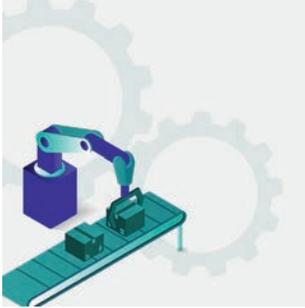


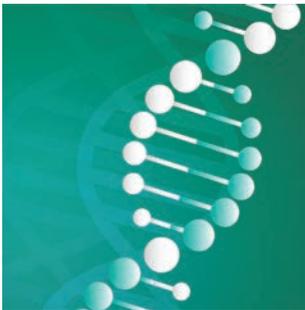
# 10 TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA IMPULSAR A ESPAÑA



**1**  
INTELIGENCIA  
ARTIFICIAL



**6**  
ENERGÍA  
DISTRIBUIDA



**2**  
EDICIÓN  
GENÉTICA



**7**  
DATOS DE  
SATÉLITES  
PARA TOMA  
DE DECISIONES



**3**  
SEGURIDAD  
DIGITAL



**8**  
NUEVAS  
TECNOLOGÍAS  
PARA COMBATIR  
EL ENVEJECIMIENTO



**4**  
INTERNET  
DE LAS COSAS



**9**  
ENERGÍAS  
RENOVABLES

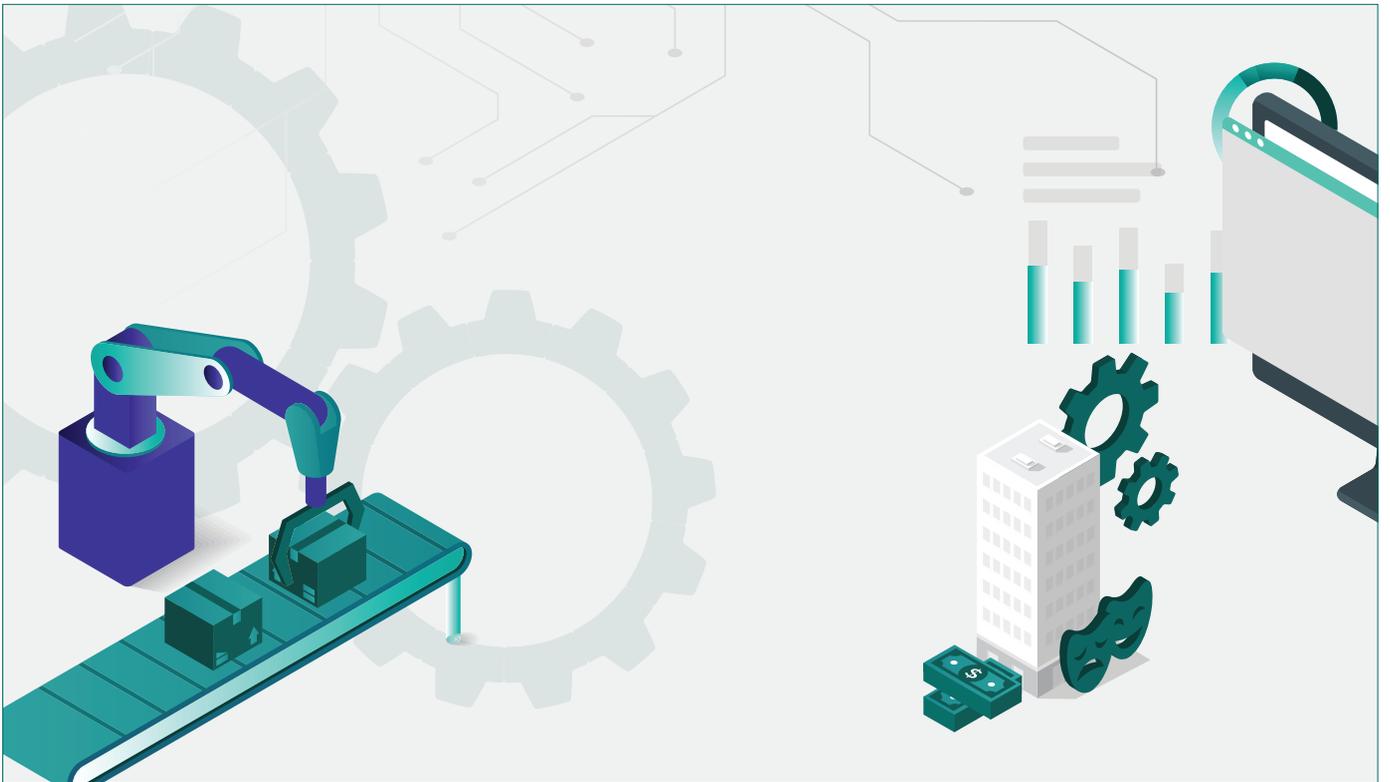


**5**  
MATERIALES  
FOTOACTIVOS  
AVANZADOS



**10**  
BLOCKCHAIN

# Capítulo **1** INTELIGENCIA A R T I F I C I A L





# 1 INTELIGENCIA A R T I F I C I A L

## Vehículos autónomos, asistentes personales, robots, medicina de precisión

JULIO MIRAVALLS

Revestida de un halo de mitificación, producto de interpretaciones literarias y fantásticas, la inteligencia artificial es una combinación de tecnologías de computación, almacenamiento de datos y programación de algoritmos. Resulta ingenuo esperar de un sistema IA respuestas imaginativas, improvisación ante situaciones inesperadas o decisiones basadas en sentimientos, emociones y deseos, como cabría suponer de una inteligencia humana. Aunque sí se puede contar con que responda a sensaciones: si recibe un input de baja temperatura, respecto a la establecida como objetivo, reaccionará emitiendo la orden de encendido de la calefacción, si así está previsto en su catálogo de respuestas.

Ese es el inmenso campo de la IA: el análisis de datos que recibe y la comparación con los datos que ya posee, para establecer la respuesta predefinida que mejor encaja con la situación. Una actividad sin barreras espaciales, porque puede relacionarse con el usuario a través de un *smartphone*.

A partir de esta explicación simplista, las capacidades progresan geoméricamente en la medida en que lo hacen la potencia de cómputo, la profundidad de los catálogos de datos a los que tiene acceso la IA, la complejidad de los algoritmos que interpretan la información para inferir sus respuestas y la variedad, calidad y sofisticación de los canales y dispositivos para la captación de datos.

La disponibilidad de cantidades masivas de datos y el desarrollo de algoritmos capaces de detectar en ellos determinados patrones de comportamiento para

'predecir' otros futuros, asociados a un específico bloque de información (supongamos, la información propia de un sujeto, comparada con los patrones de una gran cantidad de sujetos), atribuyen a la IA una dimensión de aprendizaje, llamada *Machine Learning*. Este potencial predictivo permite inferir probables resultados respecto a eventos que aún no se han producido.

La capacidad de visión computacional, analizando imágenes para distinguir unos objetos de otros, añade otra dimensión a la capacidad de inferencia de la IA. Puede, por ejemplo, 'leer' un texto a partir de una imagen, identificando las letras, igual que puede reconocer a una persona.

La complejidad de ese tipo de datos reclama una mayor capacidad de computación para identificar objetos, parecidos a otros o vistos desde diversas perspectivas. Para ello se aplica una estrategia de redes neuronales, que se estructuran en una serie de niveles jerárquicos, para una técnica denominada *Deep Learning*.

Esa estructura de capas sirve de tamiz para que el sistema vaya filtrando la información, desde un nivel básico, hasta obtener una sucesión de combinaciones de lo que cada nivel detecta, creando un patrón de datos más complejo.

La inteligencia artificial interpreta el sonido, reconociendo palabras pronunciadas y aprende a comprender, con el conocimiento desde la palabra escrita, el lenguaje natural, la estructura de los patrones semánticos, oraciones y significados.

No entiende, sino que interpreta el sentido lógico de

las frases. Es poco probable, por ahora, que una IA detecte sutilezas del habla humana, como la ironía y el doble sentido. Pero sí puede interpretar órdenes, consultas o comentarios, dando respuestas coherentes, también en lenguaje natural (por escrito, o con un sintetizador de voz), procedentes de su base de conocimiento.

La suma de estas capacidades, más la posibilidad de activar mecanismos y actuadores para generar acción y movimientos en el mundo real, dibujan un perfil suficientemente realista del ilimitado ámbito de aplicaciones que tiene la inteligencia artificial, incluso en la definición desnuda del primer párrafo. Sistemas complejos, como el vehículo autónomo, han de basarse en la integración de múltiples entradas de datos del entorno, visión, comunicaciones con sistemas automáticos de información y otros vehículos, capacidad de identificación de objetos estáticos y en movimiento y procesamiento en tiempo real, sin margen para el error en la toma de decisiones como avanzar, frenar, girar y evitar obstáculos.

La exactitud y rigor con que puede actuar la IA le otorgan un espacio en la sanidad para controlar sistemas de alta precisión, como los necesarios en microcirugías, exploraciones y tratamientos radiológicos, diag-

nósticos basados en sintomatología y observación detallada de radiografías, tomografías y otro tipo de pruebas físicas.

#### EL PAPEL DE ESPAÑA

La parálisis política mantiene en el limbo el proyecto de Estrategia Nacional en Inteligencia Artificial, pero hay infinidad de posibilidades de desarrollo de aplicaciones para el uso de inteligencia artificial. Empezando por crear los ámbitos de confianza y seguridad, con

normas y criterios éticos para su aplicación. La aplicación de inteligencia en toda clase de procesos educativos, investigadores, industriales y de producción abre el campo a desarrollos para actividades locales, o con ambiciones globales. A corto plazo, es decir, ya, va a ser un factor

decisivo en la competitividad de las empresas.

En lo referido al uso del lenguaje natural, en aplicaciones como asistentes personales (del tipo Siri, Cortana, Alexa... y el español Sherpa, entre otros) y chatbots (algoritmos conversacionales que proliferan en servicios de atención al cliente online), es obvio que España debe jugar un papel relevante en los desarrollos en un idioma que hablan más de 400 millones de personas. Esto también es aplicable a los múltiples tipos de robots asistenciales o de atención al público. •





## CON DATOS EN LA MANO

### #1 Inteligencia Artificial

ANDRÉS VALDÉS

Todos los algoritmos que nos recomiendan productos online, los bots que dan servicio a nuestros clientes, el altavoz que apaga las luces a nuestra orden o las máquinas que colaboran con operarios en fábricas de automóviles son solo algunos ejemplos de la aplicación/uso de la Inteligencia Artificial (IA) en nuestras vidas. Gracias al volumen masivo de información sobre nuestro mundo y a algoritmos mejorados, las disciplinas subalternas de la IA como el *Machine Learning*, la Visión Artificial o el Procesamiento del Lenguaje Natural han conseguido enseñar a las máquinas a buscar patrones y decidir con más rapidez que nunca. Aunque hace mucho que perdemos al ajedrez contra programas de ordenador, hoy, sin apenas darnos cuenta, vivimos asistidos por *software* que nos hace nuestra vida más cómoda, pero que también está transformando sectores completos, nuestra forma de trabajar, informarnos y relacionarnos.

Sus limitaciones, sin embargo, hacen que sea impreciso concebir su actividad como inteligente en un sentido humano. A finales de 2019, instituciones políticas y jurídicas como la OCDE o la International Bar Association<sup>1</sup> consideraban que toda la Inteligencia Artificial en el mercado, el estado del arte de esta tecnología, era todavía *débil*. La meta de la disciplina sigue siendo construir una IA ortodoxa o *robusta*: un sistema artificial que pueda desenvolverse en entornos sin estructura virtuales o reales, aprender de forma independiente, comunicarse con otros agentes y tomar decisiones autónomas. Evolucionar desde la computación al razonamiento<sup>2</sup>.

Las posibilidades de la IA en la energía, la sanidad, la educación, la administración o defensa que abren ambos estados de la tecnología la convierten en el motor de la cuarta revolución industrial, un mundo postdigital que se definirá por depender de sistemas autónomos interconectados<sup>3</sup>. Por esta razón, avanzar en las diferentes vertientes de la IA, transferir los desarrollos y regular su impacto en la sociedad son ya una prioridad para los actores globales, como evidencia la carrera científica, económica y política disparada, sobre todo en EE UU y China, desde finales de la pasada década. Si España permanece retrasada en la implementación de la IA a su tejido productivo, corre el peligro de comprometer su competitividad y por tanto el futuro de organizaciones y empresas.

#### LA CARRERA

El interés de los países y empresas por liderar las posibilidades que ofrece la IA tiene un indicador claro en los movimientos del capital riesgo. Desde hace dos años, más del 12% de las operaciones globales de estos inversores se concentran en *start-ups* de IA, un volumen de compra que superó los 20.000 millones de dólares en 2018<sup>4</sup> tras haberse duplicado el ejercicio anterior. Las empresas emergentes del sector en EE UU y China atraen más del 85% de estas inversiones. Aunque la Unión Europea es la tercera región más interesante para estos fondos, el atractivo de su industria está mucha distancia del de ambas potencias: las *start-ups* del continente captan el 8% del dinero, con Reino Unido, Francia, Alemania y España repartiéndose el grueso de la inversión<sup>5</sup>. El riesgo de que Europa se convierta en un actor pasivo, comprador de tecnología en lugar de proveedor, es, como advierte la mayor red de expertos europeos en este campo, el proyecto Ellis, bastante real<sup>6</sup>.

1 ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ROBOTICS AND THEIR IMPACT ON THE WORKPLACE. IBA, 2017. Pg 10  
<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/726fd39d-en.pdf?expires=1578786010&id=id&accname=guest&checksum=D93CBB2565D6F120A225DD1C7E99C3FF>

2 <https://iahuawei.xataka.com/inteligencia-artificial-debil-vs-fuerte-donde-llega-otra-infografia/>

3 Accenture, pág. 2

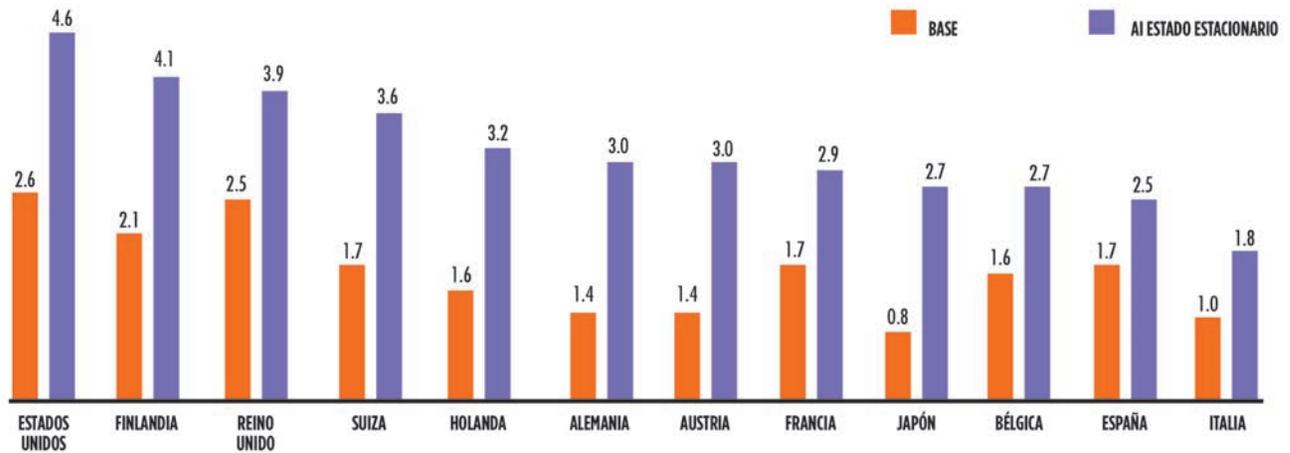
4 OCDE <http://www.oecd.org/going-digital/ai/private-equity-investment-in-artificial-intelligence.pdf>

5 idem

6 <https://ellis.eu/letter>

**Fig. 1 LA CARRERA ECONÓMICA. EL IMPACTO ECONÓMICO DE LA IA**

En términos del valor añadido bruto (una buena aproximación al PIB), la IA podría doblar las tasas de crecimiento anual en los países analizados.



Fuente: Accenture y Frontier Economics

**Fig. 2 ADOPCIÓN DE IA POR INDUSTRIA Y FUNCIÓN (2009)**

	Operaciones de servicio	Desarrollo de producto / servicio	Márketing de ventas	Fabricación	Cadena de suministro mgmt	Riesgo
Todas las industrias	42	35	27	19	18	17
Automotor	26	43	13	53	18	9
Servicios profesionales	36	31	29	10	17	12
CPG	28	12	28	32	29	11
Energía y gas natural	49	42	17	21	19	12
Servicios financieros	55	25	43	2	12	42
Cuidado de la salud	50	31	19	10	12	10
Alta tecnología	49	55	37	12	14	14
Infraestructura	28	43	11	30	13	6
Pharma	26	41	16	41	11	3
Sector público	39	36	5	4	15	12
AI por menor	47	33	36	14	34	14
Telecom	74	48	28	21	27	30
Viajes y logística	52	20	17	7	31	5

Porcentaje de encuestados

Fuente: McKinsey & Company

En los próximos años se estima que el valor del mercado de la IA alcance los 190.000 millones de dólares<sup>7</sup>, equivalente a la actual capitalización bursátil de Apple. Otros informes prevén que en 2035 la implementación completa de esta tecnología en economías avanzadas inyecte tasas de crecimiento dos veces su-

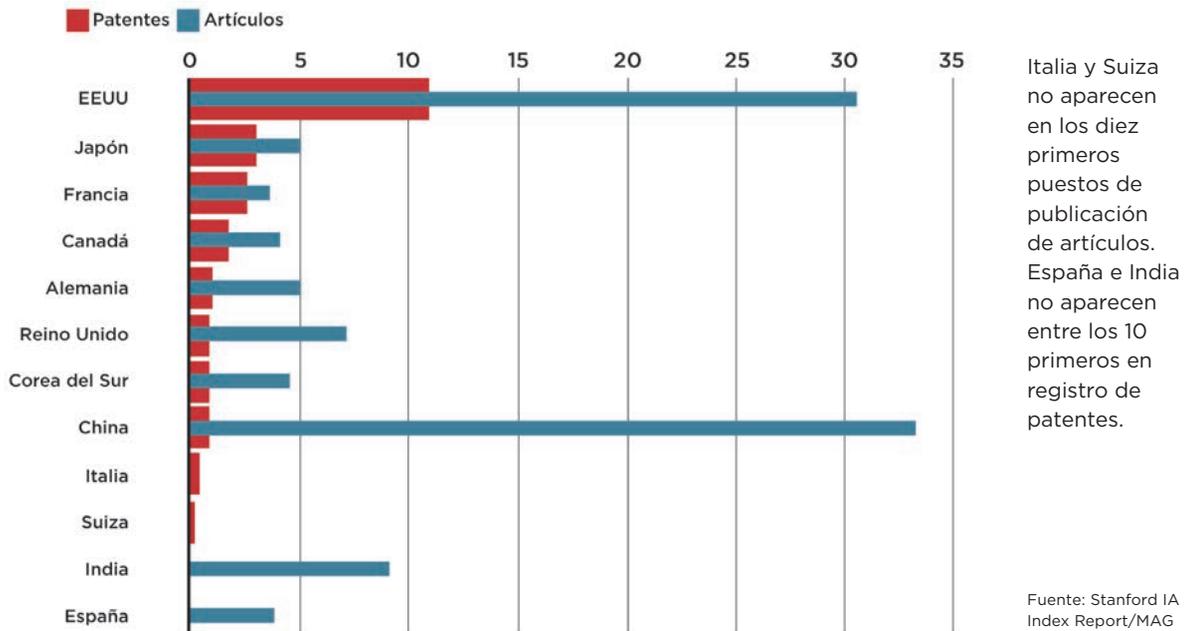
periores a las que se darían sin IA. Por su condición híbrida como factor capital y factor trabajo, va resultar decisiva para el crecimiento del PIB en países como Alemania, Suecia o Finlandia<sup>8</sup> y elevará en cerca de un punto las expectativas para España o Italia. Bajo esas condiciones, la productividad nacional en la Unión podría mejorar entre un 11 y un 34%. (Fig. 1)

7 <https://www.marketwatch.com/press-release/artificial-intelligence-market-is-estimated-to-be-worth-us-191-billion-by-2024-2019-01-23>

8 <https://www.accenture.com/gb-en/insight-artificial-intelligence-future-growth>

**Fig. 3 PATENTES Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS SOBRE IA**

En militares. Principales productores globales en el periodo 2015-2018.



La información disponible sobre el grado de implementación de la IA en las corporaciones sugiere que si bien la carrera por la supervivencia en el nuevo entorno no ha empezado, sí se están intensificando los preparativos. Para las empresas, continuar en el mercado o acercarse a la expulsión durante esta década dependerá de cómo integren esta tecnología en sus unidades organizativas. Prácticamente la mitad de las compañías líderes en automoción, salud, energía, tecnología o servicios financieros han incorporado ya al menos una solución de IA en su estructura y otro 30% afirma estar evaluando sus posibilidades. Aunque utilizar *software* autónomo para optimizar las operaciones de servicio se ha convertido en una práctica mayoritaria en telecomunicaciones (72%) y servicios financieros (55%)<sup>9</sup>, la aplicación de la IA a todos los procesos productivos y su interconexión se encuentra todavía en pruebas. La IA es, en estos momentos, una solución parcial<sup>10</sup> llamada a atravesar toda la producción en un futuro próximo. (Fig. 2)

Las empresas europeas también se preparan, especialmente en la industria de la salud, pero también en las manufacturas y la venta minorista. La comercialización de sistemas de IA para procesos de ne-

gocio y gestión de clientes prevé triplicar su tamaño entre 2019 y 2021 y crecer de 7.000 millones de dólares a 21.000<sup>11</sup>.

Aunque la idea de una inteligencia artificial completa remita instintivamente a la robótica, las empresas del sector basan su competitividad en la cognición que precede al movimiento inteligente: el *software* y los datos. El liderazgo en patentes de IA lo ostentan compañías de programación, por delante de multinacionales de las telecomunicaciones, internet y electrónica de consumo.

La velocidad que ha adquirido la IA como ciencia aplicada es palpable: solo en los tres primeros meses de 2019, las diez compañías más innovadoras en este sector registraron un 14% de licencias más que en todo el año anterior, dato que agrupa 91.569 aplicaciones comerciales de IA<sup>12</sup>.

A escala país, EE UU es el principal productor de aplicaciones técnicas inteligentes, con una media de 10.000 patentes anuales entre 2015 y 2018<sup>13</sup>. Su I+D no tiene rival en este sentido; en conjunto, las grandes economías asiáticas, Japón, Corea del Sur y China, solicitan apenas la

9 <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Artificial%20Intelligence/AI%20adoption%20advances%20but%20foundational%20barriers%20remain/Notes-from-the-AI-frontier-AI-adoption-advances-but-foundational-barriers-remain.ashx>

10 idem

11 <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prEUR145476719>

12 Iplytics/Statista. <https://es.statista.com/grafico/18202/empresas-con-mas-patentes-de-inteligencia-artificial/>

13 [https://hai.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj10986/ff/ai\\_index\\_2019\\_report.pdf](https://hai.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj10986/ff/ai_index_2019_report.pdf)

mitad de licencias cada año. España queda fuera de los 24 países con mayor número de patentes.

Sin embargo, la posición de nuestro país en esta carrera es “competitiva” según el AI Index Report de la Universidad de Stanford. Si bien la UE como bloque es el segundo productor global de artículos científicos sobre IA, España está entre los nueve primeros países del mundo en publicación de investigaciones. Esta actividad descansa sobre una red universitaria por encima de la media europea y en línea con la de estados como Suecia y Países Bajos al contar con más de 20 centros con formación específica en IA. Además, la ratio de profesionales españoles formados en este campo es elevada<sup>14</sup>.

Según recoge la Estrategia Española de I+D+i en Inteligencia Artificial<sup>15</sup>, los cuatro países europeos más relevantes en esta industria son Reino Unido, Francia, Alemania y España. Reúnen en conjunto al 60% de *start-ups*, laboratorios y comunidades dedicados a la IA<sup>16</sup>. (Fig. 3)

Los gobiernos de los países más industrializados, y muchos de los que se encuentran en desarrollo, han comprendido las oportunidades y riesgos que desencadenará la irrupción de esta tecnología en sus economías. Desde que Canadá desarrolló en 2017 la primera estrategia nacional de IA hasta finales de 2019, un total de 49 gobiernos han publicado programas específicos para afrontar su desarrollo, la mayoría de carácter integral e imbricados en planes supranacionales<sup>17</sup>. Para la Comisión Europea, el desarrollo de la IA es uno de los dos imperativos tecnológicos, junto con la conectividad, para garantizar que la economía comunitaria sea relevante en esta década<sup>18</sup>. (Fig. 4)

La recientemente publicada Estrategia Española de I+D+i en Inteligencia Artificial<sup>19</sup> recoge un Mapa de Capacidades que captura el estado de la tecnología en nuestro país. La base de datos refleja que existen 154 entidades entre empresas, administraciones, universidades y organizaciones del tercer sector, con

14 [https://hai.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj10986/ff/ai\\_index\\_2019\\_report.pdf](https://hai.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj10986/ff/ai_index_2019_report.pdf)

15 [http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ciencia/Ficheros/Estrategia\\_Inteligencia\\_Artificial\\_IDI.pdf](http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ciencia/Ficheros/Estrategia_Inteligencia_Artificial_IDI.pdf)

16 <https://www.rolandberger.com/fr/Publications/Joining-the-dots-A-map-of-Europe's-AI-ecosystem.html>

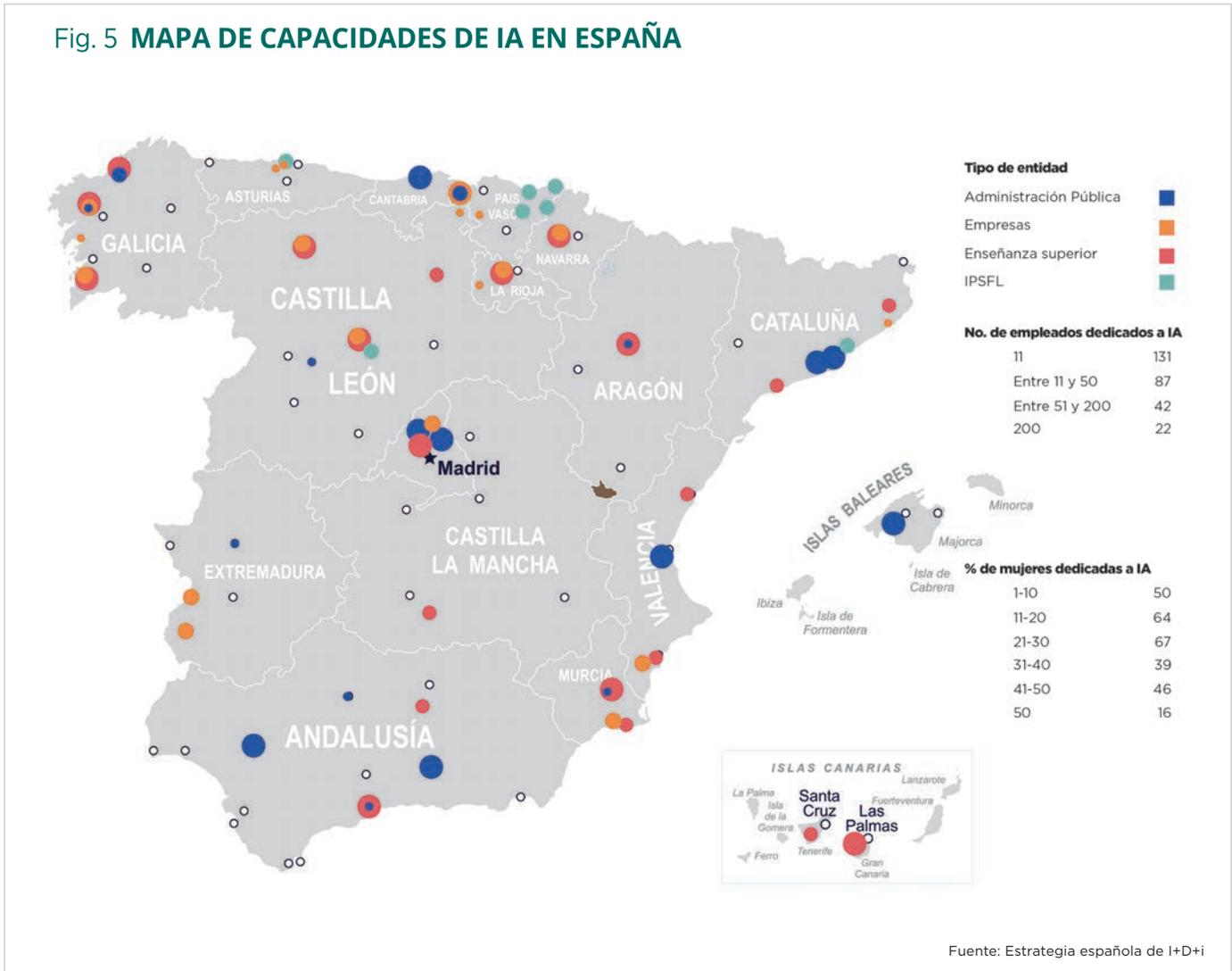
17 <https://oecd-opsi.org/projects/ai/strategies/>

18 Informe publicado por la Comisión Europea en abril de 2018 y titulado “Búsqueda de la industria: definición de innovación”

19 [http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ciencia/Ficheros/Estrategia\\_Inteligencia\\_Artificial\\_IDI.pdf](http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ciencia/Ficheros/Estrategia_Inteligencia_Artificial_IDI.pdf)



Fig. 5 MAPA DE CAPACIDADES DE IA EN ESPAÑA



alrededor de 13.000 empleados, que desarrollan o demandan tecnologías o servicios de IA<sup>20</sup>. España es el sexto productor de conocimiento científico en estas tecnologías con mayor presencia de investigadoras<sup>21</sup>. (Fig. 5)

La apuesta por la IA crece y con ella el debate sobre sus límites. Los sistemas inteligentes formarán parte o sustituirán los procesos rutinarios de las actividades humanas. Decenas de trabajos cualificados y no cualificados se volverán prescindibles o serán reemplazados por procesos relacionados con la IA. La efectividad que obtengan los algoritmos de los datos y la programación tendrá consecuencias en la vida de las personas. La desigualdad podría verse exacerbada por la implantación de la IA en industrias que dan trabajo a millones de personas. Se estima que, en el

futuro cercano, un tercio de los empleos que hoy requieren titulación universitaria serán realizados por *software* inteligente<sup>22</sup>. En esta década, los funcionarios liberarán una porción similar de su jornada laboral con esta tecnología<sup>23</sup>. Algunas previsiones fijan en 2022 la primera campaña de impuesto sobre la renta ejecutada por sistemas de IA en los países más avanzados<sup>24</sup>.

La colisión de la IA con la sociedad trasciende a la empresa y la política, por lo que el reclutamiento de profesionales expertos en IA está demandando también perfiles con formación en humanidades y en ciencias sociales<sup>25</sup>. La razón de fondo es muy humana: en una competición todo el mundo quiere a su lado a las mejores, pero nadie termina de fiarse de un cerebro sin alma. •

20 Mapa de Capacidades de tecnologías de IA. <http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.26172fcf4eb029fa6ec7da6901432ea0/?vgnnextoid=70fcd77ec929610VgnVCM-1000001d04140aRCRD>

21 [https://hai.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj10986/ff/ai\\_index\\_2019\\_report.pdf](https://hai.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj10986/ff/ai_index_2019_report.pdf)

22 AI-and-Robotics-IBA-GEI-Abril-2017.

23 <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/726fd39d-en.pdf?expires=1578786010&id=id&accname=guest&checksum=D93CBB2565D6F120A225DD1C7E99C3FF>

24 AI-and-Robotics-IBA-GEI-Abril-2017.

25 idem