de las Administraciones públicas, ahorraría tiempo y esfuerzo a las personas, y permitiría crear una amplia base de datos con las que optimizar el despliegue de políticas públicas y entrenar modelos de IA propios. Una vía para avanzar en esta dirección sería la creación de una historia social única electrónica.<sup>122</sup>

## 10

### **DOTAR A LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DE LA CAPACIDAD PARA CREAR SOFTWARE DE IA ADAPTADO A LAS NECESIDADES DE CADA ÁREA DEL ESTADO DE BIENESTAR.**

Ámbitos prioritarios de trabajo deberían ser la transformación de los procesos de emparejamiento laboral del Sistema Nacional de Empleo, la identificación de fraude y abuso laborales, la gestión del Ingreso Mínimo Vital, la mejora de los sistemas de aprendizaje, la optimización del Sistema Nacional de Salud o la modernización del Instituto para la Evaluación de Políticas Públicas.<sup>123</sup>

## 11

### **CREAR UN SISTEMA DE AGENTES VIRTUALES QUE AYUDEN A LA CIUDADANÍA EN SU INTERACCIÓN CON LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA.**

Estos asistentes permitirán que la mayoría de trámites administrativos y tributarios con el sector público se puedan realizar de manera digital, reduciendo la complejidad de los procedimientos y guiando a los ciudadanos durante todo el proceso. Podrían incluir reconocimiento de voz y de emociones para una comunicación más intuitiva y accesible. El asistente virtual *Bürokratt* en Estonia es un ejemplo de éxito.<sup>124</sup>

## 12

### **EJECUTAR UNA REFORMA INTEGRAL DE LOS IMPUESTOS SOBRE LA RIQUEZA Y ACERCAR LA CARGA FISCAL SOBRE LAS RENTAS DEL CAPITAL A LAS DEL TRABAJO.**

Para combatir la desigualdad y corregir las distorsiones que previsiblemente generará la IA, habrá que aumentar la presión tributaria sobre el patrimonio y los rendimientos del capital, en particular de los derivados de sus usos no productivos.<sup>125</sup> Al mismo tiempo, habrá que usar la IA para identificar y perseguir el fraude fiscal. El IRS estadounidense y la CRA canadiense son dos agencias tributarias que ya lo están haciendo.<sup>126</sup> ■

# APUNTES METODOLÓGICOS

## MODERNIZAR EL TEJIDO PRODUCTIVO

La IA constituye una herramienta crucial para impulsar el crecimiento de la productividad en las próximas décadas, al hacer más eficientes algunas tareas y procesos. Esta sección explica cómo se calcula el impacto de esta tecnología en la productividad agregada de aquellos sectores económicos que la incorporen para generar contenido escrito y mejorar los servicios de atención al cliente. Para ambas tareas, existe evidencia científica sólida que cuantifica las ganancias de eficiencia que se pueden lograr dado el estado actual de la IA.

### Muestra utilizada para la estimación

Debido a la disponibilidad de datos, la estimación sólo incluye a los ocupados en empresas de más de 10 empleados en las ramas de actividad para las que disponemos de información sobre la adopción de IA. Estas ramas son la industria, los suministros de energía y agua, la construcción, el comercio, el transporte, la hostelería, las actividades inmobiliarias, los servicios TIC, y los servicios profesionales y administrativos.

**Tabla 1** Penetración de la IA para la generación de lenguaje escrito o hablado, 2023 (empresas de más de 10 empleados)

RAMA DE ACTIVIDAD	PORCENTAJE DE EMPRESAS
Industria manufacturera	1,3%
Suministro de energía	3,2%
Construcción	1,5%
Comercio	1,8%
Transporte y almacenamiento	1,6%
Hostelería	0,8%
TIC	13,2%
Act. inmobiliarias y profesionales	4,0%
Actividades administrativas	2,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de INE y Eurostat.

En 2023, había casi 9 millones de trabajadores en empresas de más de 10 empleados en estos sectores de actividad, lo que supone el 42% del total de ocupados en España y engloba a 125.000 empresas, el 4% del total.<sup>1</sup> De este universo de empresas, únicamente el 2,3% empleaba tecnología de IA para la generación de lenguaje escrito o hablado (ver Tabla 1). Combinando esta información con el tamaño medio de las empresas por ramas de actividad, se estima que entre 225.000 y 290.000 empleados utilizan actualmente esta tecnología en su empresa (un 3% de los 9 millones de ocupados potenciales).<sup>2</sup>

Para calcular la cantidad de tiempo liberado de una jornada laboral promedio por el uso de la IA, es necesario: 1) identificar qué porcentaje de la jornada laboral representan las tareas habituales en estos sectores que se verán impactadas por el uso de la IA (*efecto extensivo*); y 2) en qué medida el uso de esta tecnología mejora la eficiencia para la realización de una tarea concreta, es decir, en qué medida nos permite mejorar, por ejemplo, la capacidad de escribir, buscar información o resumir contenido (*efecto intensivo*).

## Horas de trabajo liberadas

En primer lugar, y a efectos de simplificación, se han seleccionado las 10 ocupaciones más comunes dentro de cada sector y, de ellas, tras una evaluación cualitativa, se han tomado aquellas con un mayor potencial de exposición a la IA.<sup>3</sup> A continuación, para cada una de estas ocupaciones, se ha identificado su equivalente en la base de datos *Occupational Information Network* (O\*NET), que es la fuente que proporciona información detallada sobre las tareas que constituyen una jornada laboral promedio en EE. UU.<sup>4</sup> Esta misma base de datos también incorpora la frecuencia de cada tarea, lo que nos ha permitido estimar su importancia relativa en la jornada laboral.<sup>5</sup> Ante la imposibilidad de contar con esta misma información para España, hemos usado la evidencia para EE.UU. como referencia.

Posteriormente, se ha evaluado la exposición de cada tarea a la IA. Para ello, se ha revisado exhaustivamente la descripción de todas las tareas de cada ocupación y se ha asignando un valor de 1 o 0 a cada una, dependiendo de si se considera que la IA podría mejorar su eficiencia (1) o no (0). Este proceso de asignación se ha realizado en dos etapas. En primer lugar, se han identificado 60 palabras clave relacionadas con la aplicación de la IA en tareas de escritura y lenguaje (por ejemplo: redacción, investigación, correo electrónico); y se ha asignado automáticamente un valor de 1 a las tareas cuyas descripciones incluyeran alguna de estas palabras clave. Después, se ha llevado a cabo una revisión exhaustiva para asegurar que esta asignación automática fuera precisa y se ajustase a la descripción de la tarea en cuestión. La Tabla 2 presenta algunos ejemplos de tareas asignadas con valores de 1 y 0.

Finalmente, se han sumado los pesos de aquellas tareas que podrán verse expuestas al uso de IA en todas las ocupaciones. De esta forma, hemos determinado el porcentaje de la jornada laboral que podría verse impactado por esta tecnología. Utilizando como ponderación de cada ocupación su importancia en el empleo, hemos obtenido una estimación de la jornada laboral promedio que podrá verse afectada por la IA para cada rama de actividad (*efecto extensivo*). Por ejemplo, para las actividades inmobiliarias y profesionales, se estima que el 55% de la jornada laboral del trabajador promedio en el sector estará sujeta a mejoras de productividad en tareas de escritura y atención al cliente, mientras que en la industria este porcentaje es sólo del 2%. La Tabla 3 muestra los resultados para todas las ramas de actividad analizadas.

**Tabla 2** Clasificación de tareas según su exposición a la IA

OCUPACIÓN	EJEMPLO DE TAREA EXPUESTA A LA IA (1)	EJEMPLO DE TAREA NO EXPUESTA A LA IA (0)
Jueces, magistrados, abogados y fiscales	Investigar asuntos legales y escribir opiniones sobre los casos.	Realizar ceremonias nupciales.
Instaladores y reparadores de equipos electrónicos y de telecomunicaciones	Revisar las instrucciones de los productores, manuales, especificaciones técnicas, permisos de construcción, y las ordenanzas para determinar el equipo de comunicación y los procedimientos.	Excavar agujeros o trincheras necesarios para la instalación de equipamiento y acceso.
Agentes inmobiliarios	Contactar a propietarios y publicitar servicios para ofrecer listados de ventas de propiedades.	Acompañar a los compradores durante las visitas a la propiedad.

Fuente: Elaboración propia a partir de O\*NET.

**Tabla 3** Porcentaje de la jornada laboral que se verá impactada por la IA para la generación de contenido escrito y servicios de atención al cliente

RAMA DE ACTIVIDAD	PESO DE LAS OCUPACIONES CON FUERTE IMPACTO DE LA IA (EN TÉRMINOS DE EMPLEO)	PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL DEL TRABAJADOR MEDIO AFECTADA POR LA IA
Industria manufacturera	3%	2,4%
Suministros de energía	23%	14,3%
Construcción	4%	2,6%
Comercio	23%	15,5%
Transporte y almacenamiento	21%	10,6%
Hostelería	8%	7,1%
TIC	68%	47,0%
Act. inmobiliarias y profesionales	55%	55,3%
Actividades administrativas	13%	11,8%

Fuente: Elaboración propia a partir de INE y O\*NET.

## Impactos sobre la productividad: escenarios planteados

Para estimar el efecto del uso de la IA sobre la productividad (*efecto intensivo*), se han empleado las estimaciones disponibles más recientes. Noy y Zhang observaron mejoras de hasta un 40% en la productividad al emplear IA en tareas como la redacción de comunicados de prensa, informes breves, planes de análisis o correos electrónicos. Por su lado, Brynjolfsson y coautores encontraron que las ganancias de eficiencia en los agentes de atención al cliente que utilizaron herramientas de IA para guiar sus conversaciones fueron de casi el 14%.<sup>6</sup>

El escenario base considera la penetración actual de la IA en el tejido productivo y asume que se utiliza con el grado de eficiencia demostrado. Así, se estima que la productividad laboral de los trabajadores que emplean esta tecnología para la generación de contenido escrito y servicios de atención al cliente aumentaría, en promedio, entre un 4% y un 13%, dependiendo de si las mejoras en eficiencia se encuentran en el rango superior o inferior de los estudios arriba mencionados.

En un escenario alternativo, más optimista, en el que se mantiene el mismo nivel de adopción y se asume que, por ejemplo, las mejoras en productividad alcanzan el 80%, se observaría un incremento adicional de 16 puntos porcentuales sobre el rango superior hasta alcanzar el 29%. En agregado, estas mejoras supondrían un incremento de la productividad laboral del conjunto de la economía de entre una y tres décimas, considerando únicamente el uso de la IA para la generación de contenido escrito. Este efecto podría ser mayor si se tuviesen en cuenta otras aplicaciones de la IA, así como su despliegue en las empresas de menos de 10 empleados y en ramas del sector público.

## FORTALECER EL ESTADO DE BIENESTAR

### Educación

#### Horas de trabajo liberadas a la semana para los docentes

Para calcular el impacto potencial que puede tener la IA para los docentes de educación primaria y secundaria, se ha procedido del siguiente modo. Primero, se ha fijado el tiempo dedicado en media a la docencia, que representa el 63% de la jornada laboral en el caso de primaria y el 50% en el de secundaria.<sup>7</sup> En una jornada semanal de 37,5 horas, esto equivale a 23,5 y 18 horas semanales, respectivamente. El resto del tiempo se dedica a otras tareas como la preparación de clases, la evaluación, y las labores administrativas y de orientación.

A continuación, se han tomado las ganancias en horas liberadas por el uso de la IA estimadas para EE. UU. y se han aplicado al caso español.<sup>8</sup> El uso de la IA podría llegar a reducir el 12% de las horas dedicadas a la docencia y el 22% de las destinadas a otras actividades. Estas mejoras en eficiencia se traducen en 2,9 horas semanales menos de docencia y 3,1 de otras tareas para los docentes de primaria, mientras que para los profesores de secundaria la liberación de tiempo alcanzaría las 2,2 horas en docencia y 4,3 horas en otras actividades cada semana.

Para reflejar los distintos grados de adopción de la tecnología en función de la edad de los docentes, se han corregido los resultados anteriores aplicando un coeficiente aproximado de ajuste. Se asume que la efectividad de la IA es del 100% hasta los 49 años de edad, del 70% entre los 50 y 59 años, y del 25% para los mayores de 60 años. De esta manera, la liberación

total de horas ajustadas sería de 5,2 horas semanales en educación primaria y 5,7 horas en educación secundaria.<sup>9</sup>

Adicionalmente, se ha contemplado un escenario de mayor desarrollo tecnológico, en el que la IA podría mejorar su capacidad de apoyo al profesorado en un 50% con respecto a la situación actual. En este caso, la liberación de tiempo para la realización de este tipo de tareas se elevaría al 18% para la docencia y al 33% para el resto. Esto se traduciría en un total de 8,9 horas semanales liberadas en primaria y 9,8 horas en secundaria, que podrían dedicarse a proporcionar un apoyo más personalizado al alumnado. Una vez ajustados los resultados por la efectividad de la IA en el apoyo a los docentes según su edad, la liberación total de horas semanales sería de 7,8 para los docentes de primaria y 8,5 para los de secundaria.

## Sanidad

### Consultas de atención primaria liberadas al año

Según la evidencia disponible para España, aproximadamente el 25% del tiempo en una consulta de atención primaria se destina a escribir o resolver tareas burocráticas. Con el apoyo de la IA para la generación de lenguaje escrito, el personal sanitario podría llevar a cabo estas tareas hasta un 40% más rápido.<sup>10</sup>

Asumiendo una duración promedio por consulta de 10 minutos, que representa la aspiración del colectivo de profesionales de atención primaria, la implementación de la IA permitiría liberar hasta un 1 minuto por consulta.<sup>11</sup> Considerando que en 2022 en el Sistema Nacional de Salud se realizaron alrededor de 153,4 millones de consultas de atención primaria presenciales, esto equivaldría a liberar 2,6 millones de horas, es decir, atender aproximadamente a 15,6 millones de pacientes adicionales.<sup>12</sup> Lo anterior supondría un alivio del 10% en la carga actual del sistema, manteniendo el mismo número de profesionales y la presión asistencial que en la actualidad.

Al igual que en el ámbito educativo, se ha aplicado un coeficiente de ajuste a estos resultados para tener en cuenta la diferente efectividad de la IA en el apoyo a los profesionales de atención primaria según su edad.<sup>13</sup> De nuevo, se asume que la efectividad es del 100% hasta los 49 años de edad, del 70% entre los 50 y 59 años, y del 25% para los mayores de 60 años.<sup>14</sup> La liberación total de horas ajustadas sería de 1,8 millones, lo que equivaldría a 10,7 millones de consultas adicionales atendidas. Esto representaría un alivio del 7% en la carga actual del sistema. En términos de consultas diarias, la IA permitiría descargar a cada profesional sanitario del tiempo equivalente a 2 consultas (hoy en día se realizan, en media, 29).<sup>15</sup>

En un escenario alternativo en el que la tecnología libera por completo a los profesionales de atención primaria de las tareas burocráticas y de escritura, se podrían ganar hasta 2,5 minutos por consulta, lo que implicaría un alivio del 25% en la carga actual del sistema.<sup>16</sup> Si se ajusta este impacto con la distribución por edad de los profesionales, las mejoras se verían reducidas a un 17,5%. En promedio, cada profesional sanitario podría verse liberado del equivalente a 5 consultas diarias.<sup>17</sup>

### Reducción de listas de espera en consultas con especialistas

Los impactos de la IA estimados para atención primaria se han extrapolado a las consultas de atención especializada, asumiendo una proporción similar de tiempo dedicado a tareas administrativas y de escritura.<sup>18</sup> De nuevo, se plantean dos escenarios: uno donde la productividad

se incrementa en un 7% y otro más optimista donde lo hace en un 17,5%, en ambos casos considerando los ajustes por edad del personal. Estas mejoras de eficiencia se aplican al número de pacientes en espera y al tiempo medio de espera en días. En el caso de neurología, la especialidad con mayor tiempo de espera, la atención podría adelantarse entre 9 y 22 días en promedio gracias a la aplicación de la IA.<sup>19</sup> En oftalmología, la especialidad con más pacientes en espera, las listas podrían reducirse entre 40.100 y 100.300 pacientes.<sup>20</sup>

### **Servicios públicos de empleo**

La literatura sobre el impacto positivo de los servicios de orientación laboral *online* y personalizados sobre la empleabilidad es extensa. Por ejemplo, se ha estimado que las recomendaciones laborales personalizadas, que incluyen información sobre vacantes disponibles, número de solicitantes por puesto y opciones de ocupación alternativas, pueden aumentar la empleabilidad entre un 3 y un 5%. Es precisamente en estas actividades donde la IA puede desempeñar un papel diferencial.<sup>21</sup>

Usando esta estimación como punto de referencia, se ha calculado el efecto potencial que la IA podría tener en el Sistema Nacional de Empleo y el consecuente ahorro en prestaciones por desempleo. En primer lugar, se ha aplicado el porcentaje de mejora en la inserción laboral al total anual de colocaciones de demandas de empleo activas gestionadas por los servicios de empleo de las comunidades autónomas, que fue de 2,6 millones en 2023. Según este cálculo, la mejora en el número de colocaciones anuales sería de entre 78.700 y 131.000 puestos.<sup>22</sup>

En paralelo, se ha aproximado la distribución de estos puestos en términos del número de meses que de media cada desempleado de corta y media duración en España dedica a la búsqueda de empleo (ej. entre los 131.000 desempleados que ayudará a colocar la IA, 35.000 de ellos hubieran pasado de media 9 meses buscando empleo en 2023).<sup>23</sup> Para estimar el ahorro en prestaciones, se ha multiplicado el número medio de meses en desempleo por el número de desempleados en cada tramo de tiempo y la prestación contributiva media por desempleo (1.518 euros mensuales en 2023).<sup>24</sup> La suma de todos los tramos es igual al ahorro total en prestaciones por desempleo, que alcanzaría los 849 millones de euros al año.

## **ALCANZAR LA SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL**

### **Mejora en las redes de suministro de agua**

Según el INE, el 16,3% del total de agua suministrada a las redes en España se pierde debido a fugas, roturas y averías, lo que equivale a 695 hectómetros cúbicos anuales. Varios estudios indican que la IA puede reducir estas pérdidas hasta en un 70%. Si modernizásemos toda la red de suministro del país con esta tecnología, podríamos ahorrar aproximadamente 486,5 hectómetros cúbicos al año. Este ahorro sería suficiente para abastecer el consumo doméstico de Andalucía y Navarra, que suman 436 y 31 hectómetros cúbicos, respectivamente.<sup>25</sup>

### **Reducción del consumo de agua en la agricultura**

La aplicación de la IA para la irrigación de cultivos puede disminuir significativamente el consumo de agua. Un proyecto de cultivo inteligente en Australia, conocido como *Coala Project*,

ha demostrado que el uso de un sistema de gestión de agua en la nube impulsado por IA puede reducir la demanda de agua hasta en un 20%. Otros estudios también han estimado una reducción cercana a esta cifra. Si se aplica este porcentaje al volumen total de agua de riego utilizado por las explotaciones agrarias en España, que según el INE fue de 15.495 hectómetros cúbicos en 2018 (último año disponible), el uso de la IA en todos los sistemas de irrigación permitiría ahorrar casi 3.100 hectómetros cúbicos de agua anuales.<sup>26</sup>

Según el Plan Hidrológico del Tajo, el consumo anual de agua de una ciudad como Madrid en 2022 fue de 234 hectómetros cúbicos, de modo que la aplicación de la IA a solo el 15% de los sistemas de riego españoles permitiría un ahorro de agua suficiente para abastecer dos veces el consumo anual de esta ciudad.<sup>27</sup>

## **Optimización de la gestión del tráfico y reducción de las emisiones de CO2**

El transporte por carretera es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en las intersecciones urbanas, donde la contaminación puede ser hasta 29 veces mayor que en carreteras abiertas. La mitad de estas emisiones provienen de los vehículos que aceleran tras detenerse en los semáforos. Optimizar la sincronización de los semáforos mediante IA puede ayudar a reducir estas emisiones en un 10% según las estimaciones del servicio *Green Light* de Google.<sup>28</sup> En España, el uso de esta tecnología podría evitar la emisión de 2,85 millones de toneladas de CO2 anuales.<sup>29</sup> Esto equivaldría a las emisiones de CO2 generadas por 905.000 coches realizando un viaje diario de 50km durante un año entero.<sup>30</sup>

## **Consumo hídrico y energético del uso de *ChatGPT***

El agua y la energía requeridos para entrenar los modelos de IA no son los únicos recursos necesarios para el funcionamiento de *ChatGPT*. Cada pregunta y respuesta del usuario con la herramienta tiene un coste hídrico y energético. En concreto, este consumo se ha estimado en 0,004kWh por interacción, y medio litro, una botella pequeña de agua, por cada 10-50 respuestas.<sup>31</sup>

Para dimensionar este consumo en España, se han multiplicado las estimaciones de consumo por interacción por el número total de preguntas realizadas por los usuarios de *ChatGPT* en 2023, que alcanzaron los 3.717 millones. A su vez, este volumen anual es el resultado de multiplicar el número de usuarios mensuales de *ChatGPT* en 2023, 4,13 millones, por el número de veces que interactúan con la herramienta cada mes, 100 preguntas de media, y por los 12 meses del año.<sup>32</sup> El consumo eléctrico anual asciende a 15 millones de kWh y el de agua a 112 millones de litros, cifras que son equivalentes a la energía necesaria para el consumo anual de 4.000 hogares españoles, y el agua que exige el mantenimiento de 48 piscinas olímpicas.<sup>33</sup> Si asumimos que la tasa de adopción de un modelo similar al *ChatGPT* en 2040 alcanza el 30% de la población (hoy, en el 9%), el número de usuarios y, por tanto, el consumo anual de energía y agua se multiplicaría por 4.<sup>34</sup> ■

# REFERENCIAS

<sup>1</sup> La Comisión Europea define la inteligencia artificial como un campo de la informática que se enfoca en crear sistemas que puedan realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento y la percepción. A día de hoy, conviven dos tipos de IA. La IA que entiende lo que dicen miles de millones de datos, detecta patrones de comportamiento y los replica. Esta es la IA *no generativa*, mayoritaria en las aplicaciones actuales (ej. diagnóstico médico a partir de imágenes; clasificación de información; predicción de demanda a partir de datos históricos). Y la IA que, a partir de esa información, es capaz de generar contenido nuevo y original. Esta es la IA *generativa* (ej. escritura de documentos, creación de modelos 3D, programación, composición musical). La capacidad para crear cosas nuevas es el gran salto diferencial de esta tecnología respecto a oleadas pasadas de automatización. Para más detalles, consultese: Filippucci, Francesco *et al.* "The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges." *OECD Artificial Intelligence Papers*, n.º 15, París: OECD Publishing, 2024. <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>; y Samoili, S. *et al.* "AI Watch. Defining Artificial Intelligence. Towards an operational definition and taxonomy of artificial intelligence." *JRC Technical Report*, n.º 30117, 2020. <https://doi.org/10.2760/382730>.

<sup>2</sup> En 1957, la primera red neuronal artificial, el *Perceptron*, se entrenó con 700.000 operaciones. En comparación, el entrenamiento de GPT-4 ha requerido 21 cuatrillones de operaciones. Asimismo, mientras el primer modelo de IA, *Theseus* (1950), utilizó solo 40 observaciones, los modelos actuales emplean hasta 3 billones de observaciones. Para más detalles, véase: Henshall, Will. "4 Charts That Show Why AI Progress Is Unlikely to Slow Down." TIME, <https://time.com/6300942/ai-progress-charts/>.

<sup>3</sup> Uno de cada seis españoles cree que la IA va a cambiar su vida de aquí a cinco años y la mitad se muestran nerviosos con la posibilidad de que les quite el trabajo, viole su privacidad y termine deshumanizando la prestación de servicios. De hecho, el 83% de la población cree que las medidas que se adopten para regular la IA deberían centrarse en controlar su desarrollo y funcionamiento. La influencia de las compañías tecnológicas en los medios de comunicación también está contribuyendo a exacerbar los miedos. Es frecuente ver entrevistas y comentarios en redes sociales de representantes de grandes empresas que están apostando por la IA destacando su capacidad disruptiva sin que haya un contraste riguroso por parte de los medios de que eso es así. La preocupación de la ciudadanía aumenta además

cuando se plantean escenarios extremos que alertan de pérdidas masivas de empleo, incremento de la desinformación y vulneración de los derechos fundamentales como consecuencia de la generalización de la IA. Para más detalles, véase: Centro de Investigaciones Sociológicas. *Encuesta Sobre Tendencias Sociales (III). Avance de resultados*. Madrid: Estudio, n.º 3424, 2023. <https://www.cis.es/documents/d/cis/es3424mar-pdf>; Ipsos. *Global views on A.I. 2023. How people across the world feel about artificial intelligence and expect it will impact their life.* 2023. [https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2023-07/Ipsos%20Global%20AI%202023%20Report-WEB\\_0.pdf](https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2023-07/Ipsos%20Global%20AI%202023%20Report-WEB_0.pdf); Maslej, Nestor, *et al.* *Artificial Intelligence Index Report 2024*. Stanford University. Human-centered Artificial Intelligence, 2024. [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2024/05/HAI\\_AI-Index-Report-2024.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2024/05/HAI_AI-Index-Report-2024.pdf); y Miyar Busto, María. "La opinión pública ante la inteligencia artificial: conocimiento, expectativas y regulación." *Panorama Social*, n.º 39, 2024, <https://www.funcas.es/articulos/la-opinion-publica-ante-la-inteligencia-artificial-conocimiento-expectativas-y-regulacion/>. Para obtener más detalles sobre cómo los medios de comunicación están influyendo en la opinión pública sobre el futuro de la IA, véase: Silverberg, David. "Journalists are feeding the AI hype machine." British Broadcasting Corporation, <https://www.bbc.com/news/business-68488924>.

<sup>4</sup> Actualmente, existen inteligencias artificiales que pueden realizar con gran precisión –y en muchos casos mejor que un humano– tareas específicas previamente definidas (IA especializada). Sin embargo, aún estamos lejos de desarrollar una IA general que abarque todas las capacidades y habilidades humanas. Más distante aún es la posibilidad de alcanzar una superinteligencia, capaz de superar ampliamente nuestras capacidades cognitivas, sociales y de procesamiento de información. Algunos de los principales expertos en IA a nivel mundial consideran que, en un plazo de entre 5 y 20 años, la IA podría superar a los humanos en todas las tareas de relevancia económica. Sin embargo, otros expertos sostienen que las limitaciones fundamentales de los sistemas de IA actuales impedirán la automatización de muchas tareas en un futuro previsible. Para más detalles, véase: Bengio, Yoshua. "Government Interventions to Avert Future Catastrophic AI Risks." Harvard Data Science Review, <https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/w974bwb0/release/2>; y Pravitera, Daniel, *et al.* *International Scientific Report on the Safety of Advanced AI*. AI Seoul Summit, 2024. [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/66f5311f080b-df716392e922/international\\_scientific\\_report\\_on\\_the\\_safety\\_of\\_advanced\\_ai\\_interim\\_report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/66f5311f080b-df716392e922/international_scientific_report_on_the_safety_of_advanced_ai_interim_report.pdf).

<sup>5</sup> En cada dominio, el rendimiento inicial de la IA se establece en -100, mientras que el desempeño humano se normaliza a cero. Si la IA supera este umbral, significa que ha alcanzado un rendimiento superior al de los humanos. Para obtener más detalles sobre la capacidad de cada sistema de IA, consultese: Our World in Data. "Test scores of AI systems on various capabilities relative to human performance." Our World in Data, <https://ourworldindata.org/grapher/test-scores-ai-capabilities-relative-human-performance?country=Code+generation~Complex+reasoning~Handwriting+recognition~Math+problem-solving~Predictive+reasoning~Reading+comprehension~Reading+comprehension+with+unanswerable+questions~Image+recognition~Language+understanding~Nuanced+language+interpretation~General+knowledge+tests~Speech+recognition>; y Privitera, Daniel, *et al.* *International Scientific Report on the Safety of Advanced AI*. AI Seoul Summit, 2024. [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/66f5311f080b-df716392e922/international\\_scientific\\_report\\_on\\_the\\_safety\\_of\\_advanced\\_ai\\_interim\\_report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/66f5311f080b-df716392e922/international_scientific_report_on_the_safety_of_advanced_ai_interim_report.pdf).

<sup>6</sup> Para que una tecnología se considere de utilidad general, debe cumplir con los siguientes criterios: 1) ser una tecnología genérica única, reconocible durante toda su vida útil; 2) poseer un amplio margen de mejora inicial y con el tiempo llegar a ser ampliamente utilizada; 3) tener una gran variedad de aplicaciones; y 4) generar numerosos efectos de propagación. A diferencia de otras tecnologías de uso general, la IA puede aplicarse a tareas complejas que requieren toma de decisiones, se adapta a cambios en el entorno sin intervención humana, y aprende de manera autónoma. En contraste, la electricidad o los motores de combustión interna funcionan bajo principios físicos fijos y necesitan ajustes manuales para mejorar su rendimiento. Para más detalles, véase: Brynjolfsson, Erik, Daniel Rock, y Chad Syverson. "Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: a Clash of Expectations and Statistics." *National Bureau of Economic Research Working Paper* n.º 24001, 2017. <https://www.nber.org/papers/w24001>; y Lipsey, Richard G., Kenneth I. Carlaw, y Clifford T. Bekar. *Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

<sup>7</sup> El debate radica en si el cerebro humano tiene un límite a la hora de inventar tareas complejas. Nuestra propia biología hace que nuestra capacidad para procesar datos sensoriales y generar respuestas sea finita. Los tecno pesimistas parten de esta premisa y consideran que los sistemas modernos de IA pueden llegar a superar la complejidad computacional de nuestro cerebro y a desplazarnos de los trabajos y las instituciones, causando la decadencia de la humanidad tal y como la entendemos en la actualidad. Para más detalles, véase: Korinek, Anton. "Scenario planning for an A(GI) future." Fondo Monetario Internacional, <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2023/12/Scenario-Planning-for-an-AGI-future-Anton-korinek>.

<sup>8</sup> La IA ya es capaz de editar y generar textos, mantener conversaciones, realizar traducciones automáticas y transcribir contenido con precisión. También puede

crear diversos tipos de contenido y procesar grandes volúmenes de datos, lo que mejora tanto las predicciones como los procesos. Además, estas capacidades están acelerando el avance científico en campos como el descubrimiento de nuevos materiales y el desarrollo de medicamentos. Para más detalles, véase: Casheekar, Avay, *et al.* "A contemporary review on chatbots, AI-powered virtual conversational agents, ChatGPT: Applications, open challenges and future research directions." *Computer Science Review* 52, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2024.100632>; Elasri, Mohamed, *et al.* "Image Generation: A Review." *Neural Processing Letters* 54, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11063-022-10777-x>; Kavidopoulou, Aglaia, *et al.* "AI and big data for drug discovery." En H. Sakly, *et al.* (eds.) *Trends of Artificial Intelligence and Big Data for E-Health*. Cham: Springer, 2022. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-11199-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-11199-0_7); y Xu, Qiming, *et al.* "Applications of Explainable AI in Natural Language Processing." *Global Academic Frontiers* 2, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12684705>. A pesar de que la IA supera al ser humano en ciertas tareas, aún comete errores o "alucinaciones" en cuestiones básicas. Con el avance en el "razonamiento en cadena", la IA podría aprender a reconocer y corregir sus errores, descomponer problemas complejos en pasos más sencillos y experimentar con diferentes enfoques y escenarios simulados siendo capaz de darnos un asesoramiento de mayor calidad. En un futuro cercano, la IA también podría reconocer, mediante el análisis de texto, imágenes y señales fisiológicas, emociones más complejas y sutiles, proporcionando una sensación de apoyo emocional a través de interacciones continuas. Existe una gran incertidumbre sobre si la IA podrá alcanzar niveles de innovación, originalidad e intuición similares a los de un ser humano, más allá de patrones preexistentes. Tampoco está claro si será posible que desarrolle una conciencia genuina, capaz de experimentar emociones reales, entender y responder con auténtica empatía a las necesidades humanas o interpretar y adaptarse a normas y matices culturales complejos. Para más detalles, véase: Alam, Ferdous, *et al.* "From Automation to Augmentation: Redefining Engineering Design and Manufacturing in the Age of NextGen-AI." *An MIT Exploration of Generative AI*, 2024. <https://mit-genai.pubpub.org/pub/9s6690gd>; Farquhar, Sebastian, *et al.* "Detecting hallucinations in large language models using semantic entropy." *Nature* 630, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07421-0>; Ma, Fei, *et al.* "Generative Technology for Human Emotion Recognition: A Scope Review." *ArXiv*, 2024. <https://arxiv.labs.arxiv.org/html/2407.03640>; Pani, Bianca, Joseph Crawford, y Kelly-Ann Allen. "Can Generative Artificial Intelligence Foster Belongingness, Social Support and Reduce Loneliness? A conceptual Analysis." En Lyu Zhian (ed.) *Applications of Generative AI*. Springer: Cham, 2024; Rein, David, *et al.* "GPQA: A Graduate-Level Google-Proof Q&A Benchmark." *ArXiv*, 2023. <https://arxiv.org/pdf/2311.12022.pdf>; y Si, Chenglei, Diyi Yang, y Tatsunori Hashimoto. "Can LLMs Generate Novel Research Ideas? A Large-Scale Human Study with 100+ NLP Researchers." *ArXiv*, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.04109>.

<sup>9</sup> Para más información, por ejemplo, véase: Acemoglu, Daron, y Simon Johnson. *Poder y progreso. Nuestra lucha*

*milenaria por la tecnología y la prosperidad*. Barcelona: Editorial Deusto, 2023.

<sup>10</sup> Un modelo de supervisión interesante es el de Singapur, que ajusta el nivel de control en función de la probabilidad (P) y la severidad (S) del daño potencial. Su enfoque se clasifica de la siguiente manera: si tanto P como S son altas, se requiere control humano; si solo una de ellas es alta, se necesita supervisión humana; y si ambas son bajas, el proceso puede automatizarse sin supervisión. Para más detalles, véase: Personal Data Protection Commission. *Model Artificial Intelligence Governance Framework*. Singapur: Gobierno de Singapur. 2020. <https://www.pdpc.gov.sg/-/media/files/pdpc/pdf-files/resource-for-organisation/ai/sgmodelaigovframework2.pdf>.

<sup>11</sup> A día de hoy, Europa solo representa el 7% de todas las patentes de IA y tiene una cuota de mercado en software que no llega al 25%, la mitad de la que ostenta EE. UU. Frente a los 61 modelos "destacados" de IA que creó EE. UU. en 2023, la UE sólo generó 21 y China, 15. Para más detalles, véase: Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia del Gobierno. *Resilient EU2030. A future-oriented approach to reinforce the EU's Open Strategic Autonomy and Global Leadership*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2023. <https://futuros.gob.es/sites/default/files/2023-09/RESILIENTEU2030.pdf>; y Maslej, Nestor, et al. *Artificial Intelligence Index Report 2024*. Stanford University. Human-centered Artificial Intelligence, 2024. [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2024/05/HAI\\_AI-Index-Report-2024.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2024/05/HAI_AI-Index-Report-2024.pdf).

<sup>12</sup> Los puntos en el gráfico representan las puntuaciones, porcentajes y otros parámetros obtenidos por los países europeos y del resto del mundo, según las fuentes consultadas. También se incluyen la media de la UE (UE-27) y la de los 8 países más avanzados (UE-8), que comprende a Austria, Alemania, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Países Bajos y Suecia. Para la comparativa internacional, la UE-27 y la UE-8 se construyen como la media simple de los valores de cada uno de los países. Para la comparativa europea, la UE-27 es el indicador agregado reportado por Eurostat y la UE-8 se construye como la media simple de los valores de cada uno de los países. El indicador de población con habilidades digitales básicas mide el porcentaje de personas que poseen al menos competencias digitales fundamentales en cinco áreas: conocimiento básico de información y datos, capacidad de comunicación y colaboración, creación de contenidos digitales, seguridad digital y resolución de problemas. El indicador de graduados en STEM por cada 1.000 habitantes de entre 20 y 29 años registra el número de personas graduadas en ciencias, matemáticas, informática, ingeniería, industria y construcción. Por su parte, los indicadores sobre adopción de la IA en empresas reflejan el porcentaje de empresas que emplean al menos una tecnología de IA, clasificando como PYMES aquellas con entre 10 y 249 empleados, y como grandes empresas las que cuentan con 250 o más trabajadores. Para más detalles sobre los índices e indicadores representados, consultese: Comisión Europea. *DESI 2022 by components*. <https://digital-decade-desi.digit>

[https://tal-strategy.ec.europa.eu/datasets/desi-2022/charts/desi-components?indicator=desi&breakdownGroup=desi&period=2022&unit=pc\\_desi&desi\\_hc=0&desi\\_conn=0&desi\\_idt=0&desi\\_dps=10](https://tal-strategy.ec.europa.eu/datasets/desi-2022/charts/desi-components?indicator=desi&breakdownGroup=desi&period=2022&unit=pc_desi&desi_hc=0&desi_conn=0&desi_idt=0&desi_dps=10); Eurostat. *Artificial intelligence by size class of enterprise [isoc\_eb\_ai]*; *Graduates in tertiary education, in science, math, computing, engineering, manufacturing, construction, by sex - per 1000 of population aged 20-29 [educ\_uoe\_grad04]*; e *Individuals who have basic or above basic overall digital skills by sex [tepsr\_sp410]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>; Fondo Monetario Internacional. "AI Preparedness Index 2023." Fondo Monetario Internacional, [https://www.imf.org/external/datamapper/AI\\_PI@AIPI/ADVEC/EME/LIC/ESP/EU/EURO](https://www.imf.org/external/datamapper/AI_PI@AIPI/ADVEC/EME/LIC/ESP/EU/EURO); Hankins, Emma, et al. *Government AI Readiness Index 2023*. Oxford: Oxford Insights, 2023. <https://oxfordinsights.com/wp-content/uploads/2023/12/2023-Government-AI-Readiness-Index-1.pdf>; International Telecommunication Union. *Global Cybersecurity Index 2024*. Ginebra: International Telecommunication Union, 2024. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/hdb/d-hdb-gci.01-2024-pdf-e.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/hdb/d-hdb-gci.01-2024-pdf-e.pdf); TOP500. "TOP500 list - June 2024." TOP500, <https://www.top500.org/>; y Tortoise Media. "The Global AI Index 2024." Tortoise Media, <https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai>.

<sup>13</sup> La UE-8 se construye como la media simple de los valores de Austria, Alemania, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Países Bajos y Suecia, mientras que la UE-27 es el indicador agregado reportado por Eurostat, a excepción del agregado de la inversión en productos de la propiedad intelectual que es una media simple. El indicador de población con habilidades digitales básicas mide el porcentaje de personas que poseen al menos habilidades digitales básicas. El indicador de penetración de la IA en pymes representa el porcentaje de empresas de entre 10 y 249 empleados que usan al menos una tecnología de inteligencia artificial. El indicador de empleo en sectores intensivos en tecnología y conocimiento es el porcentaje sobre el total de ocupados. Para más detalles sobre estos indicadores, consultese: Eurostat. *Artificial intelligence by size class of enterprise [isoc\_eb\_ai]*; *Cross-classification of gross fixed capital formation by industry and by asset (flows) [nama\_10\_nfa\_fl]*; *E-government activities of individuals via websites [isoc\_ciegi\_ac]*; *Enterprises that employ ICT specialists by size class of enterprise [isoc\_ske\_itspe]*; *Enterprises that provided training to develop/upgrade ICT skills of their personnel by size class of enterprise [isoc\_ske\_its]*; *Employed ICT specialists by sex [isoc\_sks\_itsps]*; *Employment in technology and knowledge-intensive sectors at the national level, by sex (from 2008 onwards, NACE Rev. 2) [htec\_emp\_nat2]*; *GDP and main components (output, expenditure and income) [nama\_10\_gdp]*; *Graduates in tertiary education, in science, math., computing, engineering, manufacturing, construction, by sex - per 1000 of population aged 20-29 [educ\_uoe\_grad04]*; *High-tech exports [tin00140]*; *Individuals' level of digital skills (until 2019) [isoc\_sk\_dskl\_i]*; e *Individuals' level of digital skills (from 2021 onwards) [isoc\_sk\_dskl\_i21]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>; e INE. *Contabilidad Nacional Anual. Formación bruta de capital por tipo de activo; y PIB a precios de mercado*. <https://www.ine.es>.

ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\_C&cid=1254736177057&idp=1254735576581.

<sup>14</sup> Para más detalles, véase: OCDE. “National strategies, agendas and plans.” OECD.AI Policy Observatory, [https://oecd.ai/en/dashboards/policy-instruments/National\\_strategies\\_agendas\\_and\\_plans](https://oecd.ai/en/dashboards/policy-instruments/National_strategies_agendas_and_plans); y Maslej, Nestor, et al. *Artificial Intelligence Index Report 2024*. Stanford University. Human-centered Artificial Intelligence, 2024. [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2024/05/HAI\\_AI-Index-Report-2024.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2024/05/HAI_AI-Index-Report-2024.pdf).

<sup>15</sup> El documento *España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo* ofrece un análisis diacrónico y prospectivo de nueve grandes desafíos que España deberá afrontar de aquí a mediados de siglo para converger con los países más avanzados de Europa. Además, presenta 200 propuestas concretas para alcanzar este objetivo, junto con un cuadro de 50 objetivos e indicadores cuantitativos que servirán para diseñar líneas de acción, tomar medidas específicas y monitorear el progreso en los próximos años. Para más detalles, véase: Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia (coord.). *España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2021. [https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia\\_Espana\\_2050.pdf](https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf); y Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública. *Estrategia de Inteligencia Artificial 2024*. Madrid, 2024. [https://portal.mineco.gob.es/es-es/digitalizacionIA/Documents/Estrategia\\_IA\\_2024.pdf](https://portal.mineco.gob.es/es-es/digitalizacionIA/Documents/Estrategia_IA_2024.pdf).

<sup>16</sup> Para un análisis más detallado sobre la evolución de la economía española y los determinantes de su crecimiento, consultese el capítulo “Ser más productivos para crecer mejor” en: Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia (coord.). *España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2021. [https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia\\_Espana\\_2050.pdf](https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf). Los pronósticos de población (16 a 64 años) se basan en las últimas previsiones demográficas realizadas por Eurostat en su escenario base. Para más detalles, véase: Eurostat. *Population on 1st January by age, sex and type of projection [proj\_23np]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>. El saldo de las cuentas corriente y de capital de España con la UE fue positivo hasta 2015 (los ingresos recibidos superaban los pagos efectuados) y, desde entonces, nuestro país se convirtió en contribuyente neto. A raíz de la COVID-19 y el despliegue de los fondos *Next Generation-EU*, España ha vuelto a ser receptor neto de flujos, aunque se espera que esta situación se revierta en el futuro. Para más detalles, consultese: Banco de España. *Balanza de pagos. Cuentas corriente y de capital. Detalle. Mensual*. <https://www.bde.es/webbde/es/estadis/infoest/bolest17.html>.

<sup>17</sup> Bajo el supuesto de que la tasa de empleo se incrementa del 68% de 2023 al 76% en 2040, en línea con los objetivos fijados en la “Brújula del país”, el número total de ocupados aumentaría en 1,2 millones. La tasa de empleo se define como la relación entre el número

total de ocupados y la población de entre 16 y 64 años. Para más detalles, véase: Eurostat. *Employment by sex, age and citizenship (1 000) [lfsa\_eganc]*; y *Population on 1 January by age and sex [demo\_pjan]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>; y Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia. “Brújula del país.” Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia, <https://futuros.gob.es/nuestro-trabajo/brujula-del-pais/desde-los-anos-80>. Bajo el escenario “alta inmigración” de Eurostat, la población en edad de trabajar (16 a 64 años) en 2040 sería de 1,7 millones más en comparación con su escenario base. Para más detalles, véase: Eurostat. *Population on 1st January by age, sex and type of projection [proj\_23np]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

<sup>18</sup> Para un análisis general sobre la relación entre la adopción de la IA y la mejora de la productividad, entre otros, véase: Cazzaniga, Mauro, et al. “Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work.” *IMF Staff Discussion Note*, nº. 1, 2024. <https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2024/01/14/Gen-AI-Artificial-Intelligence-and-the-Future-of-Work-542379?cid=bl-com-SDNEA2024001>; y Filippucci, Francesco, et al. “The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges.” *OECD Artificial Intelligence Papers*, nº. 15, París: OECD Publishing, 2024. <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>.

<sup>19</sup> La evidencia disponible sobre el uso de la IA generativa en tareas de redacción y servicios de atención al cliente sugiere que las ganancias potenciales pueden ser considerables, oscilando entre el 14% y el 40%. Teniendo en cuenta el nivel de penetración actual de la IA en el tejido productivo de nuestro país y el grado de eficiencia demostrado por esta tecnología, se estima que la productividad laboral de los trabajadores en empresas con más de 10 empleados que disponen de esta tecnología aumentaría, en promedio, entre un 4% y un 13%. Cabe señalar que la información relativa a adopción empresarial no incluye el uso a nivel individual que puedan estar haciendo los trabajadores en sus entornos laborales. Para más detalles, consultese: Brynjolfsson, Erik, Danielle Li, y Lindsey R. Raymond. “Generative AI at work.” *National Bureau of Economic Research Working Paper*, nº. 31161, 2023. <https://www.nber.org/papers/w31161>; y Noy, Shakked, y Whitney Zhang. “Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence.” *Science* 381, nº. 6654, 2023. <https://doi.org/10.1126/science.adh2586>. Para el análisis detallado sobre los cálculos de impacto, véase Apuntes metodológicos.

<sup>20</sup> El desarrollo de la informática cuántica ha sido más lento y complejo de lo previsto, debido a los desafíos técnicos y físicos que conlleva la manipulación y control de los qubits, las unidades de información cuántica. Hasta ahora, solo se han construido ordenadores cuánticos con unas pocas decenas de qubits, insuficientes para tareas prácticas de interés. Sin embargo, se prevé que, al combinarse con la IA, esta tecnología impulse avances significativos en áreas como la encriptación y la química, especialmente en el descubrimiento de nuevos materia-

les. Para más información sobre el potencial de combinar IA y computación cuántica, véase: Castelvecchi, Davide. "The AI–quantum computing mash-up: will it revolutionize science?" *Nature*, <https://www.nature.com/articles/d41586-023-04007-0>; y Cherrat, El Amine, *et al.* "Quantum Vision Transformers." *Quantum* 8, 2024. <https://quantum-journal.org/papers/q-2024-02-22-1265/>. Para calcular los usuarios potenciales de *ChatGPT* en España en 2040, se han tomado los crecimientos esperados de usuarios a nivel mundial hasta 2030 y se ha supuesto que dicho ritmo de crecimiento continuará en la década posterior. Para más detalles, véase: GfK. "El número de usuarios de *ChatGPT* en España se ha triplicado en tan solo un año." GfK, <https://www.gfk.com/es/prensa/evolucion-chatgpt-gfkdam>; y Statista. "Number of artificial intelligence (AI) tool users globally from 2020 to 2030." Statista, <https://www.statista.com/forecasts/1449844/ai-tool-users-worldwide>.

<sup>21</sup> Este es el principal aspecto que diferencia las predicciones sobre el impacto de la IA en la productividad: su capacidad para acelerar la innovación mediante una investigación más eficiente. Goldman Sachs estima que, si la IA se adopta masivamente durante la próxima década, el aumento de la productividad laboral en EE. UU. sería 1,5 puntos porcentuales superior cada año; un escenario que Bailey y coautores consideran factible. En cambio, Acemoglu establece un panorama más conservador, anticipando un modesto incremento de menos del 1% acumulado en diez años. Para España, Implement Consulting Group, siguiendo la metodología de Goldman Sachs, cifra en 1,4 puntos porcentuales el retorno máximo de productividad que se podría alcanzar en un año cuando la IA se adopte de manera generalizada. Para más detalles, véase: Acemoglu, Daron. "The Simple Macroeconomics of AI." *National Bureau of Economic Research Working Paper*, n.º 32487, 2024. <https://www.nber.org/papers/w32487>; Bailey, Martin Neil, Erik Brynjolfsson, y Anton Korinek. "Machines of mind: The case for an AI-powered productivity boom." *Brookings Institution*, 2023. <https://www.brookings.edu/articles/machines-of-mind-the-case-for-an-ai-powered-productivity-boom/>; Hatzius, Jan, *et al.* *Upgrading Our Longer-Run Global Growth Forecasts to Reflect the Impact of Generative AI*. Goldman Sachs, 2023. <https://www.gspublishing.com/content/research/en/reports/2023/10/30/2d567ebf-0e7d-4769-8f01-7c62e894a779.html>; Thelle, Martin H., *et al.* *La oportunidad económica de la IA generativa en España*. Implement Consulting Group, 2024. <https://cms.implementconsultinggroup.com/media/uploads/articles/2024/La-oportunidad-econ%C3%B3mica-de-la-IA-generativa-en-Espa%C3%B1a/Oportunidad-econ%C3%B3mica-de-la-IA-generativa-en-Espa%C3%B1a.pdf>.

<sup>22</sup> Para más detalles, entre otros, véase: Adabala Viswa, Chaitanya, *et al.* *Generative AI in the pharmaceutical industry: Moving from hype to reality*. McKinsey & Company, 2024. [https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/generative-ai-in-the-pharmaceutical-industry-moving-from-hype-to-reality#](https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/generative-ai-in-the-pharmaceutical-industry-moving-from-hype-to-reality#/); Cook, Lisa D. "What Will Artificial Intelligence Mean for America's Workers?" Board of Governors of the Federal Reserve System, <https://www.federalreserve.gov/newssevents/speech/cook20240926a.htm>; Douglas Heaven, Will. "AI is dreaming up drugs that no one has ever seen. Now we've got to see if they work." *MIT Technology Review*, <https://www.technologyreview.com/2023/02/15/1067904/ai-automation-drug-development/>; y Lu, Hongyuan, *et al.* "Machine learning-aided engineering of hydrolases for PET depolymerization." *Nature* 604, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04599-z>.

<sup>23</sup> Para más detalles, véase: Andrés, Javier, y Rafael Doménech. *La era de la disruptión digital*. Barcelona: Ediciones Deusto, 2020; y Frey, Carl Benedikt, y Michael A. Osborne. "The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?" *Technological Forecasting and Social Change* 114, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>.

<sup>24</sup> Para un análisis más detallado sobre el futuro del empleo en España, consúltese el capítulo "Resolver las deficiencias de nuestro mercado de trabajo y adaptarlo a las nuevas realidades sociales, económicas y tecnológicas" en: Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia (coord.). *España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2021. [https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia\\_Espana\\_2050.pdf](https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf). Para más detalles sobre el impacto de la IA en el mercado laboral europeo, véase: Albanesi, Stefania, *et al.* "New technologies and jobs in Europe." *ECB Working Paper Series*, n.º 2831, 2024. <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwpsecb.wp2831-fabeeb6849.en.pdf>.

<sup>25</sup> En La literatura académica demuestra que los cambios tecnológicos no conllevan avances sociales de forma inexorable. Para que ello se produzca, es necesario que se adopten decisiones de política pública en el ámbito de la regulación, la redistribución de la renta y la riqueza, o la competencia empresarial. Para más detalles, entre otros, véase: Acemoglu, Daron, y Simon Johnson. *Poder y progreso. Nuestra lucha milenaria por la tecnología y la prosperidad*. Barcelona: Editorial Deusto, 2023. Según el Atlas de Complejidad, España se encuentra entre los países del mundo con mayor potencial para empezar a producir bienes más complejos. La complejidad económica de un país viene determinada por su capacidad para producir una gama cada vez más amplia de bienes (diversificación) y, al mismo tiempo, productos cada vez más sofisticados que pocas economías producen (ubicuidad). Cuanto mayor sea la complejidad económica de un país, mayor puede ser su nivel de renta a largo plazo y menor su vulnerabilidad a los ciclos económicos. Para más información, consúltese: *Atlas of Economic Complexity. "Country & Product Complexity Rankings."* *Atlas of Economic Complexity*, <https://atlas.cid.harvard.edu/rankings>.

<sup>26</sup> España ocupa el puesto 21 de 62 en el *Global IA Index 2023*, elaborado por Tortoise Media, la posición 27 de 193 en el *AI Readiness Index 2023*, desarrollado por Oxford Insights, y el puesto 28 de 174 en el *AI Preparedness Index*, realizado por el Fondo Monetario Internacional. Para más detalles, véase: Fondo Monetario Internacio-nal. "AI Preparedness Index." Fondo Monetario Interna-

cional, [https://www.imf.org/external/datamapper/AI\\_PI@API/ADVEC/EME/LIC/ESP/EU/EURO](https://www.imf.org/external/datamapper/AI_PI@API/ADVEC/EME/LIC/ESP/EU/EURO); Hankins, Emma, et al. *Government AI Readiness Index 2023*. Oxford: Oxford Insights, 2023. <https://oxfordinsights.com/wp-content/uploads/2023/12/2023-Government-AI-Readiness-Index-1.pdf>; y Tortoise Media. "The Global AI Index." Tortoise Media, <https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai>.

<sup>27</sup> El dato se refiere a empresas con más de 10 empleados. En la UE, el 8% de estas empresas han incorporado la IA en sus procesos productivos de acuerdo con el indicador agregado reportado por Eurostat. Dinamarca y Finlandia son los líderes europeos en adopción, con más del 15% de las empresas utilizándola. Datos de 2023. Para más detalles, véase: Eurostat. *Artificial intelligence by size class of enterprise [isoc\_eb\_ai]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

<sup>28</sup> En España, el 40% de las empresas con 250 o más empleados han implementado alguna tecnología de IA, mientras que solo el 6% de las empresas con entre 10 y 49 empleados lo han hecho. En los sectores de TIC y de los servicios profesionales, es del 32% y del 15%, respectivamente. Datos de 2023. Para más detalles, véase: Eurostat. *Artificial intelligence by size class of enterprise [isoc\_eb\_ai]*; y *Artificial intelligence by NACE Rev.2 activity [isoc\_eb\_ain2]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

<sup>29</sup> En España, el predominio de pymes, el menor grado de penetración de las tecnologías digitales en el sector empresarial y el bajo peso de sectores intensivos en innovación dificultan la generalización del uso de la IA. Nuestro país destaca por la elevada presencia de empresas pequeñas: en 2022, el 34% de los empleados del sector privado trabajaban en empresas con menos de 9 empleados, mientras que en la UE sólo lo hacía el 30% según el indicador agregado reportado por Eurostat. En 2023, en España, el 4% de los trabajadores estaban empleados en sectores de alta tecnología (manufacturas y servicios intensivos en conocimiento de alta tecnología), comparado con una media del 5% en la UE según el indicador agregado reportado por Eurostat. En países líderes como Suecia o Finlandia, esta cifra asciende al 7%. En cuanto al nivel de digitalización, el *Índice de Economía y Sociedad Digital* de la UE señala que la integración de la tecnología en el tejido empresarial es el aspecto donde España tiene el mayor margen de mejora respecto a los líderes europeos. Para más detalles, véase: Comisión Europea. *The Digital Economy and Society Index (DESI), 2022 Spain*. Luxemburgo: Publication Office of the European Union, 2023. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-spain>; y Eurostat. *Employment in technology and knowledge-intensive sectors at the national level, by sex (from 2008 onwards, NACE Rev. 2) [htec\_emp\_nat2]*; y *Enterprise statistics by size class and NACE Rev.2 activity (from 2021 onwards) [sbs\_sc\_ovw]* <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

<sup>30</sup> En relación al impacto que la concentración de datos y modelos propios puede tener en la economía, véase: Brynjolfsson, Erik, y Gabriel Unger. "The Macroeconomics of Artificial Intelligence." Fondo Monetario Inter-

nacional, <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2023/12/Macroeconomics-of-artificial-intelligence-Brynjolfsson-Unger>; Filippucci, Francesco, et al. "The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges." *OECD Artificial Intelligence Papers*, nº. 15, París: OECD Publishing, 2024. <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>; y Vipra, Jai, y Anton Korinek. "Market concentration implications of foundation models: The invisible hand of ChatGPT." *Brookings Center on Regulation and Markets Working Paper*, n.º 9. 2023. <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2023/09/Market-concentration-implications-of-foundation-models-FINAL-1.pdf>. Sobre cómo la concentración de los datos puede lastrar el crecimiento de la productividad, consultese: Corrado, Carol, et al. "Data, Intangible Capital, and Productivity." *National Bureau of Economic Research*, 2023. <https://www.nber.org/books-and-chapters/technology-productivity-and-economic-growth/data-intangible-capital-and-productivity>.

<sup>31</sup> El dato de "líderes europeos" es la media simple de los niveles de adopción empresarial de Bélgica, Dinamarca, Finlandia y Luxemburgo, los cuatro países de la UE que, a día de hoy, lideran la adopción de la IA en su tejido productivo. Cabe señalar que la información relativa a la penetración empresarial no incluye el uso a nivel individual que puedan estar haciendo los trabajadores en sus entornos laborales. Para más detalles, véase: Eurostat. *Artificial intelligence by NACE Rev.2 activity [isoc\_eb\_ain2]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

<sup>32</sup> Datos para el año 2022. Para más detalles, véase: Eurostat. *Enterprises that employ ICT specialists by size class of enterprise [isoc\_ske\_itspe]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

<sup>33</sup> Para un análisis más detallado sobre el estado de la educación y la formación de la fuerza laboral en España, consultese los capítulos "Conquistar la vanguardia educativa" y "Mejorar la formación y la recualificación de nuestra población" en: Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia (coord.). *España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2021. [https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia\\_Espana\\_2050.pdf](https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf).

<sup>34</sup> Datos para el año 2023. Para más detalles, véase: Eurostat. *Artificial intelligence by size class of enterprise [isoc\_eb\_ai]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

<sup>35</sup> En 2022, España ocupaba el tercer puesto en conectividad según el *Índice de Economía y Sociedad Digital* de la UE. En junio de 2024, el superordenador *MareNostrum 5 ACC* del Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) se encontraba en la octava posición del ranking TOP500, que clasifica y detalla los sistemas de computación no distribuida más potentes del mundo. En 2020, último año disponible, España se situaba en el puesto 4 de 194 en el *Global Cybersecurity Index* elaborado por la *International Telecommunication Union*.

De acuerdo con la regulación de la *EuroHPC JU*, las empresas podrán disfrutar de hasta el 20% del tiempo de acceso a la capacidad de los supercomputadores europeos en 2025. Para más detalles, véase: Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS). “El Gobierno de España refuerza las capacidades en IA del supercomputador MareNostrum 5, gestionado por el BSC.” Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), <https://www.bsc.es/es/noticias/noticias-del-bsc/el-gobierno-de-espa%C3%A1a-refuerza-las-capacidades-en-ia-del-supercomputador-marenostrum-5-gestionado>; Comisión Europea. *The Digital Economy and Society Index (DESI)*, 2022 Spain. Luxemburgo: Publication Office of the European Union, 2023. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-spain>; European High Performance Computing Joint Undertaking. “The European High Performance Computing Joint Undertaking.” Comisión Europea, [https://eurohpc-ju.europa.eu/index\\_en](https://eurohpc-ju.europa.eu/index_en); International Telecommunication Union. *Global Cybersecurity Index 2020*. Ginebra: International Telecommunication Union, 2021. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2021-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2021-PDF-E.pdf); y TOP500. “TOP500 list - June 2024.” TOP500, <https://www.top500.org/>.

<sup>36</sup> Para una reflexión detallada sobre los retos que afronta el estado de bienestar español a medio y largo plazo, consúltese: Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia (coord.). *España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2021. [https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia\\_Espana\\_2050.pdf](https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf).

<sup>37</sup> Sobre el uso más eficiente y personalizado de los servicios públicos, véase, entre otros: Bullock, Justin B. “Artificial intelligence, discretion, and bureaucracy.” *The American Review of Public Administration* 49, n.º 7, 2019. <https://doi.org/10.1177/0275074019856123>; Margetts, Helen, y Cosmina Dorobantu. “Rethink government with AI.” *Nature* 568, 2019. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01099-5>; y Wirtz, Bernd W., Jan C. Weyerer, y Carolin Geyer. “Artificial intelligence and the public sector—applications and challenges.” *International Journal of Public Administration* 42, 2019. <https://doi.org/10.1080/01900692.2018.1498103>.

<sup>38</sup> Para el análisis detallado sobre los cálculos de impacto, véase Apuntes metodológicos.

<sup>39</sup> Para el caso de EE. UU., Dinamarca y Corea del Sur, véase: Sansone, Dario. “Beyond early warning indicators: high school dropout and machine learning.” *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 81, n.º 2, 2019. <https://doi.org/10.1111/obes.12277>; Sara, Nicolae-Bogdan, et al. “High-School Dropout Prediction Using Machine Learning: A Danish Large-scale Study.” *ESANN*, 2015. [https://web.archive.org/web/20200709051748id\\_](https://web.archive.org/web/20200709051748id_/) <https://www.elen.ucl.ac.be/Proceedings/esann/esannpdf/es2015-86.pdf>; y Chung, Jae Young, y Sunbok Lee. “Dropout early warning systems for high school students using machine learning.” *Children and Youth Services Review* 96, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2018.11.030>.

Para el caso de Galicia, consúltese: Edugalia. *34 retos para la disminución del abandono escolar temprano*. Xunta de Galicia. [https://www.edu.xunta.gal/portal/sites/web/files/edugalia\\_34\\_retos\\_esp.pdf](https://www.edu.xunta.gal/portal/sites/web/files/edugalia_34_retos_esp.pdf).

<sup>40</sup> Para el análisis detallado sobre los cálculos de impacto, véase Apuntes metodológicos.

<sup>41</sup> En 2023, el Ministerio de Educación de los Emiratos Árabes Unidos anunció un contrato con *Alef Education* para desarrollar tutores basados en inteligencia artificial, con el objetivo de ofrecer apoyo y orientación personalizados en matemáticas. En España, *Blinklearning* ha combinado la IA con el *Big Data* para crear sistemas de aprendizaje e itinerarios personalizados. Para más detalles, véase: Blink Learning, <https://www.blinklearning.com/portal/home?blinklang=ES>; y Education Middle East. “AI tutors to enhance math learning outcomes in UAE schools.” Education Middle East, <https://educationmiddleeast.com/news/ai-tutors-to-enhance-math-learning-outcome-in-uae-schools/>. Sobre el uso de la IA para crear sistemas de aprendizaje personalizados véase, entre otros: Baidoo-Anu, David, y Leticia Owusu Ansah. “Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning.” *Journal of AI* 7, n.º 1, 2023. <https://doi.org/10.61969/jai.1337500>; y Chiu, Thomas K. F., et al. “Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education.” *Computers and Education: Artificial Intelligence* 4, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.caai.2022.100118>.

<sup>42</sup> Hay evidencia experimental incipiente sobre la implementación de tutores inteligentes a través de, por ejemplo, Whatsapp. Estas intervenciones han aumentado el rendimiento educativo de los alumnos en matemáticas y los resultados han sido muy parecidos al de otras intervenciones que incorporan el uso de la tecnología. El efecto positivo en el aprendizaje de competencias matemáticas se sitúa entre 0,10 y 0,36 desviaciones estándar. En las dos últimas oleadas de PISA, la desviación típica en matemáticas de España fue de 87 puntos. Por tanto, si extrapolamos los resultados de la implementación a gran escala de un programa de tutores digitales, podríamos conseguir un aumento de entre 9 y 31 puntos en PISA, equivalente a una mejora de entre un tercio y algo menos de un año de escolarización. Sobre las brechas de oportunidades de aprendizaje, y evidencia sobre el efecto de intervenciones que combinan el uso de tecnología con el aprendizaje tradicional en el rendimiento educativo, véase: Escueta, Maya, et al. “Upgrading Education with Technology: Insights from Experimental Research.” *Journal of Economic Literature* 58, n.º 4, 2020. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.20191507>; Owen, Henkel., et al. “Effective and Scalable Math Support: Evidence on the Impact of an AI-Tutor on Math Achievement in Ghana.” *ArXiv*. 2024. <https://arxiv.org/pdf/2402.09809#page=8.59>; y Thomas, Danielle, et al. “Improving Student Learning with Hybrid Human-AI Tutoring: A Three-Study Quasi-Experimental Investigation.” *ArXiv*, 2023. <https://arxiv.org/pdf/2312.11274>. Sobre los resultados en PISA, véase: OCDE. *PISA 2018*

*Results (Volume I): Annex B1. Results for countries and economies.* París: OECD Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>; y OCDE. *PISA 2022 Results (Volume I): Annex B1. Results for countries and economies.* París: OECD Publishing, 2024. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>.

<sup>43</sup> Para calcular el aumento en el gasto público en sanidad se utilizan las proyecciones del escenario “demográfico puro”, el cuál tiene en cuenta para su cálculo únicamente el efecto del envejecimiento de la población. Para más información, consúltese: Comisión Europea. 2024 *Ageing Report. Economic and Budgetary Projections for the EU Member States (2022-2070)*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2024. <https://doi.org/10.2765/022983>. Para más información sobre la prevalencia de estas enfermedades en el futuro, véase: Alzheimer's Disease International. 2019. *World Alzheimer Report 2019: Attitudes to dementia*. London: Alzheimer's Disease International, 2019. <https://www.alzint.org/u/WorldAlzheimerReport2019.pdf>; Joint Research Center. “European Cancer Information System: 21% increase in new cancer cases by 2040”. [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/european-cancer-information-system-21-increase-new-cancer-cases-2040-2022-03-16\\_en#:~:text=For%20men%2C%20it%20is%20estimated%20demographic%20change%20between%20countries](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/european-cancer-information-system-21-increase-new-cancer-cases-2040-2022-03-16_en#:~:text=For%20men%2C%20it%20is%20estimated%20demographic%20change%20between%20countries); y Santomauro, Damian F., et al. “Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic.” *The Lancet* 398, 2021. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02143-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02143-7).

<sup>44</sup> Estonia ha lanzado varias iniciativas destacadas en este ámbito. *NORA AI* acelera el descubrimiento de fármacos antivirales integrando datos de diversas fuentes y proponiendo a los científicos medicamentos prometedores, reduciendo riesgos y costes. Desde mayo de 2020, el *National Clinical Decision Support Tool* permite a los médicos estonios tomar decisiones más rápidas y personalizadas, utilizando la información del paciente disponible en el sistema de salud nacional. En España, *Plain Concepts* ha desarrollado una plataforma de gestión médica con IA, capaz de realizar análisis preventivos de enfermedades, ya disponible en algunos hospitales. Para más información, véase: El Nora AI. “At the crossroad of AI and antiviral drug discovery.” El Nora AI. <https://www.elnora.ai/>; Plain Concepts. “Nueva plataforma de gestión integral de medicina con IA.” Plain Concepts, <https://www.plainconcepts.com/es/casestudy/plataforma-medica-prevencion-enfermedades-ia/>; y Raal, Carmen. “The impact and use of clinical decision support tools.” E-Estonia, <https://e-estonia.com/the-impact-and-use-of-clinical-decision-support-tools/>. Sobre el uso de la IA para la detección y prevención de enfermedades o el descubrimiento de nuevos fármacos, véase: Bian, Yuemin, y Xiang-Qun Xie. “Generative chemistry: drug discovery with deep learning generative models.” *Journal of Molecular Modeling* 27, n.º 17, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00894-021-04674-8>; y Quazi, Sameer. “Artificial intelligence and machine learning in precision and genomic medicine.” *Medical On-*

*cology* 39, n.º 8, 2022. <https://doi.org/10.1007/s12032-022-01711-1>.

<sup>45</sup> El Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla ya emplea la IA para detectar riesgo de cáncer de piel a partir de fotografías de lesiones cutáneas, y gestionar automáticamente una cita preferente para casos graves. La coincidencia entre los resultados ofrecidos por el sistema de IA y el “estándar de oro” de un diagnóstico médico supera el 90%. Para más detalles, véase: Sendín-Martín, Mercedes et al. “Classification of Basal Cell Carcinoma in Ex Vivo Confocal Microscopy Images from Freshly Excised Tissues Using a Deep Learning Algorithm.” *Journal of Investigative Dermatology* 142, n.º 5, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2021.09.029>.

<sup>46</sup> Ya existen algoritmos basados en IA capaces de detectar patrones de alto riesgo de suicidio o identificar trastornos alimenticios. Para más detalles, véase: Ramírez-Cifuentes, Diana et al. “Detection of Suicidal Ideation on Social Media: Multimodal, Relational, and Behavioral Analysis”. *Journal of Medical Internet Research* 22, n.º 7, 2020. <https://doi.org/10.2196/17758>; y Solans Noguero, David et al. “Gender Bias When Using Artificial Intelligence to Assess Anorexia Nervosa on Social Media: Data-Driven Study”. *Journal of Medical Internet Research* 25, 2023. <https://doi.org/10.2196/45184>. La evidencia indica que una mejor monitorización y prevención de la salud mental de los trabajadores puede reducir el absentismo y las bajas laborales. Esto es especialmente relevante debido al aumento de bajas por problemas de salud mental en nuestro país desde la COVID-19. Para más detalles, véase: Brämberg, Björk E., et al. “Prevention of sick leave at the workplace: design of a cluster-randomized controlled trial of a problem-solving intervention among employees with common mental disorders.” *BMC Public Health* 21, 2021. <https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-021-11786-6#ref-CR1>; y Gray, Nicola S., et al. “Reducing sickness absence and stigma due to mental health difficulties: a randomized control treatment trial (RCT) of a low intensity psychological intervention and stigma reduction programme for common mental disorder (Prevail).” *BMC Public Health* 23, 2023. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37430234/>. El Hospital La Paz en Madrid ha lanzado un estudio piloto sobre telemedicina robótica para tratar arritmias cardíacas, dentro del marco *HoSmartAI*. Además, la Comunidad de Madrid, junto con Microsoft, está desarrollando una aplicación de IA que, mediante la interoperabilidad de historiales clínicos entre diferentes especialidades, busca mejorar el diagnóstico de enfermedades raras y reducir significativamente el tiempo de diagnóstico. Para más información, véase: Comunidad de Madrid. “El hospital La Paz y su instituto de Investigación, IdiPaz, participan en el diseño de un robot para la ablación de arritmias cardíacas.” Comunidad de Madrid, <https://www.comunidad.madrid/hospital/la-paz/noticia/hospital-paz-su-instituto-investigacion-idiapaz-participan-diseno-robot-ablacion-arritmias-cardiacas>; y Comunidad de Madrid. “La Comunidad de Madrid aprueba un proyecto pionero para reducir el tiempo de diagnóstico de enfermedades raras con Inteligencia Artificial.” Comunidad de Madrid,

<https://www.comunidad.madrid/noticias/2023/09/15/comunidad-madrid-prueba-proyecto-pionero-reducir-tiempo-diagnostico-enfermedades-raras-inteligencia-artificial>.

<sup>47</sup> Sobre el monitoreo en remoto de pacientes, el Servicio Nacional de Salud en Reino Unido ha desarrollado *Dora*, un asistente virtual que realiza el seguimiento a pacientes de cataratas, a través de llamadas telefónicas. En España, el Hospital General de Valencia, junto con la Sociedad Valenciana de Cardiología, está implementando *HearOTM*, una aplicación que con un biomarcador de voz de IA permite monitorizar la insuficiencia cardíaca mediante el habla. Para más información, véase: Frimley Health NHS Foundation Trust. "Patients loving AI digital assistant Dora." Frimley Health NHS Foundation Trust, <https://www.fhft.nhs.uk/news/patients-loving-ai-digital-assistant-dora>; Shaik, Thanveer, et al. "Remote patient monitoring using artificial intelligence: Current state, applications, and challenges." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. 13, nº.2, 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.10009>; y X Salud. "El Hospital General de Valencia evalúa la inteligencia artificial para monitorizar la insuficiencia cardíaca mediante la voz." X Salud. <https://xsalud.es/app-hearo/>.

<sup>48</sup> En el ámbito sanitario se estima que la IA puede reducir la carga administrativa entre un 10% y un 30%. En Canadá, el uso de la IA permitió a facultativos de cuidados intensivos atender a un 15% más de pacientes. Para más detalles, véase: Anderson, Brian, y Eric Sutherland. "Collective action for responsible AI in health." *OECD Artificial Intelligence Papers*, nº. 10, París: OECD Publishing, 2024. <https://doi.org/10.1787/f2050177-en>. En España, el Hospital Universitario Parc Taulí de Sabadell ha introducido un software basado en IA que ayuda al servicio de enfermería a agilizar el proceso de triaje. Con su aplicación, ha conseguido descongestionar las urgencias y reducir considerablemente los tiempos de espera ante patologías menores como una infección de orina o un esguince de tobillo. Para más información, véase: Barriga, Elvira Moreno, et al. "Experiencia de Mediktor®: un nuevo evaluador de síntomas basado en inteligencia artificial para pacientes atendidos en el servicio de urgencias." *Emergencias: Revista de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias* 29, nº. 6, 2017. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6159459>.

<sup>49</sup> Para una explicación detallada, véase Apuntes metodológicos.

<sup>50</sup> Esta proyección es el resultado de aplicar el porcentaje de personas mayores de 65 años con dependencia reconocida en 2024 a la proporción de personas mayores de 65 años en 2040 según el escenario base demográfico de Eurostat. Para más información, véase: Eurostat. *Population on 1st January by age, sex and type of projection [proj\_23np]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>; e IMSERSO. *Información estadística del sistema para la autonomía y atención a la dependencia 30 junio 2024 [33DICTCASAAD]*. <https://imserso.es/-/2024-1>.

<sup>51</sup> En Japón, el uso de robots en el cuidado de mayores ha crecido significativamente debido al envejecimiento

de la población y la escasez de cuidadores. Los robots pueden ayudar en la gestión de tareas físicas, como levantar y mover a los pacientes, y también brindar apoyo emocional. Sin embargo, existe el riesgo de que terminen deshumanizando la función del cuidado y afecten negativamente a la relación entre el cuidador y la persona dependiente. Su despliegue debe producirse evitando que esto ocurra. Para más detalles, véase: Wright, James. "Inside Japan's long experiment in automating elder care." *MIT Technology Review*, [https://www.technologyreview.com/2023/01/09/1065135/japan-automating-elder-care-robots/?utm\\_medium=tr\\_social&utm\\_source=Facebook&utm\\_campaign=site\\_visitor.unpaid.engagement](https://www.technologyreview.com/2023/01/09/1065135/japan-automating-elder-care-robots/?utm_medium=tr_social&utm_source=Facebook&utm_campaign=site_visitor.unpaid.engagement). Otro ámbito en el que la IA podría mejorar los servicios de cuidado es el de la atención a la dependencia, agilizando el análisis de solicitudes de ayuda y su concesión. El Ayuntamiento de Valencia incorporó esta tecnología usando un sistema de geolocalización e IA para este fin. Véase, entre otros: Loveys, Kate, et al. "Artificial intelligence for older people receiving long-term care: a systematic review of acceptability and effectiveness studies." *The Lancet Healthy Longevity* 3, nº. 4, 2022. [https://doi.org/10.1016/S2666-7568\(22\)00034-4](https://doi.org/10.1016/S2666-7568(22)00034-4); Minguijón, Jaime, y Cecilia Serrano-Martínez. "La Inteligencia Artificial en los Servicios Sociales: estado de la cuestión y posibles desarrollos futuros." *Cuadernos de Trabajo Social* 35, nº. 2, 2022. <https://doi.org/10.5209/cuts.78747>; y Shiwaní, Taha, et al. "New Horizons in artificial intelligence in the healthcare of older people." *Age and Ageing* 52, nº. 12, 2023. <https://doi.org/10.1093/ageing/afad219>.

<sup>52</sup> La incidencia de la soledad no deseada entre las personas mayores de 65 años fue del 17% en 2024. Se asume que, como mínimo, en 2040 la prevalencia será la misma aunque hay factores como el incremento de los hogares unipersonales y la ausencia de interacciones sociales que podrían hacer que ésta aumente. En términos absolutos, sólo por el efecto del envejecimiento demográfico el número de personas mayores con soledad no deseada podría pasar de 1,7 millones en 2024 a 2,5 millones en 2040. Para más detalles, véase: Eurostat. *Population on 1st January by age, sex and type of projection [proj\_23np]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>; Hawley, Louise C., et al. "Loneliness from young adulthood to old age: Explaining age differences in loneliness." *International Journal of Behavioral Development*, 46, nº. 1, 2020. <https://doi.org/10.1177/0165025420971048>; Observatorio Estatal de la Soledad No Deseada. *Barómetro de la soledad no deseada en España*, 2024. [https://www.soliedades.es/sites/default/files/contenidos/Informe\\_Barometro%20soledad.pdf](https://www.soliedades.es/sites/default/files/contenidos/Informe_Barometro%20soledad.pdf); y Rokach, Ami. "The effect of age and culture on the causes of loneliness." *Social Behavior and Personality: An International Journal*, 35, nº. 2, 2007. <https://doi.org/10.2224/sbp.2007.35.2.169>.

<sup>53</sup> Sobre el potencial de la IA para automatizar trámites administrativos con el sector público, véase el caso de Reino Unido en: Straub, Vincent J., et al. "AI for bureaucratic productivity: Measuring the potential of AI to help automate 143 million UK government transactions." *ArXiv*, 2024. <https://arxiv.org/abs/2403.14712>. En España, el Kit Digital ya utiliza una infraestructura tecnológica altamente automatizada que elimina la tra-

mitación en papel, minimiza la documentación electrónica presentada y realiza comprobaciones automáticas de requisitos como estar al corriente de los pagos en la Agencia Tributaria (AEAT) y la Seguridad Social. Para más detalles, véase: Ministerio de Economía, Comercio y Empresa. "El Gobierno lanza el programa Kit Digital para invertir más de 3.000 millones de euros en la digitalización de las pymes y autónomos." Ministerio de Economía, Comercio y Empresa, [https://portal.mineco.gob.es/ca-es/comunicacion/Pagines/211125\\_np\\_kit.aspx](https://portal.mineco.gob.es/ca-es/comunicacion/Pagines/211125_np_kit.aspx). Sobre el uso de *chatbots* en los servicios públicos, consultese: Campos Ferreira, Marta, Maria Veloso, y João Manuel R. S. Tavares. "A Comprehensive Examination of User Experience in AI-Based Symptom Checker Chatbots." *International Conference on Decision Support System Technology*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-59376-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-59376-5_8); y Makasi, Tendai, et al. "A typology of chatbots in public service delivery." *IEEE Software* 39, n.º 3, 2021. <https://doi.org/10.1109/MS.2021.3073674>. En relación a cómo la IA puede facilitar al ciudadano información sobre las prestaciones sociales a las que puede acceder, consultese el caso de uso *Les Meves Ajudes*, desarrollada por el Ayuntamiento de Barcelona, en: Ayuntamiento de Barcelona. "El simulador de ayudas del Ayuntamiento de Barcelona." Ayuntamiento de Barcelona, <https://ajuntament.barcelona.cat/educacioeconomica/es/el-simulador-de-ayudas-del-ayuntamiento-de-barcelona/>. Sobre una mejor gestión de las prestaciones sociales a través de IA, véase: Lanbide. "Lanbide crea la nueva Unidad de Inspección que asesorará y controlará el correcto cumplimiento de la RGI." Lanbide, <https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-/noticia/2023/lanbide-crea-nueva-unidad-inspeccion-que-asesorara-y-controlara-correcto-cumplimiento-rgi/>.

<sup>54</sup> Agencia Tributaria. "Fomento de prestación de servicios electrónicos." Ministerio de Hacienda, [https://sede.agenciatributaria.gob.es/Sede/informacion-institucional/memorias/memoria-2020/4-principales-actuaciones/4\\_3-fomento-prestacion-servicios-medios-electronicos/4\\_3\\_5-otros-nuevos-tramites-telematicos.html](https://sede.agenciatributaria.gob.es/Sede/informacion-institucional/memorias/memoria-2020/4-principales-actuaciones/4_3-fomento-prestacion-servicios-medios-electronicos/4_3_5-otros-nuevos-tramites-telematicos.html).

<sup>55</sup> Por ejemplo, el portal de empleo *The Work* en Corea del Sur ha logrado, mediante IA, proporcionar información laboral inmediata que antes requería al menos 10 minutos de búsqueda. Para más información sobre los portales de empleo que usan IA, véase: JobNet (Dinamarca), <https://info.jobnet.dk/om-jobnet/jobnet-in-english/>; MyCareersFuture (Singapur), <https://www.mycareersfuture.gov.sg/>; y Observatory of Public Sector Innovation. "The Work." OCDE, <https://oecd-opsi.org/innovations/the-work/>.

<sup>56</sup> Véase Apuntes metodológicos. Para más detalles, sobre el uso de la IA para asignar cursos de formación a los demandantes de empleo, véase: Cockx, Bart, Michael Lechner, y Joost Bollens. "Priority to unemployed immigrants? A causal machine learning evaluation of training in Belgium." *Labour Economics* 80, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2022.102306>.

<sup>57</sup> Por ejemplo, el sistema *Prometea* usado por la Fiscalía de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires elabora au-

tomáticamente dictámenes judiciales y ha demostrado elaborar estos documentos en tan solo 20 segundos, coincidiendo en un 96% de las veces con las decisiones de los profesionales del sistema judicial. Los resultados han demostrado que la implementación de este software puede reducir el tiempo necesario para resolver un pliego de contrataciones de 90 minutos a solo 1 minuto, y el proceso de requerimiento de juicios de 167 días a 38 días. Para más información sobre cómo la IA podría mejorar el sistema judicial, véase: Corvalán, Juan, Le Fevre Cervini, y Enzo Maria. "Promotea experience. Using AI to optimize public institutions." *Rivista interdisciplinare sul diritto delle amministrazioni pubbliche* 2, 2020. <https://doi.org/10.13130/2723-9195/2020-2-2>; y Estevez, Elsa, Sebastián Linares Lejarraga, y Pablo Fillottrani. *Prometea. Transformando la administración de justicia con herramientas de inteligencia artificial*. Nueva York: Banco Interamericano de Desarrollo, 2020. <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/PROMETEA-Transformando-la-administracion-de-justicia-con-herramientas-de-inteligencia-artificial.pdf>.

<sup>58</sup> Para más detalles, véase: Arora, Anmol, et al. "The value of standards for health datasets in artificial intelligence-based applications." *Nature Medicine* 29, n.º 11, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02608-w>; Carney, Terry. "Artificial intelligence in welfare: Striking the vulnerability balance?" *Monash University Law Review* 46, n.º 2, 2020. <https://doi.org/10.26180/13370369.v1>; y Clarke, Andrew, Cameron Parsell, y Lutfun Nahar Lata. "Surveilling the marginalised: How manual, embodied and territorialised surveillance persists in the age of 'dataveillance'." *The Sociological Review* 69, n.º 2, 2021. <https://doi.org/10.1177/0038026120954785>.

<sup>59</sup> Coughlan, Sean. "Why did the A-level algorithm say no?" BBC, <https://www.bbc.com/news/education-53787203>.

<sup>60</sup> Para más información sobre cómo compartir datos sensibles respetando la privacidad de los usuarios, véase: Larson, David B., et al. "Ethics of using and sharing clinical imaging data for artificial intelligence: a proposed framework." *Radiology* 295, 2020. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020192536>. Para más información sobre la importancia de la privacidad, la anonimización y los posibles ataques ciberneticos, véase, entre otros: Creu, Ana-Maria, et al. "Interaction data are identifiable even across long periods of time." *Nature Communications* 13, n.º 313, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27714-6>; Hu, Hongsheng, et al. "Membership inference attacks on machine learning: A survey." *ACM Computing Surveys (CSUR)* 54, n.º 11, 2022. <https://doi.org/10.1145/3523273>; Kaassis, Georgios A., et al. "Secure, privacy-preserving and federated machine learning in medical imaging." *Nature Machine Intelligence* vol. 2, n.º 6, 2020. <https://doi.org/10.1038/s42256-020-0186-1>; y Liu, Bo, et al. "When machine learning meets privacy: A survey and outlook." *ACM Computing Surveys (CSUR)* 54, n.º 2, 2021. <https://doi.org/10.1145/3436755>. Sobre la opacidad con la que pueden funcionar los algoritmos, véase: Amann, Julia, et al. "Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective." *BMC Medical Informatics and Decision Making*

20, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01332-6>; de Bruijn, Hans, Martijn Warnier, y Marijn Janssen. "The perils and pitfalls of explainable AI: Strategies for explaining algorithmic decision-making." *Government Information Quarterly* 39, n.º 2, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101666>; y Fazi, M. Beatrice. "Beyond human: Deep learning, explainability and representation." *Theory, Culture & Society* 38, n.º 7-8, 2021. <https://doi.org/10.1177/0263276420966386>.

<sup>61</sup> En 2020, un tribunal neerlandés sentenció que un algoritmo de detección de fraude en el cobro de prestaciones sociales que había usado el gobierno de Países Bajos no cumplía con los requisitos básicos de legalidad y transparencia y ordenó la revocación de todas sus decisiones. Más de 10.000 familias fueron penalizadas simplemente por ser sospechosas de fraude, lo que dejó a muchas de ellas, ya en situación de riesgo, con deudas desorbitadas que en muchos casos eran incorrectas. Un caso similar ocurrió en Australia, donde el uso de algoritmos en la Administración pública ha generado preocupaciones sobre la equidad y la transparencia en la toma de decisiones automatizadas. Para más información, véase: Rachovitsa, Adamantia, y Niclas Johann. "The human rights implications of the use of AI in the digital welfare state: Lessons learned from the Dutch SyRI case." *Human Rights Law Review* 22, n.º 2, 2022. <https://doi.org/10.1093/hrlr/ngac010>; y Veale, Michael, e Irina Brass. "Administration by algorithm? Public management meets public sector machine learning." *Algorithmic Regulation*, 2019. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3375391](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3375391).

<sup>62</sup> Para obtener más información sobre el reglamento europeo relativo a la IA y la protección de datos, véase: Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea. *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)*. Bruselas, 2024. <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>; y Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea. *Reglamento (UE) 2018/1725 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2018, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales por las instituciones, órganos y organismos de la Unión, y a la libre circulación de esos datos, y por el que se derogan el Reglamento (CE) n.º 45/2001 y la Decisión n.º 1247/2002/CE*. Bruselas, 2018. <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/1725/oj>.

<sup>63</sup> Para un análisis más detallado sobre la importancia de avanzar en la transición ecológica y los objetivos fijados para 2040, consultese el capítulo "Convertirnos en una sociedad neutra en carbono, sostenible y resiliente al cambio climático" en: Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia (coord.). *España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2021. <https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/>

[Documents/2021/200521-Estrategia\\_Espana\\_2050.pdf](Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf); y Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia. "Brújula del país." Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia, <https://futuros.gob.es/nuestro-trabajo/brujula-del-pais/desde-los-anos-80>.

<sup>64</sup> Para más detalles, véase: Ahmad, Tanveer, et al. "Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status Quo, challenges and opportunities." *Journal of Cleaner Production* 289, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125834>; Mhlanga, David. "Artificial intelligence and machine learning for energy consumption and production in emerging markets: A review." *Energies* 16, n.º 2, 2023. <https://doi.org/10.3390/en16020745>; y Wei, Nan, et al. "Conventional models and artificial intelligence-based models for energy consumption forecasting: A review." *Journal of Petroleum Science and Engineering* 181, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106187>.

<sup>65</sup> Para más detalles, véase: Bennagi, Aseel, et al. "Comprehensive study of the artificial intelligence applied in renewable energy." *Energy Strategy Reviews* 54, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101446>; Boza, Pal, y Theodoros Evgeniou. "Artificial intelligence to support the integration of variable renewable energy sources to the power system." *Applied Energy* 290, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116754>; Ortiz, Anthony, et al. "An artificial intelligence dataset for solar energy locations in India." *Scientific Data* 9, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01499-9>; y Zhou, Yuekuan. "Artificial intelligence in renewable systems for transformation towards intelligent buildings." *Energy and AI* 10, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2022.100182>. Por ejemplo, la IA permite una mejor monitorización de la evolución del calor y la humedad en un edificio, logrando un ahorro de hasta el 40% de energía en comparación con los métodos tradicionales de control de temperatura constante. Consultese: Lee, Da-sheng, Yan-Tang Chen, y Shih-Lung Chao. "Universal workflow of artificial intelligence for energy saving." *Energy Reports* 8, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.12.066>; Lima, Wesllen S., et al. "User activity recognition for energy saving in smart home environment." *2015 IEEE symposium on computers and communication (ISCC)*, 2015. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7405604>; y Salakij, Saran, et al. "Model-Based Predictive Control for building energy management. I: Energy modeling and optimal control." *Energy and Buildings* 133, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.044>.

<sup>66</sup> Para más detalles, véase: Bharadiya, Jasmin. "Artificial intelligence in transportation systems a critical review." *American Journal of Computing and Engineering* 6, n.º 1, 2023. <https://doi.org/10.47672/ajce.1487>; Collini, Enrico, Paolo Nesi, y Gianni Pantaleo. "Deep learning for short-term prediction of available bikes on bike-sharing stations." *IEEE Access* 9, 2021. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9530580>; y Sayed, Sayed A., Yasser Abdel-Hamid, y Hesham Ahmed Hefny. "Artificial intelligence-based traffic flow prediction: a comprehensive review." *Journal of Electrical Systems and Information Technology* 10, 2023. <https://doi.org/10.1186/s43067-023-00081-6>.

<sup>67</sup> Para el análisis detallado sobre los cálculos de impacto, véase Apuntes metodológicos. Para más detalles sobre el impacto de los vehículos autónomos en el volumen de emisiones, consúltese: Ercan, Tolga, et al. "Autonomous electric vehicles can reduce carbon emissions and air pollution in cities." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 112, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103472>; Le Hong, Zoe, and Naomi Zimmerman. "Air quality and greenhouse gas implications of autonomous vehicles in Vancouver, Canada." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 90, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102676>; Silva, Óscar, et al. "Environmental impacts of autonomous vehicles: A review of the scientific literature." *Science of The Total Environment* 830, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154615>; y, Stern, Raphael E., et al. "Quantifying air quality benefits resulting from few autonomous vehicles stabilizing traffic." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 67, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.12.008>. Para el caso de Vitoria-Gasteiz, véase: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. "La inteligencia artificial llega a los semáforos de Vitoria-Gasteiz." Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, <https://blogs.vitoria-gasteiz.org/medios/tag/proyecto-green-light/>.

<sup>68</sup> Para más detalles, véase: Apuntes metodológicos. Para más información sobre cómo la IA puede reducir las pérdidas de agua y el nivel de contaminación en la red de suministro, véase: Kammoun, Maryam, Amina Kammoun, y Mohamed Abid. "Leak detection methods in water distribution networks: a comparative survey on artificial intelligence applications." *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice* 13, 2022. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000646](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000646); y Wang, Puze, et al. "Exploring the application of artificial intelligence technology for identification of water pollution characteristics and tracing the source of water quality pollutants." *Science of the Total Environment* 693, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.246>.

<sup>69</sup> Para el análisis detallado sobre los cálculos de impacto, véase Apuntes metodológicos. Para más detalles sobre el uso de la IA para la optimización del riego, véase: Coala project, <https://www.coalaproject.eu/>.

<sup>70</sup> Para más detalles, véase: Mohammed, Maged, Hala Hamdoun, y Alaa Sagheer. "Toward sustainable farming: Implementing artificial intelligence to predict optimum water and energy requirements for sensor-based micro irrigation systems powered by solar PV." *Agronomy* 13, n.º 4, 2023. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041081>; Priyanka, Teresa, Pratishtha Soni, y C. Malathy. "Agricultural crop yield prediction using artificial intelligence and satellite imagery." *Eurasian Journal of Analytical Chemistry* 13, n.º 7, 2018. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:189998011>; y Toscano-Miranda, Raúl, et al. "Artificial-intelligence and sensing techniques for the management of insect pests and diseases in cotton: A systematic literature review." *The Journal of Agricultural Science* 160, n.º 1, 2022. <https://doi.org/10.1017/S002185962200017X>.

<sup>71</sup> Para más detalles, véase: Dewitte, Steven, et al. "Artificial intelligence revolutionizes weather forecast, climate

monitoring and decadal prediction." *Remote Sensing* 13, n.º 16, 2021. <https://doi.org/10.3390/rs13163209>; y Huntingford, Chris, et al. "Machine learning and artificial intelligence to aid climate change research and preparedness." *Environmental Research Letters* 14, n.º 12, 2019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab4e55>.

<sup>72</sup> Para más detalles, véase: Apuntes metodológicos. Para más información sobre los retos y oportunidades de la IA, véase: Delort, Etienne, Laura Riou, y Anukriti Srivastava. *Environmental Impact of Artificial Intelligence*. HAL open science, 2023. <https://inria.hal.science/hal-04283245/document>; Masterson, Victoria. "9 ways AI is helping tackle climate change." World Economic Forum, <https://www.weforum.org/agenda/2024/02/ai-combat-climate-change/>; y Vinuesa, Ricardo, et al. "The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals." *Nature communications* 11, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>.

<sup>73</sup> Para más detalles sobre el consumo de electricidad y las emisiones del modelo GPT-3, véase: Patterson, David, et al. "Carbon Emissions and Large Neural Network Training." *arXiv*, 2021. <https://arxiv.org/abs/2104.10350>; Patterson, David, et al. "The Carbon Footprint of Machine Learning Training Will Plateau, Then Shrink." *arXiv*, 2022. <https://arxiv.org/abs/2204.05149>; y Saenko, Kate. "A Computer Scientist Breaks Down Generative AI's Hefty Carbon Footprint." SCIAM, <https://www.scientificamerican.com/article/a-computer-scientist-breaks-down-generative-ais-hefty-carbon-footprint/>. Un centro de datos de tamaño mediano con una capacidad de 15 megavatios puede llegar a consumir entre 300 y 490 millones de litros de agua anualmente para su sistema de refrigeración. Para más detalles sobre el impacto de la IA en la demanda de agua, consúltese: Li, Pengfei, et al. "Making AI Less 'Thirsty': Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models." *arXiv*, 2023. <https://arxiv.org/abs/2304.03271>; Mytton, David. "Data centre water consumption." *npj Clean Water* 4, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00101-w>; y, Ren, Shaolei. "How much water does AI consume? The public deserves to know." OECD.AI Policy Observatory, <https://oecd.ai/en/wonk/how-much-water-does-ai-consume>. El agua ultrapura es agua que ha sido purificada mediante procesos avanzados para eliminar casi todas las impurezas, incluidos iones, partículas y bacterias. Se utiliza en la fabricación y mantenimiento de hardware para IA, asegurando que los componentes electrónicos funcionen de manera óptima sin interferencias. Para más información, véase: Zhang, Xinbo, et al. "A critical review on challenges and trend of ultrapure water production process." *Science of The Total Environment* 785, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147254>.

<sup>74</sup> En respuesta al alto consumo de recursos de modelos de IA de gran tamaño como BERT o GPT-2, se están empezando a desarrollar sistemas más pequeños y eficientes. Por ejemplo, Distilled-BERT, una versión más compacta de BERT, consume un 44% menos de energía. De manera similar, Distilled-GPT-2 consume un 28% menos

de energía que GPT-2 con un uso de memoria también más reducido. Para más información, véase: Sanh, Victor, *et al.* "DistilBERT, A Distilled Version of BERT: Smaller, Faster, Cheaper and Lighter." *arXiv*, 2020. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.01108>; y Yuan, Ye, *et al.* "The Impact of Knowledge Distillation on the Energy Consumption and Runtime Efficiency of NLP Models." *Proceedings of the IEEE/ACM 3rd International Conference on AI Engineering-Software Engineering for AI*, 2024. <https://doi.org/10.1145/3644815.3644966>.

<sup>75</sup> A nivel mundial, en 2022, se produjeron 62 millones de toneladas de residuos electrónicos, un 82% más que en 2010. En 2040, el volumen total de residuos electrónicos podría duplicar los generados en la actualidad, de los que, en la actualidad, solo se recicla el 22%. Véase : Unitar. "Five times faster than documented E-waste recycling." Unitar, <https://unitar.org/about/news-stories/press/global-e-waste-monitor-2024-electronic-waste-rising-five-times-faster-documented-e-waste-recycling>; y Word Economic Forum. *A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot*. Ginebra: PACE, 2019. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_New\\_Circular\\_Vision\\_for\\_Electronics.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf).

<sup>76</sup> Una revisión de más de 230 estudios de caso mostró que, en el 83% de ellos, el consumo de agua aumentó tras la implementación de tecnologías de riego eficiente. En aquellos donde el consumo se redujo, las políticas públicas resultaron clave para potenciar el impacto positivo de estas tecnologías. Para más detalles, véase: Font Vivanco, David, *et al.* "The foundations of the environmental rebound effect and its contribution towards a general framework." *Eco-logical Economics* 125, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.02.006>; Pérez-Blanco, C. Dionisio, Arthur Hrast-Essenfelder, y Chris Perry. "Irrigation technology and water conservation: A review of the theory and evidence." *Review of Environmental Economics and Policy*, 2020. <http://dx.doi.org/10.1093/reep/reaa004>; y Toreti, A, *et al.* *World Drought Atlas European*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2024. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC139691>.

<sup>77</sup> Merchant, Amil, *et al.* "Scaling deep learning for materials discovery." *Nature* 624, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06735-9>.

<sup>78</sup> La IA puede contribuir a la identificación y clasificación automática de especies; la lucha contra la caza y la pesca furtiva, y la tala ilegal de árboles; el monitoreo de especies vegetales y animales en espacios protegidos; o la priorización de los esfuerzos de restauración de ecosistemas en zonas más dañadas. A través de su aplicación al análisis genómico, también puede ayudar a conservar nuestro medio natural detectando la presencia de especies invasoras en el agua o el suelo, o mejorando el conocimiento científico sobre la evolución y comportamiento animal. Para más detalles sobre el uso de la IA para proteger la biodiversidad, véase: Fang, Fei, *et al.* "Predicting poaching for wildlife protection." *IBM Journal of Research and Development* 61, n.º 6, 2017. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8167377>; Hu, Binbin, *et al.* "Using artificial intelligence to rapidly identify microplastics pollution and predict microplastics environmental behaviors." *Journal of*

*Hazardous Materials* 474, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134865>; y Rodriguez III, Roberto, *et al.* "Comparing interpretation of high-resolution aerial imagery by humans and artificial intelligence to detect an invasive tree species." *Remote Sensing* 13, n.º 17, 2021. <https://doi.org/10.3390/rs13173503>.

<sup>79</sup> España registró en 2022 una tasa de criminalidad de 48,6 infracciones penales por cada 1.000 habitantes y una tasa de homicidios de 0,68 homicidios dolosos por cada 100.000 habitantes, siendo inferior a la de países como Alemania, Dinamarca, Finlandia o Suecia. España ocupa el puesto número 23 y número 21 en la última edición del Global Peace Index y del Global Law and Order Index, respectivamente. Sobre la tasa de criminalidad y homicidios, consultese: INE. *Indicadores de criminalidad por tipo de indicador y periodo*. <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t00/ICV/dim6/I0/&file=61103.px&l=0>; y Eurostat. *Police-recorded offences by offence category [crim\_off\_cat]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>. Para más información sobre los índices globales de seguridad, véase: Institute for Economics & Peace. *Global Peace Index* 2024. Sydney: Institute for Economics & Peace, 2024. <https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2024/06/GPI-2024-web.pdf>; y GALLUP. *Global Law and Order Report* 2023. Washington D.C.: GALLUP, 2023. <https://www.gallup.com/analytics/356963/gallup-global-law-and-order-report.aspx>.

<sup>80</sup> Sobre este asunto, véase: Departamento de Seguridad Nacional. *Informe Anual de Seguridad Nacional 2023*. Madrid, 2024. <https://www.dsn.gob.es/sites/default/files/documents/ACCESIBLE%20MAQUETA%20IASN2023.pdf>. Gray, Kevin, y Craig Murphy. "Introduction: Rising powers and the future of global governance." *Third World Quarterly* 34, n.º 2, 2013. <https://doi.org/10.1080/01436597.2013.775778>; Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia del Gobierno. *Resilient EU2030. A future-oriented approach to reinforce the EU's Open Strategic Autonomy and Global Leadership*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2023. <https://futuros.gob.es/sites/default/files/2023-09/RESILIENTEU2030.pdf>; y Pontijas Calderón, José Luis. "Una nueva estrategia para la Unión Europea." *Cuadernos de estrategia* n.º 215, 2022. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8785250.pdf>.

<sup>81</sup> España registró en 2023 un total de 470.388 ciberdelitos, lo que implica una media de 1.289 ciberdelitos diarios. Asimismo, registró un total de 107.777 ciberataques, lo que implica una media de 295 ciberataques diarios. Para más detalles, véase: Departamento de Seguridad Nacional. *Informe Anual de Seguridad Nacional 2023*. Madrid, 2024. <https://www.dsn.gob.es/sites/default/files/documents/ACCESIBLE%20MAQUETA%20IASN2023.pdf>.

<sup>82</sup> Para más información, véase: Galán, Carlos. "Amenazas híbridas: nuevas herramientas para viejas aspiraciones." *Real Instituto Elcano, Documentos de trabajo*, n.º 20, 2018. <https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2021/10/dt20-2018-galan-amenazas-hibridas-nuevas-herramientas-para-viejas-aspiraciones.pdf>; y Parlamento Europeo. *At a glance: Unders-*

tanding hybrid threads. Bruselas: Servicio de Estudios del Parlamento Europeo, 2015. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2015/564355/EPRS\\_ATA\(2015\)564355\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2015/564355/EPRS_ATA(2015)564355_EN.pdf).

<sup>83</sup> Comisión Europea. *2021 Strategic Foresight Report. The EU's capacity and freedom to act*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2021. <https://data.europa.eu/doi/10.2792/55981>.

<sup>84</sup> Los datos presentados se corresponden con los “hechos conocidos” de infracciones penales relacionadas con cibercriminalidad, hurtos y robos desde 2011 a 2023. Pueden consultarse en: Ministerio del Interior. *Portal estadístico de criminalidad. Hechos conocidos por comunidades autónomas, tipología penal y periodo* [Hurtos; Robos con fuerzas en las cosas, Robos con violencia e intimidación]. <https://estadisticasdecriminalidad.ses.mir.es/publico/portalestadistico/datos.html?type=pcaxis&path=/Datos1&file=pcaxis>; y Ministerio del Interior. *Portal estadístico de criminalidad. Hechos conocidos de infracciones penales relacionadas con la cibercriminalidad por comunidades autónomas, grupo penal y periodo*. [TOTAL grupo penal]. <https://estadisticasdecriminalidad.ses.mir.es/publico/portalestadistico/datos.html?type=pcaxis&path=/Datos5&file=pcaxis>.

<sup>85</sup> Sobre la protección de infraestructuras estratégicas, véase: Indra. *Inteligencia Artificial aplicada a la protección de infraestructuras*. [https://www.indracompany.com/sites/default/files/neo\\_indra\\_3\\_0.pdf](https://www.indracompany.com/sites/default/files/neo_indra_3_0.pdf); y Laplante, Phil, et al. “Artificial intelligence and critical systems: From hype to reality.” *Computer* 53, n.º 11, 2020. <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MC.2020.3006177>. Para más información sobre la proliferación de vulnerabilidades, véase: Catalá Lloret, Joaquín. “Retos de la IA aplicada a la Defensa.” En Francisco Herrera Triguero, Alfonso Peralta Gutiérrez, y Leopoldo Salvador Torres López (coords.). *El derecho y la inteligencia artificial*. Granada: Editorial Universidad de Granada, 2022; Kreps, Sarah. *Democratizing harm: Artificial Intelligence in the hands of nonstate actors*. Foreign Policy at Brookings, 2021. [https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2021/11/FP\\_20211122\\_ai\\_nonstate\\_actors\\_kreps.pdf](https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2021/11/FP_20211122_ai_nonstate_actors_kreps.pdf); y Sayler, Kelley M. *Artificial Intelligence and National Security*. Washington: Congressional Research Service, 2020. <https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=R45178>.

<sup>86</sup> Consultese: Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos. *Usos militares de la inteligencia artificial, la automatización y la robótica (IAA&R)*. Madrid: Ministerio de Defensa, 2020. [https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/u/s/usos\\_militares\\_inteligencia\\_artificial.pdf](https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/u/s/usos_militares_inteligencia_artificial.pdf); Mazzucchi, Nicolas. “AI-based technologies in hybrid conflict: The future of influence operations.” *Hybrid CoE Papers*, n.º 14, 2022. <https://www.hybridcoe.fi/wp-content/uploads/2022/06/20220623-Hybrid-CoE-Paper-14-AI-based-technologies-WEB.pdf>; y Zuboff, Shoshana. *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. Nueva York: Public Affairs, 2019.

<sup>87</sup> Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia del Gobierno. *Resilient EU2030. A future-oriented approach to*

*reinforce the EU's Open Strategic Autonomy and Global Leadership*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2023. <https://futuros.gob.es/sites/default/files/2023-09/RESILIENTEU2030.pdf>.

<sup>88</sup> El FCAS es un proyecto para desarrollar un nuevo caza que operará junto a drones autónomos interconectados, con el objetivo de mejorar la recopilación de datos, actuar como señuelos y aumentar la potencia de fuego. Para más detalles, véase: Chrzanowski, Laurent, y Stephane Mortier. “La dicotomía de los usos de la Inteligencia Artificial en Seguridad Nacional.” *Logos Guardia Civil, Revista Científica Del Centro Universitario De La Guardia Civil*, n.º 1, 2023. <https://revistacugc.es/article/view/5803>; Höller, Linus. “How Europe's next-generation combat jet aims to catch the AI wave.” *Defense News*, <https://www.defensenews.com/global/europe/2024/07/15/how-europe-s-next-generation-combat-jet-aims-to-catch-the-ai-wave/>; Lee, Kai-Fu. *AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2018; y Ministerio de Defensa. “Pista libre al futuro caza europeo. El Sistema de Armas de Siguiente Generación inicia un nuevo periplo hasta 2027.” *Revista Española de Defensa*, n.º 46, 2021. <https://www.defensa.gob.es/Galerias/gabinete/red/2021/09/p-46-49-red-386-fcas.pdf>.

<sup>89</sup> Véase, entre otros: Fiott, Daniel, y Gustav Lindstrom. “Artificial Intelligence: what implications for EU Security and Defense?” *European Union Institute for Security Studies, Brief Issue*, n.º 10, 2018. <https://www.jstor.org/stable/resrep21476>; y Sayler, Kelley M. *Artificial Intelligence and National Security*. Washington: Congressional Research Service, 2020. <https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=R45178>.

<sup>90</sup> Dabrowski, Joel Janek, y Johan Pieter de Villiers. “Maritime piracy situation modeling with dynamic Bayesian networks.” *Information Fusion* 23, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2014.07.001>.

<sup>91</sup> Deloitte. *The Age of With. The AI advantage in defense and security*. 2019. [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fi/Documents/public-sector/ca-en-final-aoda-deloitte-ai-defence-security-pov-v2%20\(2\).pdf#page=12.14](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fi/Documents/public-sector/ca-en-final-aoda-deloitte-ai-defence-security-pov-v2%20(2).pdf#page=12.14).

<sup>92</sup> Para más detalles, véase: González-Álvarez, José Luis, Jorge Santos-Hermoso, y Miguel Camacho-Collados. “Policía predictiva en España. Aplicación y retos futuros.” *Behaviour & Law Journal* 6, n.º 1, 2020. <https://www.behaviorandlawjournal.com/BLJ/article/view/75/90>; Mc-Kendrick, Kathleen. “Artificial Intelligence Prediction and Counterterrorism.” *Chatham House. The Royal Institute of Public Affairs*, 2019. <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2019-08-07-ALCounterterrorism.pdf>; y Pereira-Kohatsu, Juan Carlos, et al. “Detecting and Monitoring Hate Speech in Twitter.” *Sensors* 19, n.º 21, 2019. <https://doi.org/10.3390/s19214654>.

<sup>93</sup> Véase: González-Álvarez, José Luis, Jorge Santos-Hermoso, y Miguel Camacho-Collados. “Policía predictiva en España. Aplicación y retos futuros.” *Behaviour & Law Journal* 6, n.º 1, 2020. <https://www.behaviorandlawjour->

nal.com/BLJ/article/view/75/90; y López-Ossorio, Juan José, et al. "Validation and Calibration of the Spanish Police Intimate Partner Violence Risk Assessment System (VioGén)." *Journal of Police and Criminal Psychology* 34, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11896-019-09322-9>.

<sup>94</sup> Para más detalles, véase: Alonso Lecuit, Javier. "Implicaciones sobre el uso de la inteligencia artificial en el campo de la ciberseguridad." *Real Instituto Elcano, ARI* 50/2019. <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/implicaciones-sobre-el-uso-de-la-inteligencia-artificial-en-el-campo-de-la-ciberseguridad/>; Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos. *Usos militares de la inteligencia artificial, la automatización y la robótica (IA&R)*. Madrid: Ministerio de Defensa, 2020. [https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/u/s/usos\\_militares\\_inteligencia\\_artificial.pdf](https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/u/s/usos_militares_inteligencia_artificial.pdf); y Hoffman, Wyatt, y Heeu Millie Kim. *Reducing the Risks of Artificial Intelligence for Military Decision Advantage*. Washington: Center for Security and Emerging Technology, 2023. <https://cset.georgetown.edu/publication/reducing-the-risks-of-artificial-intelligence-for-military-decision-advantage/>.

<sup>95</sup> Las fragatas F-110, en construcción, incorporarán un gemelo digital que permitirá monitorear su funcionamiento en tiempo real y optimizar su mantenimiento. Equipadas con sensores e inteligencia artificial, esta tecnología recibe datos en tiempo real y aplica modelos predictivos para anticipar averías y acelerar las reparaciones. Para más detalles, véase: Asociación de Empresas Contratistas con las Administraciones Públicas. "SILPRE, el cerebro tecnológico de la Base Logística del Ejército de Tierra en Córdoba." Asociación de Empresas Contratistas con las Administraciones Públicas, <https://aesmide.es/silpre-el-cerebro-tecnologico-de-la-base-logistica-del-ejercito-de-tierra-en-cordoba/>; Lamas López, Francisco. "Sensores inteligentes y módulos de mantenimiento predictivo embarcado." *Revista General de Marina* 283, n.º 1, 2022. <https://armada.defensa.gob.es/archivo/rgm/2022/07/rgmjul2022cap08.pdf>; Ministerio de Defensa. "La segunda F-110, en construcción." *Revista Española de Defensa*, n.º 412, 2024. <https://www.defensa.gob.es/Galerias/gabinete/red/2024/01/p-40-43-red-412-f110.pdf>; y Sayler, Kelley M. *Artificial Intelligence and National Security*. Washington: Congressional Research Service, 2020. <https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=R45178>.

<sup>96</sup> Para más información, véase: European Union Satellite Centre. "Humanitarian aid." European Union Satellite Centre, [https://www.satcen.europa.eu/services/humanitarian\\_aid](https://www.satcen.europa.eu/services/humanitarian_aid); Gholami, Shahrzad. "Post-Disaster Building Damage Assessment." En Juan M. Lavista Ferres y William B. Weeks (eds.). *AI for Good*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2024; Gholami, Shahrzad, Erwin Knippenberg, y James Campbell. "Food Security Analysis." En Juan M. Lavista Ferres y William B. Weeks (eds.). *AI for Good*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2024; y Robinson, Caleb, Simone Fobi, y Anthony Ortiz. "Damage Assessment Following the 2023 Earthquake in Turkey." En Juan M. Lavista Ferres y William B. Weeks (eds.). *AI for Good*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2024

<sup>97</sup> Consultese: Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos. *Usos militares de la inteligencia artificial, la automatización y la robótica (IA&R)*. Madrid: Ministerio de Defensa, 2020. [https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/u/s/usos\\_militares\\_inteligencia\\_artificial.pdf](https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/u/s/usos_militares_inteligencia_artificial.pdf); Fiott, Daniel, y Gustav Lindstrom. "Artificial Intelligence: what implications for EU Security and Defense?" *European Union Institute for Security Studies, Brief Issue*, n.º 10, 2018. <https://www.iss.europa.eu/publications/briefs/artificial-intelligence-what-implications-eu-security-and-defence>; y Sayler, Kelley M. *Artificial Intelligence and National Security*. Washington: Congressional Research Service, 2020. <https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=R45178>.

<sup>98</sup> Entre los hitos más significativos destacan el incremento del Salario Mínimo Interprofesional, la implementación del Ingreso Mínimo Vital y la reforma laboral de 2021. Para un análisis más detallado sobre la evolución de la desigualdad en España, consultese el capítulo "Reducir la pobreza y la desigualdad y reactivar el ascensor social" en: Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia (coord.). *España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2021. [https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia\\_Espana\\_2050.pdf](https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf).

<sup>99</sup> El cambio tecnológico sesgado a favor del empleo cualificado (SBTC, por sus siglas en inglés: *Skill Biased Technological Change*) y la teoría de la rutinización son las principales explicaciones de los efectos de la tecnología en el mercado laboral. Ambas teorías destacan los impactos desiguales de la tecnología según el nivel educativo, beneficiando principalmente a los trabajadores altamente cualificados en términos de empleo y salarios. Para más detalles sobre el cambio tecnológico sesgado a favor del empleo cualificado, la teoría de la rutinización y la evidencia disponible para España, véase: Acemoglu, Daron. "Technical Change, Inequality, and the Labor Market." *Journal of Economic Literature* 40, n.º 1, 2002. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/0022051026976>; Anghel, Brindusa, Sara de la Rica, y Aitor Lacuesta. "The impact of the great recession on employment polarization in Spain." *SERIES* 5, 2014. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13209-014-0105-y>; Autor, David, Frank Levy, y Richard J. Murnane. "The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration." *The Quarterly Journal of Economics* 118, n.º 4, 2003. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>; y Sebastian, Raquel. "Explaining job polarisation in Spain from a task perspective." *SERIES* 9, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13209-018-0177-1>.

<sup>100</sup> La evidencia disponible sobre la IA no generativa sugiere que su adopción puede ampliar las desigualdades económicas. Varios estudios han encontrado que la demanda de habilidades en IA está asociada con primas salariales significativas y que beneficia principalmente a las ocupaciones de mayores ingresos. Asimismo, una mayor exposición a la IA se relaciona con una mayor estabilidad laboral para los trabajadores más educados. Para más detalles, véase: Albanesi, Stefania, et al.

“New technologies and jobs in Europe.” *ECB Working Paper Series*, n.º 2831, 2024. <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp2831~fabeeb6849.en.pdf>; Alekseeva, Liudmila, et al. “The Demand for AI Skills in the Labour Market.” *Labour Economics* 71, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2021.102002>; Felten, Edward, Manav Raj, y Robert Seamans. “The Effect of Artificial Intelligence on Human Labor: An Ability-Based Approach.” *Academy of Management Proceedings*, 2019. <https://journals.aom.org/doi/10.5465/AMBPP.2019.140>; y Fosser, Frank, y Alina Sorgner. “New digital technologies and heterogeneous wage and employment dynamics in the United States: Evidence from individual-level data.” *Technological Forecasting and Social Change* 175, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121381>.

<sup>101</sup> Filippucci, Francesco, et al. “The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges.” *OECD Artificial Intelligence Papers*, n.º 15, París: OECD Publishing, 2024. <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>.

<sup>102</sup> Roser, Max. “AI timelines: What do experts in artificial intelligence expect for the future?” Our World in Data, <https://ourworldindata.org/ai-timelines>

<sup>103</sup> Para más detalles, consúltese: Autor, David. “Applying AI to rebuild middle class jobs.” *National Bureau of Economic Research Working Paper* n.º 32140, 2024. <https://www.nber.org/papers/w32140>; Brynjolfsson, Erik, Danielle Li, y Lindsey R. Raymond. “Generative AI at work.” *National Bureau of Economic Research Working Paper* n.º 31161, 2023. <https://www.nber.org/papers/w31161>; Webb, Michael. “The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market.” 2020. [https://www.michaelwebb.co/webb\\_ai.pdf](https://www.michaelwebb.co/webb_ai.pdf); y Noy, Shakked, y Whitney Zhang. “Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence.” *Science* 381, n.º 6654, 2023. <https://doi.org/10.1126/science.adh2586>. En cualquier caso, la evidencia todavía es incipiente, y existe literatura que muestra que los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM, por sus siglas en inglés: *Large Language Model*) podrían incrementar las disparidades entre diferentes ocupaciones y niveles educativos, beneficiando a los más educados. Para más detalles, véase: Haslberger, Matthias, Jane Gringrich, y Jasmine Bhatia. “No Great Equalizer: Experimental Evidence on AI in the UK Labor Market.” *SSRN*, 2023. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4594466>.

<sup>104</sup> Para el tamaño de cada burbuja, se utiliza como referencia el empleo promedio en cada ocupación durante el periodo 2015-2019. Para más detalles, véase: INE. *Encuesta de Población Activa. Ocupados*. [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595); y Loaiza, Isabella, y Roberto Rigobon. “The EPOCH of AI: Human Machine Complementarities at Work.” *MIT Working Paper*, 2024. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5028371>.

<sup>105</sup> La metodología EPOCH identifica las capacidades humanas que mejor complementan a la IA, midiendo su intensidad en diversas tareas y ocupaciones. EPOCH com-

prende cinco categorías de capacidades, por sus siglas en inglés: empatía e inteligencia emocional (E, *empathy and emotional intelligence*); presencia física y personal (P, *presence*); opinión, capacidad de juzgar y ética (O, *opinion, judgement and ethics*); creatividad e imaginación (C, *creativity and imagination*); y optimismo e inspiración (H, *hope and vision*). Este innovador marco de análisis asigna una puntuación entre 0 y 1 a cada ocupación: cuanto mayor sea la puntuación, más alineado estará el trabajo con las tecnologías emergentes. Esto permite determinar qué actividades son más propicias para sinergias entre humanos y máquinas, y cuáles tienen un mayor riesgo de reemplazo laboral. En el caso de España, aquellas ocupaciones con un valor de “complementariedad” alto (superior al percentil 40) representan el 65% de la población trabajadora tomando como período de referencia el promedio de 2015-19. Para más detalles, véase: Loaiza, Isabella, y Roberto Rigobon. “The EPOCH of AI: Human Machine Complementarities at Work.” *MIT Working Paper*, 2024. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5028371>. Para obtener más detalles sobre el potencial de la IA generativa como complemento al trabajo humano, especialmente en la industria, véase: Alam, Ferdous, et al. “From Automation to Augmentation: Redefining Engineering Design and Manufacturing in the Age of NextGen-AI.” An MIT Exploration of Generative AI, 2024. <https://mit-ge-nai.pubpub.org/pub/9s6690gd/release/2>.

<sup>106</sup> A ello, habría que sumar la concentración de las rentas de capital en la población con más ingresos. Véase: Cazzaniga, Mauro, et al. “Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work.” *IMF Staff Discussion Note*, n.º 1, 2024. <https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2024/01/14/Gen-AI-Artificial-Intelligence-and-the-Future-of-Work-542379?cid=bl-com-SDNEA2024001>; y Filippucci, Francesco, et al. “The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges.” *OECD Artificial Intelligence Papers*, n.º 15, París: OECD Publishing, 2024. <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>.

<sup>107</sup> El valor bursátil de Apple, Microsoft, Amazon, Alphabet (Google), Meta (anteriormente Facebook), Tesla y NVIDIA representaba el 29% de la capitalización del S&P 500 a finales de 2023. Para más detalles, véase: Kostin, David, et al. 2024 *US Equity Outlook: “All You Had To Do Was Stay.”* Goldman Sachs, 2023. <https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/gs-research/2024-us-equity-outlook-all-you-had-to-do-was-stay/report.pdf>. Para un análisis sobre la relación entre la adopción de la inteligencia artificial y el incremento de la concentración de las rentas de capital y de la riqueza, entre otros, véase: Cazzaniga, Mauro, et al. “Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work.” *IMF Staff Discussion Note*, n.º 1, 2024. <https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2024/01/14/Gen-AI-Artificial-Intelligence-and-the-Future-of-Work-542379?cid=bl-com-SDNEA2024001>; y Filippucci, Francesco, et al. “The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges.” *OECD Artificial Intelligence*

ce Papers, nº. 15, París: OECD Publishing, 2024. <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>.

<sup>108</sup> Para más detalles, véase: Capraro, Valerio, et al. "The impact of generative artificial intelligence on socioeconomic inequalities and policy making." *PNAS Nexus* 3, n.º 6, 2024. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgae191>; y Carvajal Daniel, Catalina Franco, y Siri Isaksson. "Will artificial intelligence get in the way of achieving gender equality?" 2024. <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmui/bitstream/handle/11250/3122396/DP%2003.pdf>.

<sup>109</sup> Por ejemplo, en procesos de contratación, la IA puede excluir a las mujeres que se postulan para ciertos puestos de dirección si la mayoría de personas que ocupan esos cargos son hombres. En casos de reconocimiento facial, el entrenamiento con imágenes de personas con piel clara puede derivar en dificultades para identificar personas de piel oscura. Para más detalles, véase: Chen, Zhisheng. "Ethics and discrimination in artificial intelligence-enabled recruitment practices." *Humanities and Social Sciences Communications* 10, n.º 567, 2023. <https://www.nature.com/articles/s41599-023-02079-x>; y Raji, Inioluwa Deborah, y Joy Buolamwini. "Actionable Auditing: Investigating the Impact of Publicly Naming Biased Performance Results of Commercial AI Products." *AIES '19: Proceedings of the 2019 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, 2019. <https://www.media.mit.edu/publications/actionable-auditing-investigating-the-impact-of-publicly-naming-biased-performance-results-of-commercial-ai-products/>. Un grupo de investigadores del *Berkeley Haas Center for Equity, Gender and Leadership*, dedicado a reducir los sesgos en la IA, encontró que el 44% de los sistemas de IA presenta sesgos de género, mientras que el 26% combina sesgos de género y raciales. Para más detalles, véase: Smith Geneve, e Ishita Rustagi. "When Good Algorithms Go Sexist: Why and How to Advance AI Gender Equity." *Stanford Social Innovation Review*, <https://doi.org/10.48558/A179-B138>.

<sup>110</sup> Sobre cómo la IA puede ayudar a la integración de personas con discapacidad, véase: Escolano, Raquel Valle. "Inteligencia artificial y derechos de las personas con discapacidad." *Revista Española de Discapacidad* 11, nº 1. 2023. <https://doi.org/10.5569/2340-5104.11.01.01>.

<sup>111</sup> Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública. Estrategia de Inteligencia Artificial 2024. Madrid, 2024. [https://portal.mineco.gob.es/es-es/digitalizacionIA/Documents/Estrategia\\_IA\\_2024.pdf](https://portal.mineco.gob.es/es-es/digitalizacionIA/Documents/Estrategia_IA_2024.pdf). Las oportunidades y recomendaciones para el uso de la IA en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible se encuentran detalladas en diversos informes. Entre ellos, véase: Oliver, Nuria. *Artificial intelligence for social good—the way forward. Science, Research and Innovation Performance of the EU 2022 Report*, 2022. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2022-07/ec\\_rtd\\_srip-2022-report-chapter-11.pdf](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2022-07/ec_rtd_srip-2022-report-chapter-11.pdf).

<sup>112</sup> Para más información sobre los programas Cadenas de Valor IA, RETECH y Kit Digital, Compra Pública de Innovación, y el Fondo Next Tech, véase: España Digital 2026. "Convocatoria de subvenciones para inte-

gración de la IA en cadenas de valor." Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, <https://espanadigital.gob.es/lineas-de-actuacion/convocatoria-de-subvenciones-para-integracion-de-la-ia-en-cadenas-de-valor>; Instituto de Crédito Oficial. "Fond-ICO Next Tech." Instituto de Crédito Oficial, <https://www.ico.es/web/axis/fond-ico-next-tech>; Instituto Nacional de Ciberseguridad. "Compra Pública de Innovación." Instituto Nacional de Ciberseguridad, <https://www.incibe.es/industria-cpi>; Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. "Conoce el programa RETECH: Redes Territoriales de Especialización Tecnológica." Gobierno de España, <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/conoce-programa-retech-redes-territoriales-especializacion-tecnologica-plan-recuperacion>; y red.es. "Transformación Digital PYMES: Kit Digital." Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, <https://www.red.es/es/iniciativas/proyectos/kit-digital>.

<sup>113</sup> Para más detalles sobre la *Global Skills Strategy* de Canadá o la *Tech Visa* de Francia, véase: French Tech Mission. "French Tech Visa." Gobierno de Francia, <https://lafranchtech.gouv.fr/en/come-work-in-france/french-tech-visa/>; y Gobierno de Canadá. "Global Skills Strategy: Find out if you're eligible for faster processing." Gobierno de Canadá, <https://www.canada.ca/en/immigration-refugees-citizenship/services/work-canada/permit/temporary/global-skills-strategy.html>.

<sup>114</sup> Para más información sobre los cursos *Elements of IA* y *Data & AI Literacy ePrimer* implementados por Finlandia y Singapur, véase: *Elements of IA*, <https://www.elementsofai.com/es/>; y Singapore Government Developer Portal. "Data & AI Literacy ePrimer." Singapore Government Developer Portal, <https://www.developer.tech.gov.sg/products/collections/data-science-and-artificial-intelligence/data-ai-literacy-eprimer.html#>. Sobre los programas de financiación para la formación en IA desplegados en Reino Unido e Italia, véase: Department for Science, Innovation and Technology. "AI Upskilling fund." Gobierno de Reino Unido, <https://www.gov.uk/government/publications/flexible-ai-upskilling-fund#:~:text=Through%20this%20pilot%20programme%2C%20eligible,use%20AI%20in%20their%20role>; e Italia Domani. "Transition 4.0." Gobierno de Italia, <https://www.italiadomani.gov.it/en/Interventi/investimenti/transizione-4-0.html>.

<sup>115</sup> Para más información sobre las iniciativas llevadas a cabo por los Consejos Científicos de EE. UU. y Reino Unido, y *European Laboratory for Learning and Intelligent Systems* (ELLIS), véase: European Laboratory for Learning and Intelligent Systems, <https://ellis.eu/>; UK Research and Innovation. "Artificial intelligence hubs for real data an for scientific and engineering research." <https://www.ukri.org/opportunity/artificial-intelligence-hubs-for-real-data-and-for-scientific-and-engineering-research/>; y US National Science Foundation. "National Artificial Intelligence Research Institutes". <https://new.nsf.gov/funding/opportunities/national-artificial-intelligence-research>.

<sup>116</sup> En paralelo al modelo fundacional ALIA en castellano desarrollado por el Barcelona Supercomputing Center, a

medio plazo, se debería avanzar hacia un ecosistema de modelos de menor tamaño, entrenados en castellano y las lenguas cooficiales, que sean de fácil acceso para las pymes y faciliten la adopción de la IA de forma transversal. Para más información sobre el desarrollo de los modelos públicos fundacionales y específicos consultese: Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública. *Estrategia de Inteligencia Artificial 2024*. Madrid, 2024. [https://portal.mineco.gob.es/es-es/digitalizacionIA/Documents/Estrategia\\_IA\\_2024.pdf](https://portal.mineco.gob.es/es-es/digitalizacionIA/Documents/Estrategia_IA_2024.pdf).

<sup>117</sup> La investigación en la IA frugal (uso de métodos menos intensivos en recursos computacionales y más eficientes en el consumo de energía y agua) debería ser una línea prioritaria de trabajo. Alemania y Reino Unido tienen programas con este objetivo. Para más detalles, consultese: Department for Business, Energy and Industrial, y George Freeman. "Government launches £1.5 million AI programme for reducing carbon emissions." Gobierno del Reino Unido, <https://www.gov.uk/government/news/government-launches-15-million-ai-programme-for-reducing-carbon-emissions>; y Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection. "BMUV funding initiative: AI lighthouse projects for the environment, climate, nature and resources." Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection, <https://www.bmuv.de/en/topics/digitalisation/overview-digitalisation/bmuv-funding-initiative-ai-lighthouse-projects-for-the-environment-climate-nature-and-resources>. Francia y Alemania están impulsando la innovación en IA a través de nuevas startups como *Mistral AI* y *Aleph Alpha*. *Mistral AI*, en Francia, desarrolla modelos de IA generativa con arquitectura abierta, permitiendo a empresas y desarrolladores usarlos y mejorarlos. En Alemania, *Aleph Alpha* ofrece IA generativa a empresas y gobiernos, enfocándose en soluciones eficientes, personalizables y transparentes. Para más detalles, véase: Aleph Alpha. "Sovereignty in the AI era." Aleph Alpha, <https://aleph-alpha.com/>; *Mistral AI*. "Frontier AI in your hands." *Mistral AI*, <https://mistral.ai/>; y Portal de l'EI. "Mistral AI: nouveau fer de lance de l'intelligence artificielle à la française." Portal de l'EI, <https://www.portail-ie.fr/univers/block-chain-data-et-ia/2023/mistral-ai-nouveau-fer-de-lance-de-lintelligence-artificielle-a-la-francaise/>. Entre las iniciativas para reforzar las capacidades instaladas de computación, se podría considerar el refuerzo de la potencia de superordenadores como el *MareNostrum 5* y el fortalecimiento de la Red Española de Supercomputación (RES). De acuerdo con la regulación de la *EuroHPC JU*, las empresas podrán disfrutar de hasta el 20% del tiempo de acceso a la capacidad de los supercomputadores europeos en 2025. Para más información sobre el supercomputador *MareNostrum 5* y la iniciativa y regulación de la *EuroHPC JU*, véase: Consejo de la Unión Europea. *Reglamento (UE) 2021/1173 del Consejo, de 13 de julio de 2021, por el que se crea la Empresa Común de Informática de Alto Rendimiento Europea y por el que se deroga el Reglamento (UE) 2018/1488*. Bruselas, 2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02021R1173-20210719>; European High Performance Computing Joint Undertaking. "The European High Performance Computing Joint Undertaking." Comi-

sión Europea, [https://eurohpc-ju.europa.eu/index\\_en](https://eurohpc-ju.europa.eu/index_en); y Red Española de Supercomputación. "MareNostrum5." Red Española de Supercomputación, <https://www.res.es/es/nodos-de-la-res/marenostrom-5>.

<sup>118</sup> Para más información sobre Gaia-X, la Red de Excelencia en IA, y las iniciativas de Países Bajos y Singapur en éste ámbito, véase: Comisión Europea. "AI Watch." Comisión Europea, [https://ai-watch.ec.europa.eu/index\\_en](https://ai-watch.ec.europa.eu/index_en); Gaia-X, <https://www.gaiax.es/>; Infocomm Media Development Authority. "Trusted Data Sharing Framework." Infocomm Media Development Authority, <https://www.imda.gov.sg/how-we-can-help/data-innovation/trusted-data-sharing-framework>; Ministerio de Economía, Comercio y Empresa. "España, referente en Europa con el despliegue de la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial." Ministerio de Economía, Comercio y Empresa, <https://portal.mineco.gob.es/es-es/comunicacion/Paginas/Informe-ENISA-mayo-2023.aspx>; NL AI Coalition, <https://nlaic.com/en/>; y Smart Nation Singapore, <https://www.smartnation.gov.sg/>.

<sup>119</sup> Véase: Bureau of Arms Control, Deterrence, and Stability. "Political Declaration on Responsible Military Use of Artificial Intelligence and Autonomy." U.S. Department of State, <https://www.state.gov/political-declaration-on-responsible-military-use-of-artificial-intelligence-and-autonomy-2/>; Chesterman, Simon. "Weapons of mass disruption: artificial intelligence and international law." *Cambridge International Law Journal* 10, n.º 2. 2021. <https://doi.org/10.4337/cilj.2021.02.02>; y Stanley-Lockman, Zoe, y Edward Hunter Christie. "An Artificial Intelligence Strategy for NATO." Nato Review, <https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/10/25/an-artificial-intelligence-strategy-for-nato/>.

<sup>120</sup> Para más información, véase: AI Verify Foundation, <https://aiverifyfoundation.sg/what-is-ai-verify/>; y Personal Data Protection Commission Singapore. "Singapore's Approach to AI Governance." Gobierno de Singapur, <https://www.pdpc.gov.sg/help-and-resources/2020/01/model-ai-governance-framework>.

<sup>121</sup> En este sentido, la aplicación de la *Cyber Resilience Act*, que busca, entre otras cosas, reforzar los criterios de seguridad de los productos y servicios conectados a Internet, puede ser clave para mejorar la prevención. Consultese: Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea. *Reglamento (UE) 2022/0272 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de Septiembre de 2024, relativo a los requisitos horizontales de ciberseguridad para los productos con elementos digitales y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/1020, y la Directiva (UE) 2020/1828 (Cyber Resilient Act)*. Bruselas, 2024. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-100-2023-INIT/en/pdf>. Para más detalles sobre la articulación de protocolos de actuación en el ámbito de la ciberseguridad, véase: Chakraborty, Abhilash, Anupam Biswas, y Ajay Kumar Khan. "Artificial intelligence for cybersecurity: Threats, attacks and mitigation." En Biswas, Anupam, Vijay Bhaskar Semwal, y Durgesh Singh (eds.). *Artificial Intelligence for Societal Issues. Intelligent Systems Reference Library*. Springer, Cham, 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-12419-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-12419-8_1); Garraghan, Peter. *Cyber Security for AI Recommenda-*

tions. Lancaster: Mingard, 2024. [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/663cf205bd01f5ed32793891/Cyber\\_Security\\_for\\_AI\\_recommendations\\_-\\_Mindgard\\_Report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/663cf205bd01f5ed32793891/Cyber_Security_for_AI_recommendations_-_Mindgard_Report.pdf); y Radanliev, Petar. "Cyber diplomacy: defining the opportunities for cybersecurity and risks from Artificial Intelligence, IoT, Blockchains, and Quantum Computing." *Journal of Cyber Security Technology*, 2024. <https://doi.org/10.1080/23742917.2024.2312671>.

<sup>122</sup> Estonia, Finlandia e Islandia forman parte del Nordic Institute for Interoperability Solutions, que desarrolla y actualiza las funcionalidades de X-Road. En España, la Universitat Rovira i Virgili lidera el desarrollo de la plataforma CAMIS, que, inspirada en X-Road, creará un espacio seguro para el intercambio automatizado de datos de alumnado en universidades catalanas. Para más información, véase: Boston Consulting Group. *Estonia X-Road. Open Digital Ecosystem (ODE) Case Study*. <https://es.scribd.com/document/558712838/01-Estonia-Case-Study-vF>; Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya. "CAMIS, la plataforma de interoperabilidad para el intercambio de datos seguros entre las universidades catalanas." Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya, <https://www.csuc.cat/es/noticia/camis-la-plataforma-de-interoperabilidad-para-el-intercambio-seguro-de-datos-entre-las>; y Nordic Institute for Interoperability Solutions, <https://www.niis.org>. La historia social única electrónica es una plataforma digital que centraliza toda la información relevante de cada usuario del sistema público de servicios sociales. Esta herramienta integra datos personales, familiares, sanitarios, educativos, de vivienda y laborales, facilitando una atención personalizada, eliminando duplicidades y permitiendo planes individualizados y un seguimiento más ágil de los trámites. Para más información, consúltese: Boletín Oficial Junta de Andalucía. *Decreto 58/2022, de 27 de abril, por el que se regula la estructura, uso, acceso, alcance y funciones del sistema CoheSSion, por el que se implementa la Historia Social Única Electrónica de Andalucía, y se crea el sistema ProgRESSa para la gestión de los Servicios Sociales comunitarios de Andalucía*. Sevilla, 2022. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2022/82/5>; y Comunidad de Madrid. "La Comunidad de Madrid estrenará en enero la historia social única para integrar digitalmente su nuevo modelo de atención social." Comunidad de Madrid. <https://www.comunidad.madrid/noticias/2023/12/20/comunidad-madrid-estrenara-enero-historia-social-unica-integrar-digitalmente-su-nuevo-modelo-atencion-social>.

<sup>123</sup> Como ejemplo, la herramienta *PolicyEngine* de EE. UU. ya permite simular los efectos de políticas fiscales y sociales utilizando datos reales y algoritmos avanzados. Para más detalles sobre el uso de la IA para la evaluación y diseño de políticas públicas, véase: Policy Engine. "Revolutionizing Policy Analysis with AI." Policy Engine, <https://policyengine.org/us/research/gpt-analysis>; Secretaría de Estado de Función Pública. "Evaluación de políticas públicas." Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, <https://funcionpublica.digital.gob.es/evaluacion-politicas-publicas.html#queesliepp>; y Valle-Cruz, David, et al. "Assessing the public policy-cycle framework in the age of artificial intelligence: From agen-

da-setting to policy evaluation." *Government Information Quarterly* 37, n.º4, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101509>.

<sup>124</sup> El asistente Bürokratt en Estonia permite a los ciudadanos interactuar de forma segura con varios servicios del gobierno y gestionar sus datos. Por ejemplo, pueden ejercer su derecho a la portabilidad de datos, el derecho al olvido y el derecho a ser informados sobre cualquier decisión automatizada. Para más información, véase: Information System Authority. "Bürokratt". Gobierno de Estonia, <https://www.ria.ee/en/state-information-system/personal-services/burokratt>. Los sistemas de asistencia virtual están siendo mejorados para detectar y adaptarse a las emociones de los usuarios. Por ejemplo, si un asistente virtual percibe frustración, responderá con mayor empatía; si detecta confusión, utilizará un lenguaje más sencillo. El Servicio Nacional de Salud británico utiliza *Wysa*, un asistente virtual que ofrece terapias conversacionales. *Wysa* detecta emociones mediante el análisis de texto y responde adecuadamente, proporcionando terapia y recomendaciones personalizadas. Para más información, véase: Spezialetti, Matteo, Giuseppe Placidi, y Silvia Rossi. "Emotion recognition for human-robot interaction: Recent advances and future perspectives." *Frontiers in Robotics and AI*, 7. 2020. <https://www.frontiersin.org/journals/robotics-and-ai/articles/10.3389/frobt.2020.532279/full>; y *Wysa*, <https://www.wysa.com/>.

<sup>125</sup> Para más detalles sobre posibles reformas de la fiscalidad del capital y el patrimonio, véase: Piketty, Thomas, Emmanuel Saez, and Gabriel Zucman. "Rethinking capital and wealth taxation." *Oxford Review of Economic Policy* 39, n.º 3, 2023. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grad026>.

<sup>126</sup> Sobre el uso de la IA contra el fraude fiscal y laboral en Canadá y EE. UU., véase: Canada Revenue Agency. *Canada Revenue Agency 2024-25 Departmental Plan*. Ottawa: Gobierno de Canadá, 2024. [https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2024/arc-cra/Rv1-29-2024-eng.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2024/arc-cra/Rv1-29-2024-eng.pdf); United States Government Accountability Office. *IRS Should Take Steps to Ensure Continued Improvement in Estimates*. 2024. <https://www.gao.gov/assets/gao-24-106449.pdf>; y Wolters Kluwer. "Cómo utiliza la AEAT la Inteligencia Artificial." Wolters Kluwer, <https://www.wolterskluwer.com/es-es/expert-insights/como-utiliza-la-aeat-la-inteligencia-artificial>. El plan estratégico de la Agencia Tributaria para 2024-27 plantea la incorporación de la IA para la lucha contra el fraude fiscal y aduanero. Para más detalles, véase: Agencia Tributaria. *Plan Estratégico de la Agencia Tributaria 2024-2027*. 2024. [https://sede.agenciatributaria.gob.es/static\\_files/Sede/Agencia\\_Tributaria/Planificacion/Plan\\_estrategico\\_2024\\_2027/PlanEstrategico2024.pdf](https://sede.agenciatributaria.gob.es/static_files/Sede/Agencia_Tributaria/Planificacion/Plan_estrategico_2024_2027/PlanEstrategico2024.pdf)

## Apuntes metodológicos

<sup>1</sup> Los datos de ocupados se obtienen de la Encuesta de Población Activa para los años 2015-2019. Para calcular qué proporción de los ocupados de cada sector trabaja en empresas de más de 10 trabajadores usamos las estadísticas de Eurostat. El número de empresas se obtiene a partir del Directorio Central de Empresas. Para más detalles, véase: Eurostat. *Enterprise statistics by size class and NACE Rev.2 activity (from 2021 onwards) [sbs\_sc\_ovw]*; y *Enterprise statistics by size class and NACE Rev.2 activity (from 2021 onwards) [sbs\_sc\_ovw]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>; INE. *Encuesta de Población Activa. Ocupados por sexo y rama de actividad. Valores absolutos y porcentajes respecto del total de cada sexo*. [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595); e INE. *Directorio Central de Empresas. Empresas por condición jurídica, actividad principal (grupos CNAE 2009) y estrato de asalariados*. [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736160707&idp=1254735576550](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736160707&idp=1254735576550).

<sup>2</sup> Para más detalles, véase: Eurostat. *Artificial intelligence by NACE Rev.2 activity [isoc\_eb\_ain2]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>; e INE. *Encuesta de Uso de TIC y comercio electrónico en las empresas*. [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176743&menu=ultiDatos&idp=1254735576799](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176743&menu=ultiDatos&idp=1254735576799).

<sup>3</sup> Ante la imposibilidad de analizar todas las ocupaciones de la Encuesta de Población Activa, se han seleccionado las diez más comunes de cada sector para garantizar la representatividad de la muestra. En cada rama de actividad, estas suponen un porcentaje significativo del empleo. Por ejemplo, en la industria, este porcentaje alcanza el 42%, mientras que en suministros de energía y agua es del 56%, en construcción del 64%, en comercio del 68%, en transporte del 79%, en hostelería del 90%, en TIC del 68%, en actividades inmobiliarias y servicios profesionales del 55%, y en servicios administrativos del 78%. Elaboración propia a partir de los microdatos de la Encuesta de Población Activa. Para más detalles, véase: INE. *Encuesta de Población Activa*. [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595).

<sup>4</sup> Para asignar una ocupación equivalente de la O\*NET a cada una de las 45 ocupaciones seleccionadas, se ha revisado la correspondencia metodológica entre la Clasificación Nacional de Ocupaciones (CNO-11) utilizada por la EPA, la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO) de la Organización Internacional del Trabajo, y O\*NET. A partir de una clasificación de ocupaciones más desagregada, se identificaron entre 1 y 10 ocupaciones equivalentes de O\*NET para cada ocupación única de la CNO-11. Para cada equivalencia, se analizaron las descripciones de las ocupaciones en ambas clasificaciones, seleccionando manualmente la ocupación de O\*NET que mejor se ajustara a la descripción de la CNO-11. De este

modo, se estableció una correspondencia entre las 30 ocupaciones únicas de la CNO-11 y 30 ocupaciones de O\*NET. Para más detalles, véase: Comisión Europea. "The ESCO - O\*NET crosswalk." Comisión Europea, <https://esco.ec.europa.eu/en/news/esco-onet-crosswalk-now-available>; y ONET OnLine, <https://www.onetonline.org/>.

<sup>5</sup> Para estimar el tiempo dedicado a cada tarea se ha seguido la metodología desarrollada por el Instituto Nacional de Estadística del Reino Unido. Esta metodología asigna un peso relativo a cada tarea dentro de una ocupación, basándose en la frecuencia con la que un trabajador promedio de esa ocupación reporta realizarla. La estimación de dicha frecuencia es realizada por O\*NET a partir de encuestas a trabajadores. Para más detalles, véase: Office for National Statistics. *Developing a method for measuring time spent on green tasks: March 2022*. Office for National Statistics, 2022. <https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/articles/developingamethodformeasuringtimespentongreentasks/march2022>.

<sup>6</sup> Para ver más detalles, véase: Brynjolfsson, Erik, Danielle Li, y Lindsey R. Raymond. "Generative AI at work." *National Bureau of Economic Research Working Paper*, n.º 31161, 2023. <https://www.nber.org/papers/w31161>; y Noy, Shakked, y Whitney Zhang. "Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence." *Science* 381, n.º 6654, 2023. <https://doi.org/10.1126/science.adh2586>.

<sup>7</sup> Según los datos más recientes de la OCDE para España, correspondientes a 2021, los profesores dedicaban anualmente 871,3 horas a la docencia en primaria y 665,1 horas en secundaria, distribuidas en 37 semanas. Se asume una jornada laboral de 37,5 horas. Para más detalles, véase: OCDE. *Teachers' and school heads' teaching and working time*. <https://stats.oecd.org>.

<sup>8</sup> Bryant, Jake, et al. *How artificial intelligence will impact K-12 teachers*. McKinsey & Company, 2020. <https://www.mckinsey.com/industries/education/our-insights/how-artificial-intelligence-will-impact-k-12-teachers>.

<sup>9</sup> El supuesto sobre la efectividad de la IA por edad está condicionado por el nivel de agregación a la que se encuentra disponible dicha información. Para los datos del número de docentes por grupo de edad, véase: Educabase. *Estadística del profesorado y otro personal. Curso 2021-2022*. Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes. <https://estadisticas.educacion.gob.es/EducaDynPx/educabase/index.htm?type=pcaxis&path=/no-universitaria/profesorado/estadistica/2021-2022-rd/reggen&file=pcaxis&l=s0>. Sobre cómo la eficiencia en el uso de la IA puede variar entre jóvenes y personas de edades avanzadas, véase: Haslberger, Matthias, Jane Gingrich, y Jasmine Bhatia. "No great equalizer: experimental evidence on AI in the UK labor market." *SSRN*, 2023. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4594466](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4594466).

<sup>10</sup> Para más detalles, véase: Brynjolfsson, Erik, Danielle Li, y Lindsey R. Raymond. "Generative AI at work." *Na-*

tional Bureau of Economic Research Working Paper, n.º 31161, 2023. <https://www.nber.org/papers/w31161>; Noy, Shakked, y Whitney Zhang. "Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence." *Science* 381, nº. 6654, 2023. <https://doi.org/10.1126/science.adh2586>; y Seguí Díaz, Mateu, et al. "Tiempos durante la visita médica en atención primaria." *Atención primaria* 33, nº. 9, 2004. <https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-tiempos-durante-visita-medica-atencion-13061607>.

<sup>11</sup> Para más detalles, véase: Calahorra, Tania. "Si el médico que te trata es joven, tu consulta no durará más de 15 minutos." Redacción médica, <https://www.redaccion-medica.com/secciones/medicina/si-el-medico-que-te-trata-es-joven-tu-consulta-no-durara-mas-de-15-minutos-1765>.

<sup>12</sup> Los datos se corresponden al año 2022, el último año disponible con información sobre consultas presenciales. Para más detalles, véase: Ministerio de Sanidad. "Actividad ordinaria en Atención Primaria del SNS. Consultas médicas por lugar de atención y frecuentación general anual." Ministerio de Sanidad, <https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/sanidadDatos/tabcas/tabla17.htm>.

<sup>13</sup> Haslberger, Matthias, Jane Gingrich, y Jasmine Bhatia. "No great equalizer: experimental evidence on AI in the UK labor market." *SSRN*, 2023. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4594466](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4594466).

<sup>14</sup> Los datos se corresponden al 31 de diciembre de 2022. Véase: INE. *Estadísticas de profesionales sanitarios colegiados. Número de médicos por edad*. <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?tpx=59167&L=0>.

<sup>15</sup> La estimación de la jornada laboral de los médicos de atención primaria dedicada a atender consultas se obtiene multiplicando las 29 consultas diarias promedio, por los 10 minutos de duración estimada por consulta, y por los 5 días de la semana laboral. Los datos sobre el número promedio de consultas diarias en atención primaria son una media ponderada del tiempo medio de consulta en pediatría y en medicina familiar en 2022. Para más detalles, véase: Ministerio de Sanidad. *Sistema de Información de Atención Primaria*, Portal Estadístico. <https://pestadistico.inteligenciadegestion.sanidad.gob.es/publicoSNS/C/sistema-de-informacion-de-atencion-primaria-siap/actividad/ordinaria>.

<sup>16</sup> La hipótesis de la liberación total del tiempo destinado por los médicos de atención primaria se fundamenta en los impactos experimentales de tecnologías como Epic Software. Para más detalles, véase: Epic, <https://www.epic.com/software/ai/>; y Moor, Michael, et al. "Foundation models for generalist medical artificial intelligence." *Nature* 616, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05881-4>.

<sup>17</sup> Este resultado es comparable al de un estudio reciente, que encontró que el uso de un asistente de IA incrementó en un 15% el número de pacientes atendidos durante un turno de urgencias. Para más información, véase: Almyranti, Margarita, et al. "Artificial Intelligence and the

health workforce: Perspectives from medical associations on AI in health." *OECD Artificial Intelligence Papers* 28, 2024. <https://doi.org/10.1787/9a31d8af-en>.

<sup>18</sup> Aunque los tiempos de consulta y la distribución de tareas pueden variar significativamente según la especialidad, se ha extrapolado la información de atención primaria debido a la falta de datos específicos.

<sup>19</sup> Las tres especialidades con mayor tiempo medio de espera en el Sistema Nacional de Salud son: neurología (125 días), dermatología (118 días), y traumatología (101 días). Los últimos datos de listas de espera disponibles se corresponden a junio de 2024. Para más detalles, véase: *Sistema de Información de Listas de Espera en el SNS. Indicadores resumen. Situación a 30 de junio de 2024*. Madrid: Ministerio de Sanidad. [https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/inforRecopilaciones/docs/LISTAS\\_PUBLICACION\\_jun2024.pdf](https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/inforRecopilaciones/docs/LISTAS_PUBLICACION_jun2024.pdf).

<sup>20</sup> Las tres especialidades con mayor número de pacientes en lista de espera en el Sistema Nacional de Salud son: oftalmología (513.463 pacientes), traumatología (492.927 pacientes), y dermatología (401.480 pacientes). Los últimos datos de listas de espera disponibles se corresponden a junio de 2023. Para más detalles, véase: *Sistema de Información de Listas de Espera en el SNS. Indicadores resumen. Situación a 30 de junio de 2023*. Madrid: Ministerio de Sanidad. [https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/inforRecopilaciones/docs/LISTAS\\_PUBLICACION\\_jun2023.pdf](https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/inforRecopilaciones/docs/LISTAS_PUBLICACION_jun2023.pdf).

<sup>21</sup> La mejora de la empleabilidad se mide como la probabilidad de obtener un trabajo que dure más de 6 meses. Para más detalles, véase: Belot, Michele, et al. "Do the Long Term Unemployed Benefit from Automated Occupational Advice during Online Job Search?" *IZA Discussion Papers*, n.º 15452, 2022. <https://docs.iza.org/dp15452.pdf>. Véase también: Altmann, Steffen, et al. "The Direct and Indirect Effects of Online Job Search Advice." *IZA Discussion Papers*, n.º 15830, 2022. <https://docs.iza.org/dp15830.pdf>.

<sup>22</sup> La mejora de las colocaciones es el resultado de multiplicar los efectos estimados en la literatura más reciente (3% y 5%) por el número total de colocaciones anuales gestionadas por los servicios de empleo de las comunidades autónomas. Para más detalles, véase: Servicio de Empleo Público Estatal. *Datos Estadísticos de empleo* (2024). <https://www.sepe.es/HomeSepe/que-es-el-sepe/estadisticas/empleo/estadisticas-nuevas/2024/enero.html>.

<sup>23</sup> La distribución de los parados de corta y media duración (parados de menos de un año) la calcula el INE de manera trimestral utilizando los datos de la Encuesta de Población Activa (EPA). Las categorías de parados por tiempo de búsqueda de empleo menor a 1 año en 2023 se distribuyen del siguiente modo: menos de un mes (16%), entre 1 y 3 meses (32%), entre 3 y 6 meses (25%), y entre 6 y 12 meses (27%). Para más información, véase: Instituto Nacional de Estadística. *Encuesta de Población Activa 2023. Parados por tiempo de búsqueda*

da de empleo. <https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=10904&capsel=10905>.

<sup>24</sup> La prestación mensual media por desempleo de carácter contributivo para 2023 se ha calculado dividiendo el gasto total en prestaciones por desempleo de nivel contributivo entre el número de beneficiarios de prestaciones de esta categoría. Esta cuantía incluye las cotizaciones a la Seguridad Social. Para más detalle véase: Ministerio de Trabajo y Economía Social. *Estadística de Prestaciones por Desempleo 2023*. [https://www.mites.gob.es/es/estadisticas/prestaciones\\_SS\\_otra\\_proteccion/PRD/welcome.htm#](https://www.mites.gob.es/es/estadisticas/prestaciones_SS_otra_proteccion/PRD/welcome.htm#).

<sup>25</sup> Para más información sobre las pérdidas de agua en la red de suministro y para el consumo doméstico por región, véase: INE. *Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua Año 2022*. <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/es/ESSA2022.htm>. Para más información sobre cómo la IA puede reducir las pérdidas de agua en la red de suministro, véase: Kammoun, Maryam, Amina Kammoun, y Mohamed Abid. “Leak detection methods in water distribution networks: a comparative survey on artificial intelligence applications.” *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice* 13, 2022. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000646](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000646).

<sup>26</sup> La reducción del consumo estimada para España mediante el uso de IA se basa en aplicar una disminución del 20% al volumen total de agua de riego utilizado por las explotaciones agrarias. Para más detalles, véase: Coal project, <https://www.coalaproject.eu/>; INE. *Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario. Año 2012-2018*. <https://www.ine.es/consul/serie.do?d=true&s=DCEF13>; y Tsang, Shunwai, y Chi Yung Jim. “Applying artificial intelligence modeling to optimize green roof irrigation.” *Energy and Buildings* 127, 2016. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778816304959>.

<sup>27</sup> Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. “Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo, 2023-2027.” Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, [https://www.chtajo.es/LaCuenca/Planes/PlanHidrológico/Planif\\_2021-2027/Paginas/PHT\\_2021-2027.aspx](https://www.chtajo.es/LaCuenca/Planes/PlanHidrológico/Planif_2021-2027/Paginas/PHT_2021-2027.aspx).

<sup>28</sup> Green Light ya funciona en 70 cruces de 12 ciudades diferentes, desde Haifa (Israel) hasta Bangalore (India) y Hamburgo (Alemania), permitiendo ahorrar combustible y reducir las emisiones de hasta 30 millones de vehículos al mes. Para más información, consultese: Enenkel, Kathrin, Valentine Quinio, y Paul Swinney. *Cities Outlook 2020*. Centreforcities, 2020. <https://www.centreforcities.org/reader/cities-outlook-2020/air-quality-cities/>; y Green Light, <https://sites.research.google/greenlight/>.

<sup>29</sup> El cálculo aplica el porcentaje de reducción estimado al total de emisiones de CO2 del transporte en carretera urbana en España. En 2018, último año disponible, se produjeron 28,2 millones de toneladas de emisiones de CO2, lo que representaba casi el 9% del total. Para más detalles, véase: Observatorio del transporte y la logística en España. “Emisiones contaminantes del trans-

porte.” Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, <https://otle.transportes.gob.es/inform/es/2020/sostenibilidad-ambiental-emisiones-y-eficiencia-ambiental/emisiones-contaminantes-del-transporte>.

<sup>30</sup> El cálculo considera un coche diésel de tamaño medio, que produce 171 gramos de emisiones de CO2 por kilómetro. Para más detalles, véase: Ritchie, Hannah. “Which form of transport has the smallest carbon footprint?” Our World in Data, <https://ourworldindata.org/travel-carbon-footprint#article-citation>.

<sup>31</sup> Estimación realizada para el modelo *ChatGPT-3*. Los autores indican que el consumo de *ChatGPT-4* probablemente sea mayor. Para más detalle véase: Li, Pengfei, et al. “Making AI Less “Thirsty”: Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models.” *arXiv*, 2023. <https://arxiv.org/abs/2304.03271>.

<sup>32</sup> Se estima que el usuario medio de *ChatGPT* en España inicia 10 sesiones únicas cada mes, durante las cuales realiza 10 preguntas a la herramienta. Para más información véase: GfK. “El número de usuarios de ChatGPT en España se ha triplicado en tan solo un año.” GfK, <https://www.gfk.com/es/prensa/evolucion-chatgpt-gfkdam>.

<sup>33</sup> La intensidad energética media de un hogar en España es de 3.750 kWh al año. Para más información véase: Ministerio de Industria y Turismo. *Precio Neto de la Electricidad para uso doméstico. 2024*. [https://www.mintur.gob.es/es-es/IndicadoresyEstadisticas/BoletinEstadistico/Energ%C3%ADA%20y%20emisiones/4\\_12.pdf](https://www.mintur.gob.es/es-es/IndicadoresyEstadisticas/BoletinEstadistico/Energ%C3%ADA%20y%20emisiones/4_12.pdf). El volumen de agua necesaria para mantener una piscina olímpica es de 2,3 millones de litros al año aproximadamente. Para más información véase: Martín, Luis. “¿Es sostenible el consumo de agua de un campo de golf?” Hidrología Sostenible, <https://www.hidrologiasostenible.com/es-sostenible-el-consumo-de-agua-de-un-campo-de-golf/>.

<sup>34</sup> Según el escenario base de las proyecciones de población de Eurostat para 2040, España tendrá una población de 50,2 millones de personas. Una adopción del 30% de esta tecnología se traduciría en 15,1 millones de usuarios mensuales, casi cuatro veces más que en 2023. Fuente: Eurostat. *Population on 1st January by age, sex and type of projection [proj\_23np]*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

# COLABORACIONES

## **Amparo Alonso Betanzos**

Catedrática de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial en la Universidade da Coruña. Académica correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España.

## **Ana Freire**

Vicedecana de Impacto Social e Innovación Académica en la UPF Barcelona School of Management.

## **Asunción Gómez Pérez**

Catedrática de Inteligencia Artificial en la Universidad Politécnica de Madrid. Académica de número de la Real Academia Española y de la Real Academia de Ingeniería.

## **Marc Güell Cargol**

Profesor de Investigación ICREA y Director del Laboratorio de Biología Sintética Traslacional de la Universitat Pompeu Fabra.

## **Francisco Herrera Triguero**

Catedrático de Inteligencia Artificial en la Universidad de Granada. Académico de número de la Real Academia de Ingeniería.

## **David Hurtado**

Director de Innovación de Microsoft España. Director de programas formativos en The Valley Business School.

## **Juan Francisco Jimeno**

Presidente del Consejo de la Productividad de España. Profesor Asociado de Economía en la Universidad de Alcalá.

## **Pilar Manchón**

Directora de Estrategia de Investigación en Inteligencia Artificial de Google Research.

## **Nuria Oliver**

Directora Científica y Cofundadora de ELLIS Alicante.

## **María Pérez Ortiz**

Profesora Titular en Inteligencia Artificial en la University College London.

## **José Miguel Rosell Tejada**

CEO y Cofundador de S2 Grupo. Experto en Ciberseguridad y Ciberinteligencia.

## **Carles Sierra**

Director del Instituto de Investigación de Inteligencia Artificial del CSIC.

También se ha contado con el apoyo técnico del Departamento de Seguridad Nacional del Gabinete de Presidencia del Gobierno, el Instituto Nacional de Ciberseguridad, la Secretaría General de Política Nacional del Gabinete de Presidencia del Gobierno y la Unidad de Innovación Tecnológica y Ciberseguridad del Consejo de Estado.

# HISPANIA 2040

