

---

# *Un índice para medir la apuesta de los países por la inteligencia artificial: el caso de España y el papel del País Vasco*

*An index for measuring the countries' commitment to Artificial Intelligence: the case of Spain and the role of the Basque Country*

La inteligencia artificial (IA) se ha configurado como la tecnología referente de la nueva era. Una herramienta de disrupción con un alcance transversal capaz tanto de generar nuevos sectores como de transformar profundamente los tradicionales. Por eso, una gran cantidad de países han lanzado estrategias para afrontar con garantías los cambios que se avecinan. Pero más allá de estas promesas, la realidad es que no todos los países tienen el mismo compromiso con la innovación. En este artículo, a partir de trece indicadores muy específicos relacionados con la IA, se mide la apuesta de dieciséis países por esta tecnología y se sintetiza mediante un índice que mide el grado de especialización en IA. Con ello hemos podido comprobar cómo Asia está tomando el mando, mientras que Europa está rezagada, y en especial una economía como España, que empieza a quedar muy relegada.

*Adimen artifiziala (AA) aro berriko teknologia erreferente bihurtu da. Disrupzio-tresna bat, zeharkakoa, sektore berriak sortzeko nahiz tradizionalak errotik eraldatzeko gai dena. Hori dela eta, herrialde askok estrategiak abiatu dituzte datozen aldaketei bermekin aurre egiteko. Baina promesa horietatik haratago, errealitateak erakusten du herrialde guztiek ez dutela berrikuntzarako konpromiso bera. Adimen artifizialarekin lotutako hamahiru adierazle kontuan hartuta, artikulu honetan teknologia horren alde hamasei herrialdek egindako apustua neurtuko da eta AA-eko espezializazio-indize baten arabera laburbiltzen da. Horrela egiaztatu ahal izan dugu Asia ari dela agintea hartzen, Europa atzean geratzen ari dela eta Espainia bezalako ekonomia bat, bereziki, oso atzeratua ari dela geratzen.*

Artificial intelligence (AI) has become the benchmark technology of the new era. A disruption tool with a transversal scope capable of both generating new sectors and profoundly transforming traditional ones. That is why a large number of countries have launched strategies to face the changes that are coming. But beyond these promises, the reality is that not all countries have the same commitment to innovation. In this article, based on thirteen very specific indicators related to AI, we measure the commitment of sixteen countries to this technology and is synthesized using an index that measures the degree of specialization in AI. We have seen how Asia is taking the lead, while Europe is lagging, and especially an economy like Spain, is starting to take a back seat.

---

**Alexandre Peretó-Rovira**

*Universidad de Alicante*

**Luis Moreno-Izquierdo**

*Universidad de Alicante*

**Andrés Pedreño-Muñoz**

*1millionbot y AlicanTec*

## Índice

---

1. La inteligencia artificial como tecnología de propósito general
2. Jugadores globales en la carrera de la inteligencia artificial
3. Midiendo la apuesta de los países en inteligencia artificial
4. La situación de España
5. El papel del País Vasco
6. Conclusiones y recomendaciones

Referencias bibliográficas

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial, Tecnología de Propósito General, Europa, Asia.

**Keywords:** Artificial Intelligence, General Purpose Technology, Europe, Asia.

**Nº de clasificación JEL:** O14, O31, O33.

Fecha de entrada: 19/03/2020

Fecha de aceptación: 28/07/2020

---

### 1. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO TECNOLOGÍA DE PROPÓSITO GENERAL

La relación existente entre crecimiento económico y tecnología, entendida como una herramienta de mejora productiva, ha sido estudiada durante largas décadas. Ya en los trabajos de Schumpeter (1934) de principios del siglo XX, se definió un «componente tecnológico», más allá de los tradicionales factores productivos (como ya saben, tierra, trabajo y capital), capaz de potenciar el progreso de los países y regiones de forma acumulada, esto es, escapando de la trampa de los rendimientos decrecientes.

A pesar del tiempo transcurrido, muchos de los conceptos introducidos por Schumpeter siguen vigentes en la actualidad, describiendo el ideal del emprendedor

---

como una persona altamente innovadora, o la llamada «destrucción creativa», es decir, la sustitución continua de lo viejo por lo nuevo.

El papel de la tecnología como factor económico ha sido depurado con los años, capaz de explicar teóricamente los procesos de convergencia y divergencia entre países. En los trabajos de los Premios Nobel Robert Solow (1956), Paul Romer (1990) y Robert Lucas (1990), entre otros, queda modelizada esta relación, aunque con diferencias: si la temprana obra de Solow entendía que la tecnología era un elemento exógeno, en Romer y Lucas ya se considera como algo endógeno, dependiente de las inversiones en I+D, o la generación de talento en un país. Algo que incluso permitió a Lucas acercarse a una idea depurada de los llamados «milagros económicos».

A nivel aplicado, el impacto de la tecnología sobre la productividad total de los factores es observado en Bolt *et al.* (2018), cuyo estudio nos permite ver el crecimiento experimentado por la productividad per cápita gracias a las diferentes Revoluciones Industriales que han tenido lugar hasta el 2016.

Pero no toda innovación surgida en las distintas Revoluciones tiene el mismo impacto para las economías. Las grandes transformaciones, los saltos más significativos en términos de productividad, son generalmente provocadas por las innovaciones disruptivas o «Macroinvenciones» (Joel Mokyr, 1990), también definidas como Tecnologías de Propósito General (TPG) (Jovanovic y Rousseau, 2005; Cockburn *et al.*, 2018). Este tipo de avances tecnológicos son inherentemente impredecibles y producen un choque tecnológico exógeno. Su transversalidad permitió durante las diferentes Revoluciones Industriales la aparición de nuevos sectores y el notable crecimiento de los ya existentes mediante su transformación tecnológica (Bresnahan y Trajtenberg, 1995). Las TPG, por tanto, deben ser una prioridad en términos de investigación, ya que de ellas se derivan desde disrupciones locales o nacionales en materia de empleo, riqueza y bienestar, hasta una transformación del ordenamiento geopolítico global.

Para que nos hagamos una idea, la máquina de vapor fue la TPG sobre la que se basó la primera Revolución Industrial (Crafts, 1996), propiciando un salto productivo, en los transportes y hasta en la división del trabajo, dando a Inglaterra el dominio económico global gracias a su capacidad innovadora. La segunda Revolución Industrial vino impulsada por la electricidad (Mokyr, 1998), y la tercera por los ordenadores e internet (Makridakis, 1995), provocando un cambio de liderazgo económico global en favor de Estados Unidos. Sobra decir el impacto que ambas tecnologías han tenido sobre nuestros estilos de vida y las formas de producir, comunicarnos o consumir.

Pero para que estas TPG sustenten una verdadera Revolución Industrial es necesario que se acompañen de un proceso de mejoras incrementales que traslade su potencial disruptivo a los factores de producción del resto de sectores (Bresnahan y Trajtenberg, 1995). Es lo que se conoce como «tasa de progreso tecnológico», y mide

el aumento de la productividad y las mejoras en la calidad del producto que se obtienen gracias a las invenciones no disruptivas complementarias a las TPG, también conocidas como «microinvenciones» (Mokyr, 1990).

En la actualidad, la inteligencia artificial (IA) se está consolidando como la nueva TPG, emblema de una cuarta Revolución Industrial de la que ya pocos dudan (Schwab, 2017). Y aunque sus orígenes se remontan a mediados del siglo XX (McCarthy *et al.*, 2006), no ha sido hasta ahora cuando se ha desarrollado su potencial transversal, que permite su aplicación a lo largo de diferentes procesos y sectores. Para ello han tenido que darse en las últimas décadas importantes avances en la capacidad de procesamiento, conectividad, y el incremento en la calidad y disponibilidad de los datos, que han actuado como «mecanismos desencadenantes» para poder hablar de una TPG (Makridakis, 2017; Syam y Sharma, 2018).

La incorporación de la IA en los diferentes sectores, de manera más o menos generalizada, empieza ya a ser una realidad. La mayoría de las grandes empresas reconocen la necesidad de implementar esta tecnología en sus productos y procesos como condición necesaria para poder superar los retos que supondrá esta nueva revolución (Prisecaru, 2016). Una adaptación que llega poco a poco a nuestras vidas con una aportación que va desde nuestros dispositivos móviles (Weiss y Lockhart, 2012) hasta los coches que conducimos (Meiring y Myburgh, 2015).

Esta creciente implementación y su potencial están despertando un gran interés en la sociedad, en las empresas y sobre todo en los Gobiernos. Estados Unidos, China, Canadá, Corea del Sur o incluso la Comisión Europea han hecho públicos planes estratégicos en los que se trazan sus líneas de actuación para el impulso de la IA. Con estos planes, las diferentes economías pretenden convertirse en referentes no solo de la IA sino también de otras tecnologías complementarias, como el *Big Data*, el internet de las cosas, la robótica, la automatización, la impresión 3D o *Blockchain*, por mencionar las más importantes.

## 2. JUGADORES GLOBALES EN LA CARRERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Cada vez son más las investigaciones que hacen previsiones sobre el impacto económico que desencadenará la inteligencia artificial en la siguiente década. Datos que nos hablan de un incremento en la perspectiva de crecimiento de hasta un 50% por la mejora productiva de esta tecnología (Purdy y Daugherty, 2016), hasta otros más concretos medidos en 16 billones de dólares en todo el mundo en 2030 (Rao y Verweij, 2017).

Pese a lo prematuro de las proyecciones, estas cifras, tal y como se apunta en Pedreño-Muñoz y Moreno Izquierdo (2019), nos sitúa ante a un escenario de disrupción, no de innovación. Una nueva era que requiere de anticipación y comprensión,

porque no se trata únicamente de una evolución de lo vivido hasta ahora, sino de un cambio radical a todos los niveles.

Las principales potencias mundiales vislumbran en su mayoría que la IA constituirá un cambio de las reglas del juego de la economía mundial, y de ahí la rápida respuesta de algunas de ellas. Porque a medida que la Sociedad de la Información consigue ensanchar sus bases y abarcar a un mayor porcentaje de la población, se incrementa el impacto potencial de la IA.

Los diferentes países han abordado sus estrategias desde diferentes ángulos. Es cierto que hay algunas líneas que se comparten, como en el caso de EE.UU., Reino Unido y la UE, y la idea de la ética de la inteligencia artificial, su transparencia, la rendición de cuentas y su impacto positivo en la economía y la sociedad. Pero cada país considera vías diferentes a través de las cuales alcanzar sus metas. Especialmente, si comparamos las economías occidentales con las asiáticas.

Por todo ello, resulta muy interesante hacer un primer análisis sobre la posición de los distintos países y si apuestan por el liderazgo o por un papel secundario en la cuarta Revolución Industrial. Sobre todo, porque ya empieza a apuntarse una primera brecha de suficiente entidad entre China, Estados Unidos, por un lado, y el resto de países. Las previsiones alertan de que entre las dos superpotencias tecnológicas se repartirán el 70% de todas las ganancias derivadas de la IA (Rao y Verweij, 2017). Algo que dejaría muy tocada a la Unión Europea.

## 2.1. Estados Unidos de América

El gigante norteamericano es considerado uno de los líderes en la carrera por el liderazgo en inteligencia artificial. Ya en mayo del 2016, y de forma pionera, la administración Obama conformó un Subcomité de Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (NSTC), con el objetivo de fomentar la coordinación entre agencias federales y proporcionar a la administración asesoramiento técnico y de políticas sobre temas relacionados con la IA. Como resultado, ese mismo año se publicó el informe *Preparing for the future of Artificial Intelligence*<sup>1</sup>, con recomendaciones para acciones específicas de agencias federales y otros actores y un completo estudio de la situación de la tecnología.

En el posterior Plan estratégico nacional de Investigación y desarrollo de la Inteligencia Artificial<sup>2</sup> se establecieron algunas líneas con las que poder aumentar la inversión del gobierno en tecnologías relacionadas con la IA, que en el año 2015 fue de 1.100 millones de dólares en I+D no clasificada. Además, se determinaron las siete

<sup>1</sup> [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse\\_files/microsites/ostp/NSTC/preparing\\_for\\_the\\_future\\_of\\_ai.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf)

<sup>2</sup> [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse\\_files/microsites/ostp/NSTC/national\\_ai\\_rd\\_strategic\\_plan.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/national_ai_rd_strategic_plan.pdf)

líneas estratégicas en las que debe focalizarse la inversión, como la seguridad de los sistemas de IA, la comprensión de la demanda futura laboral relacionada con la innovación, o abordar las implicaciones éticas que preocupan a prácticamente todos los países del mundo.

Este plan se completaba con otros informes, como el *Artificial Intelligence, Automation, and the Economy*<sup>3</sup>, de diciembre de 2016, con el que se priorizaba la atracción de talento internacional en materia de IA.

La estrategia tecnológica es la única que Trump ha continuado desde que es presidente, y que reforzó con una propuesta de desregulación del sector de la IA tras la Cumbre sobre Inteligencia Artificial<sup>4</sup>, con el objetivo de eliminar barreras a la innovación e impedir que se traslade al extranjero.

Toda la estrategia en inteligencia artificial desde que Trump está en la Casa Blanca ha sido adoptada como vital para el futuro de la economía norteamericana. En septiembre de 2019, el Subcomité de redes y tecnología de la información hizo público el esfuerzo financiero del gobierno en materia de IA para el presupuesto del 2020<sup>5</sup>: en total, 973 millones de dólares en I+D no militar y 4.022 millones de inversión militar, incluyendo importantes acuerdos con empresas de robótica y el presupuesto destinado a la NASA.

Pero más allá de esta apuesta gubernamental, EE.UU. cuenta con la baza de Silicon Valley y otras grandes plazas de innovación, como Massachusetts y Nueva York, con empresas tecnológicas de primer orden mundial y las agencias de inversión de capital riesgo con mayor capacidad de financiación. Google, Amazon, Facebook, IBM, Apple, Microsoft, Uber o Airbnb entre otras, están acometiendo importantes avances en materia de inteligencia artificial, algunas de ellas incluso en computación cuántica, al tiempo que otros sectores como el financiero se reinventan gracias a nuevas empresas basadas en IA. Una dinamicidad que no está al alcance de casi ningún otro país.

## 2.2. China

La posición actual de China en el campo de la inteligencia artificial es el resultado de su apuesta por la tecnología para garantizar el crecimiento futuro. En un proceso de industrialización sin precedentes, el gigante asiático no puede acomodarse en los próximos años si quiere mantener su ritmo de convergencia con las economías occidentales.

<sup>3</sup> <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF>

<sup>4</sup> <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/05/Summary-Report-of-White-House-AI-Summit.pdf>

<sup>5</sup> <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2019/09/FY2020-NITRD-AI-RD-Budget-September-2019.pdf>

De hecho, el Consejo de Estado de China en 2017 cifró la potencial riqueza generada por la IA en 150 mil millones de yuanes en la industria directa y 1 billón de yuanes en las industrias relacionadas para finales del 2020, por lo que los incentivos del gobierno en tomar una posición de liderazgo en esta revolución estaban claros.

Para ello, elaboran planes trianuales (de momento 2016-2018 y 2018-2020) con líneas estratégicas a corto, medio y largo plazo, con el objetivo de guiar y coordinar los esfuerzos en IA del sector empresarial y gubernamental en una misma dirección.

En el corto plazo, se establece entre otras la prioridad del gobierno en liderar la investigación en la nueva generación de IA, o construir un entorno propicio para aumentar el tamaño de las principales empresas de IA chinas, algo que generó gran controversia en Estados Unidos, pues amenazaba su hegemonía empresarial a nivel global, al tiempo que China seguía limitando las oportunidades de entrada en su mercado<sup>6</sup>.

En el medio plazo (2020-2025), se establece que la inteligencia artificial debe constituir la principal fuerza impulsora de la industria del país, con una aportación directa e indirecta de casi 6.000 millones de yuanes, con una importante salida comercial internacional.

A largo plazo (2025-2030), la estrategia china pretende culminar el despliegue total de la IA en los eslabones estratégicos para el país, y que afectan e implican a la fabricación, la medicina inteligente, la agricultura inteligente o la defensa, entre otros.

Aunque no existen informaciones públicas claras sobre la inversión total del Gobierno, distintas estimaciones nos acercan a entre 1.700 y 6.000 millones de dólares solo en inversión civil, a lo que habría que sumar la investigación militar que puede superar los 2.000 millones anuales.

Si comparamos estas cifras con las de Estados Unidos para el 2020, podríamos ver algunas diferencias notables en su reparto, aunque al no contar con información verídica y contrastada impide hacer una valoración creíble. Aun así, es importante dar a China la relevancia que le corresponde y que todos conocemos, y que deriva de un ambicioso plan de modernización y transformación económica basado en inteligencia artificial.

### 2.3. Israel

El caso de Israel refleja un claro éxito en la implementación de la tecnología y la innovación en su economía, hasta el punto de ser considerada una *Start-up Nation*. Pese a que este país no disponga de un plan nacional sobre inteligencia artificial publicado, en 2018 el gobierno anunció que estaba trabajando en su estrategia<sup>7</sup>, involucrando al Ministerio de Defensa, la Autoridad de Innovación Israelí (IIA), la Di-

<sup>6</sup> <https://www.uscc.gov/research/13th-five-year-plan>

<sup>7</sup> <https://oecd.ai/dashboards/policy-initiatives/2019%2Fdata%2FpolicyInitiatives%2F25187>

rección Nacional Cibernética y el Consejo de Educación Superior. También se conocen iniciativas puntuales, como la elaborada por la Autoridad de Innovación Israelí para la elaboración de un marco<sup>8</sup> de I+D para la IA, y que cuenta con una financiación de más de 100 millones de dólares.

Sin embargo, y pese a no tener datos fidedignos ofrecidos por el gobierno, al igual que en el caso de China, existen múltiples indicadores, como el número de graduados STEM, el total de patentes basadas en IA por cada millón de habitantes o el número de *Startups* creadas en los dos últimos años por cada 100 mil habitantes, que reflejan buenos resultados en el impulso de la IA por parte de este país. Por ello, todo hace pensar que Israel ha mantenido también con las nuevas tecnologías su prolongada y ambiciosa política de innovación para la renovación de sus Administraciones y su tejido productivo.

El importante posicionamiento de muchas empresas del país en el liderazgo de campos como la ciberseguridad<sup>9</sup> o la conducción autónoma<sup>10</sup> ha hecho que empresas como Intel, Google, IBM y Apple hayan desembolsado importantes cantidades de dinero. Solo la compra de Mobileye Vision Technology, una compañía especializada en la tecnología para vehículos autónomos, hizo que Intel invirtiera 15.300 millones de dólares en su adquisición<sup>11</sup>. Pero el ecosistema israelí incluye más de 1.200 empresas activas en el sector de la inteligencia artificial. Toda una garantía de éxito.

#### 2.4. Corea del Sur

La apuesta de Corea del Sur por la innovación como motor de crecimiento es una de las más consolidadas del mundo, con una inversión en I+D (4,5% del PIB), solo igualada por Israel y muy por encima de países considerados punteros en innovación, como Alemania, Estados Unidos o Suecia.

Por ello, no es de extrañar que Corea del Sur fuese uno de los primeros en lanzar su estrategia nacional en inteligencia artificial, un plan en 2016 para la preparación, a medio y largo plazo, de la sociedad inteligente de la información<sup>12</sup>. Este plan estratégico pretende ser una hoja de ruta hasta 2030 y con él se quiere aprovechar las oportunidades de la IA para reducir costes, generar nuevo consumo y proporcionar nuevos ingresos. A la vez que se intenta minimizar el impacto potencial de la automatización en el empleo, el cual se estima que para 2030 alcanzará el 49,7% del total de las horas de trabajo actuales.

<sup>8</sup> <https://oecd.ai/dashboards/policy-initiatives/2019%2Fdata%2FpolicyInitiatives%2F5295>

<sup>9</sup> <https://www.economista.com.mx/tecnologia/5-companias-israelies-que-estan-cambiando-la-ciberseguridad-en-el-mundo-20190630-0009.html>

<sup>10</sup> [https://elpais.com/economia/2017/03/13/actualidad/1489405350\\_598939.html](https://elpais.com/economia/2017/03/13/actualidad/1489405350_598939.html)

<sup>11</sup> <https://techcrunch.com/2017/03/13/reports-intel-buying-mobileye-for-up-to-16b-to-expand-in-self-driving-tech/>

<sup>12</sup> [https://english.msit.go.kr/cms/english/pl/policies2/\\_icsFiles/afieldfile/2017/07/20/Master%20Plan%20for%20the%20intelligent%20information%20society.pdf](https://english.msit.go.kr/cms/english/pl/policies2/_icsFiles/afieldfile/2017/07/20/Master%20Plan%20for%20the%20intelligent%20information%20society.pdf)

La dotación de fondos prevista en su estrategia de IA es cuantiosa, con 500 millones de dólares destinados al Ministerio de Ciencia y TIC para el periodo 2018-2022<sup>13</sup> o los más de 1.000 millones de dólares<sup>14</sup> de inversión que el Ministerio de Comercio tiene previsto destinar en 2020 a la autosuficiencia de la industria tecnológica coreana. Una cifra que poco tiene que envidiar a las apuestas de China o Estados Unidos.

La educación constituye otra de las grandes bazas del gobierno para la adaptación del país al nuevo paradigma tecnológico. En Seúl se han planteado como objetivo formar a más de 5.000 ingenieros y profesionales STEM (esto es, en áreas relacionadas con las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas) en los próximos años, lo que le permitiría disponer del capital humano suficiente como para consolidar el crecimiento de su industria tecnológica, al igual que sucede en Canadá e Israel.

Por último, el plan estratégico surcoreano aborda la necesidad de impulsar al sector empresarial, su verdadero talón de Aquiles. Su objetivo es conseguir que para 2025 existan más de 800 empresas proveedoras de inteligencia artificial que abastezcan al resto de sectores que conforman la economía surcoreana. Para ello, ha puesto en funcionamiento un paquete de medidas de financiación, entre las que se encuentra la creación de un fondo de Venture Capital por parte del Ministerio de Pymes y Startups, con una dotación de 3 mil millones<sup>15</sup> de dólares solo en el año 2018.

## 2.5. Canadá

Canadá ha sido uno de los países que más rápidamente supo ver el potencial de la inteligencia artificial. A través del Instituto Canadiense de Investigaciones Avanzadas (CIFAR)<sup>16</sup> se lanzó en 1983 uno de los primeros programas de investigación en IA del mundo. Hoy en día, esta institución sigue siendo clave en la nueva estrategia del país<sup>17</sup>, habiendo sido dotada con un presupuesto de 125 millones de dólares canadienses para promover la colaboración de los principales centros de excelencia en IA de su territorio.

De este modo, Canadá pretende, gracias a proyectos pioneros de investigación, anclar el talento para que no abandone el país, además de fomentar la captación de expertos extranjeros. Esta combinación (innovación y talento) está suponiendo el gran revulsivo de la economía canadiense en materia de IA, que acompaña con un programa de visa que permite la residencia permanente a emprendedores<sup>18</sup>, académicos

<sup>13</sup> <https://oecd.ai/dashboards/policy-initiatives/2019%2Fdata%2FpolicyInitiatives%2F25016>

<sup>14</sup> <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2019&no=726765>

<sup>15</sup> <https://www.koreatechdesk.com/why-invest-in-korean-startups/>

<sup>16</sup> <https://www.cifar.ca/>

<sup>17</sup> <https://www.cifar.ca/ai/pan-canadian-artificial-intelligence-strategy>

<sup>18</sup> <https://www.canada.ca/en/immigration-refugees-citizenship/services/immigrate-canada/start-visa.html>

micos, científicos, investigadores y estudiantes de postgrado en campos de alto valor añadido para el país.

La apuesta por el talento se traduce en el hecho de que la ciudad de Montreal ostenta la mayor concentración per cápita de investigadores y estudiantes en IA y *Deep Learning* del mundo: 5 por cada 1.000 habitantes.

A estas iniciativas se han sumado otras muy importantes, como una fuerte colaboración internacional, con la constitución de la Asociación Mundial sobre IA (GPAI)<sup>19</sup>, la constitución del Consejo Asesor sobre Inteligencia Artificial<sup>20</sup> o el impulso empresarial de *startups* cuya base tecnológica sea la IA a través de iniciativas como *Start-up Here*<sup>21</sup>.

En definitiva, la apuesta de Canadá por la inteligencia artificial es una de las más creíbles del mundo, fundamentada en su Administración, el talento y sus empresas. El hecho de que fuera uno de los primeros países en apostar a nivel estratégico por esta tecnología y que haya sabido focalizar sus esfuerzos, le ha permitido convertirse en un verdadero referente.

## 2.6. Reino Unido

El Reino Unido se posiciona como la principal potencia europea en el campo de la inteligencia artificial, considerándose esta tecnología como un asunto de estado. Prueba de ello es la creación en 2017 de un grupo de parlamentarios<sup>22</sup> de todos los grupos políticos sobre IA para influir en las acciones del gobierno. Estos fueron los impulsores de que a día de hoy el gobierno británico cuente con una Oficina de Inteligencia Artificial<sup>23</sup> dotada con más de 500 millones de dólares.

Esta oficina tiene como objetivo vertebrar las acciones de todos los departamentos y ministerios, con líneas de actuación tan importantes como impulsar la Estrategia de Innovación tecnológica del gobierno<sup>24</sup>, o el desarrollo<sup>25</sup> de la próxima generación de talentos STEM en Reino Unido.

Según las estimaciones del ejecutivo británico, la IA podría generar cerca de 290 mil millones de dólares para la economía británica en 2030. De ahí que hayan surgido importantes iniciativas, como el centro de innovación Catapulta Digital<sup>26</sup>, el Ins-

<sup>19</sup> <https://oecd.ai/dashboards/policy-initiatives/2019%2Fdata%2FpolicyInitiatives%2F24565>

<sup>20</sup> <https://oecd.ai/dashboards/policy-initiatives/2019%2Fdata%2FpolicyInitiatives%2F24562>

<sup>21</sup> <https://www.toronto.ca/business-economy/invest-in-toronto/start-up-here/>

<sup>22</sup> <https://www.appg-ai.org/>

<sup>23</sup> <https://www.gov.uk/government/organisations/office-for-artificial-intelligence>

<sup>24</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/the-government-technology-innovation-strategy>

<sup>25</sup> <https://oecd.ai/dashboards/policy-initiatives/2019%2Fdata%2FpolicyInitiatives%2F24548>

<sup>26</sup> <https://www.digicatapult.org.uk/>

tituto Alan Turing<sup>27</sup> o el programa de IA<sup>28</sup> para el sector británico lanzado por la Oficina de Inteligencia Artificial británica en 2018 y en el que se acuerda un paquete de inversión público-privada de 1.000 millones de dólares.

Para 2027, el Reino Unido pretende ser un *hub* industrial de los más avanzados del mundo y el destino ideal para la innovación y la inversión en el sector de la inteligencia artificial. Para ello, cuenta con el Fondo de estrategia industrial<sup>29</sup> lanzado por el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial, con una financiación de 500 millones de dólares. Además de, por supuesto, con las oficinas específicas de IA y los departamentos ligados a la educación, los negocios y la innovación, que trabajan coordinados para adaptar toda la industria británica y que aportaron más de 1.240 millones de dólares en 2018.

Por último, su sector privado tecnológico, especialmente en el campo de las *fin-tech*, es uno de los más potentes del mundo y sin duda el mayor de Europa. Por todo ello, Reino Unido está llamada a ser la potencia europea y principal referente en el campo de la IA, incluso a pesar del Brexit.

## 2.7. Unión Europea

La UE, por su parte, comenzó con cierto retraso su apuesta por el liderazgo en Inteligencia Artificial, al mismo tiempo que algunos de sus países miembros anunciaban propuestas paralelas, como la inversión anunciada por Emmanuel Macron de 1.500 millones de euros, o de Angela Merkel de hasta 3.000 millones de euros.

En pleno 2016, cuando la Casa Blanca y el Gobierno británico ya contaban con estrategias para el apoyo y dinamización de la IA y el resto de tecnologías disruptivas, la UE aún se encontraba en una fase inicial y sin una estrategia común. El informe elaborado por la Comisión de Asuntos Jurídicos del Parlamento Europeo en ese año mostraba su preocupación por los importantes retos que supone para el mantenimiento y el fortalecimiento del estado del bienestar europeo el cambio de las reglas del juego derivado del impacto de la inteligencia artificial. Pero no arrojaba ningún plan estratégico ni líneas de actuación.

Será en 2018 cuando la Comisión Europea elabore su primer plan estratégico<sup>30</sup>, con el que se aspira a alcanzar una posición de liderazgo en inteligencia artificial en el medio y largo plazo. Para reducir la brecha existente con China y EE.UU., el informe se centra especialmente en la necesidad de incrementar la inversión en IA al menos al nivel de las otras dos superpotencias. Estas inversiones deben contar con

<sup>27</sup> <https://www.turing.ac.uk/>

<sup>28</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal/ai-sector-deal>

<sup>29</sup> <https://www.gov.uk/government/collections/industrial-strategy-challenge-fund-joint-research-and-innovation>

<sup>30</sup> <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/ES/COM-2018-795-F1-ES-MAIN-PART-1.PDF>

los mecanismos necesarios para retroalimentarse, tanto por la comercialización de las propias innovaciones en IA europeas como por la mejora competitiva de las pymes con su acceso a nuevas tecnologías disruptivas.

El proyecto Digital Innovation Hubs (DIH)<sup>31</sup> de 2019 definió los polos tecnológicos existentes dentro de la UE, con el propósito de facilitar el acceso de cualquier tipo de empresa a centros de innovación con los que mejorar el desarrollo de sus procesos, productos y servicios mediante la utilización de tecnologías como la IA.

Con el objetivo de alcanzar los mejores resultados posibles, en la estrategia de la Unión se apuesta por focalizar la inversión en aquellos sectores en los que la UE lidera, como son el sector salud, la robótica, la agricultura y los transportes, estableciendo una estrecha colaboración con el sector privado.

Los primeros pasos, como la creación de una red de excelencia innovadora en IA que permite nutrir a los centros de desarrollo de los últimos avances, ya se están ejecutando. Esta red de excelencia, llamada *European Laboratory for Learning and Intelligent Systems* (ELLIS)<sup>32</sup>, se conformó en 2019, una vez que los estados miembros determinaron los centros nacionales de excelencia en investigación en IA. Por ejemplo, para el caso de España el único centro ELLIS está ubicado en Alicante.

Para esta transformación, la Comisión Europea plantea la necesidad de alcanzar una inversión anual de al menos 1.000 millones de euros en IA<sup>33</sup> en el periodo 2021-2027. Lograrlo dependerá de una necesaria coordinación de proyectos ya desplegados y con clara vinculación con la inteligencia artificial en campos como la robótica o los macrodatos, del impulso de las redes de investigación académicas coordinadas bajo el proyecto «EurAI»<sup>34</sup> y de la creación de una agenda común de investigación en colaboración con el sector privado.

Además, desde el año 2018 la Comisión Europea ha duplicado la Inversión en IA dentro del programa Horizonte 2020. El objetivo es lograr los 20 mil millones de euros de inversión hasta finales del 2020<sup>35</sup>, a lo que debe sumarse 9.200 millones de euros en el programa Europa Digital para el periodo 2021-2027<sup>36</sup>.

Toda esta inversión deberá traducirse en una cartera de empresas innovadoras especializadas en IA y tecnologías de contabilidad distribuida, y el desarrollo de una comunidad de inversores dinámica en la UE centrada en ellas. Incentivar las

<sup>31</sup> <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubs>

<sup>32</sup> <https://ellis.eu/>

<sup>33</sup> Bruselas, 8.4.2019 COM(2019) 168 final

<sup>34</sup> <https://www.eurai.org/>

<sup>35</sup> [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP\\_18\\_3362](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP_18_3362)

<sup>36</sup> <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-europe-programme-proposed-eu92-billion-funding-2021-2027>

inversiones digitales a nivel nacional, involucrando a los bancos nacionales de promoción (NPB), e impulsar las inversiones del sector privado, serán necesarias para que Europa se convierta en un polo de creación y atracción de *startups* tecnológicas.

Pero más allá de la estrategia general delimitada, la Comisión Europea ha contado también con proyectos e iniciativas previas que han tratado la implementación de IA sobre diferentes sectores estratégicos. En el área de la salud nos encontramos con el proyecto MMAMMO1<sup>37</sup>; en el campo de la robótica, con los proyectos SPARC<sup>38</sup>, la Unidad A.1<sup>39</sup> o la asociación público privada (PPP)<sup>40</sup>; en el sector agrícola, la iniciativa *Internet of Food and Farm 2020*<sup>41</sup> o el proyecto *SmartAgriHubs*<sup>42</sup>; y en el sector de los transportes, los proyectos L3PILOT<sup>43</sup> y AUTOPILOT<sup>44</sup>. Precisamente, ha sido en este último campo donde más esfuerzos se han llevado a cabo por parte de la UE, con una asignación de 300 millones de euros en el marco Horizonte 2020 para financiar la investigación e innovación en el campo de los vehículos automatizados<sup>45</sup>.

En definitiva, aunque la UE tardó más tiempo que el resto de potencias mundiales en identificar la capacidad de transformación económica y social de la Inteligencia Artificial, su plan estratégico ha arrancado con mucha fuerza, tratando de movilizar y focalizar una importante financiación para impulsar aquellos sectores en los que la UE sigue contando con diferencias competitivas. La duda es si será suficiente.

### 3. **MIDIENDO LA APUESTA DE LOS PAÍSES EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

La percepción generalizada con la que cuentan los periodistas y expertos sobre la apuesta de cada país o región por la inteligencia artificial proviene mayoritariamente de información como la que hemos mostrado en el punto anterior, emitida directamente por las propias Administraciones. Pero si solo usáramos estas fuentes para comprobar si se cumplen las previsiones o los objetivos, así como el impacto de las políticas, deberíamos aguardar décadas.

<sup>37</sup> <https://cordis.europa.eu/article/id/395033-the-deep-learner-that-is-a-womans-best-friend/es>

<sup>38</sup> <https://www.eu-robotics.net/sparc/about/index.html>

<sup>39</sup> <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/content/robotics-and-artificial-intelligence-unit-a-1>

<sup>40</sup> <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/robotics-public-private-partnership-horizon-2020>

<sup>41</sup> <https://www.iof2020.eu/>

<sup>42</sup> <https://smartagrihubs.eu/>

<sup>43</sup> <https://www.l3pilot.eu/>

<sup>44</sup> <https://autopilot-project.eu/>

<sup>45</sup> [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/635609/EPRS\\_BRI\(2019\)635609\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/635609/EPRS_BRI(2019)635609_EN.pdf)

En este sentido, los índices que se están construyendo sobre la carrera por dominar la IA están siendo verdaderamente interesantes. Con ellos, se está creando un imaginario sobre el escenario futuro que nos espera a nivel geopolítico, con países que están sabiendo posicionarse en el campo de las tecnologías de vanguardia y otros rezagados, con una brecha que sigue abriéndose día a día. Entre estos índices cabe destacar el elaborado por el Instituto *Human-Centered Artificial Intelligence*<sup>46</sup> de la Universidad de Stanford, cuyo principal objetivo es orientar las acciones de instituciones públicas como la Comisión Europea<sup>47</sup>, o el *Global AI Index* elaborado por *Tortoise Intelligence*, que intenta aproximar los ecosistemas nacionales de los que depende el uso de la inteligencia artificial para un total de 54 naciones. En ambos casos, se basan en indicadores vinculados con la investigación, la percepción pública, los cambios en la economía, los cambios en los factores de producción, o la situación del despliegue de las estrategias de IA de algunos estados, entre otros.

Sin embargo, en este tipo de investigaciones se suele minusvalorar el verdadero elemento potenciador de la disrupción, la empresa. Existe toda una escuela de pensamiento, conocida como economía de la innovación y del cambio tecnológico o economía neo-schumpeteriana (Dávila, A.O., 2008), que considera a la empresa como una variable de innovación e invención cuyo impacto debe evaluarse como un elemento más y no debe quedar dispersa entre otras variables. Dicho de otra forma: es cierto que en los ecosistemas tecnológicos la suma de las administraciones, el sistema educativo y el sector privado son necesarios para obtener resultados notables. Pero es evidente que será este último el que en última instancia deba aportar el mayor valor a la economía, impulsar la productividad, generar empleo y financiar mediante sus impuestos el conjunto de nuevas actuaciones públicas, también en materia de innovación. Las empresas son las que deben innovar y reinventarse en base a las tecnologías de propósito general.

Por ello, en base a la revisión de la literatura en el campo de la economía de la innovación y del cambio tecnológico, en la medición de la apuesta por la inteligencia artificial que proponemos en este artículo las variables relacionadas con el sector privado (empresas y empleo en el sector privado) tienen un peso equivalente al 50% del total del valor global. Por otro lado, las variables relacionadas con el papel gubernamental y el educativo se reparten un 25% cada una de ellas. Estas variables pueden observarse en el cuadro nº 1.

---

<sup>46</sup> <https://hai.stanford.edu/ai-index/2019>

<sup>47</sup> [https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/ai-index-2019\\_en](https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/ai-index-2019_en)

**Cuadro nº 1. VARIABLES EMPLEADAS PARA LA CONFIGURACIÓN DEL INDICADOR**

	Variable (valor)	Descripción (Fuente)	Media	SD
Educación y universidades (25%)	E1. Graduados STEM (33%)	Graduados de los programas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas en educación terciaria, en ambos sexos (% sobre total estudiantes) (OCDE)	26,85	6,55
	E2. Resultados PISA (33%)	Resultados obtenidos por los distintos países en el informe PISA: especialidad matemáticas (OCDE)	507,5	32,86
	E3. Investigación en IA (33%)	Artículos de investigación en áreas relativas a la IA / Total de artículos publicados en un país (Scopus)	3,08	0,87
Gobierno y sociedad (25%)	G1. Ciberseguridad (25%)	Valores obtenidos en el ranking de ciberseguridad (Global Cybersecurity Index 2018)	0,85	0,06
	G2. eGovernment (25%)	Resultado global del estudio E-Government Survey de 2018 (Naciones Unidas)	0,83	0,08
	G3. Interés social por la IA (25%)	Valor en la comparativa global de Google Trends sobre la temática «Artificial Intelligence» (Google Trends)	15,62	15,86
	G4. Riesgo de automatización (25%)	Porcentaje de empleos sin riesgos de ser automatizados. Resultados del informe Employment Outlook 2019: The Future of Work (OCDE)	55,53	11,06
Sector privado y empleo (50%)	P1. Disponibilidad STEM (11,1%)	Disponibilidad de ingenieros y científicos en el mercado laboral (Foro Económico Mundial)	4,88	0,47
	P2. Investigadores en empresas (11,1%)	Investigadores desarrollando su actividad en el sector privado (% sobre total) (OCDE)	55,90	16,87
	P3. Patentes en IA (11,1%)	Patentes relacionadas con IA s/ total de patentes presentadas (por cada millón de personas) (WIPO)	2,78	3,42
	P4. Financiación empresarial (22,2%)	Empresas especializadas en IA con financiación > 100 millones de dólares (% s/ total de empresas IA) ( <i>crunchbase</i> )	3,70	5,07
	P5. Tamaño de las empresas (22,2%)	Empresas especializadas en IA con > 50 trabajadores (% s/ total de empresas IA) ( <i>crunchbase</i> )	17,50	13,00
	P6. Espíritu emprendedor (22,2%)	<i>Startups</i> creadas en los dos últimos años / Población Urbana (x100.000) ( <i>crunchbase</i> )	2,78	3,48

Fuente: Elaboración propia.

Con esta distribución ponemos el foco en dos elementos fundamentales para definir el éxito de las estrategias en Inteligencia Artificial destacados por Pedreño-Muñoz y Moreno Izquierdo (2020): en primer lugar, la escalabilidad empresarial y el ecosistema emprendedor (variables P4, P5 y P6), y por otro, en la disponibilidad de talento, entendida como la existencia de profesionales (P1 y P2) y estudiantes (E1 y E2) especializándose en materias STEM.

Cabe añadir, por último, que a la hora de elaborar nuestro modelo hemos encontrado algunas limitaciones que han sido resueltas, evitando tanto aquellos indicadores para los que no había valores para todos los países que han sido seleccionados para este ejercicio, como aquellos otros que podían producir distorsiones macroeconómicas por no referirse específicamente a factores de impulso de la IA. Por ejemplo, la inversión en I+D, tanto pública como privada, ha sido descartada dado que la innovación en este indicador incluye multitud de áreas, muchas de ellas no productivas. En su lugar, se ha optado por estudiar el número de publicaciones científicas en Scopus en materia de IA (variable E3) y el porcentaje de investigadores desempeñando su actividad en el sector privado (P1).

Por otra parte, y para evitar una minusvaloración de los países asiáticos en niveles per cápita, los autores hemos optado por usar la población *urbana* para toda la muestra según los datos del Banco Mundial. Este ajuste es necesario, ya que en países como China o India el proceso de industrialización que viven no está ocurriendo en todas las regiones, e introducir por tanto a aquella población que está todavía al margen de los procesos de modernización económica supone un sesgo demasiado elevado. Además, esta corrección también tiene sentido en los países occidentales: aunque es cierto que existen diferencias notables entre las áreas agrícolas de los países de Europa con respecto a los de China o Vietnam, la mayor parte de la inversión y el impulso empresarial en inteligencia artificial ocurre allí donde hay más financiación y mano de obra cualificada, y esto sucede en las ciudades grandes y medianas, generalmente con acceso a universidades.

### 3.1. Explicación de las variables y primeros resultados

Para elaborar este primer índice hemos decidido utilizar 16 países en los que, de una forma u otra, sus Administraciones han mostrado interés en la apuesta estratégica por la inteligencia artificial. Entre ellos destacan EE.UU., China, Canadá, Reino Unido, Singapur, Alemania, Francia o Australia, que han aprobado planes estratégicos con dotaciones de dinero más o menos relevantes para su impulso. La muestra se completa además con Suecia, Corea del Sur, Japón, Italia, España, Vietnam, Irlanda e Israel. En total, dos países americanos, seis asiáticos (incluido Israel), siete de Europa y uno de Oceanía. Una muestra global que podrá ser ampliada en el futuro con más países en función de la facilidad para obtener datos.

Las variables seleccionadas en este índice intentan cubrir diferentes factores que hemos considerado claves para el impulso de la IA. En primer lugar, en el área de

educación y universidades (cuadro nº 2) se ha tratado de recoger la orientación universitaria (E1) y las políticas educativas del país (E2) en base a las STEM, de tal forma que aquellos países que más se han orientado a la capacitación de sus profesionales en estas habilidades reciben más puntuación. Además, se incorpora un indicador (E3) que registra la especialización investigadora en IA, en base al total de artículos publicados tanto en revistas como en congresos científicos de todo el mundo. A partir de ellas podemos ver cómo los países asiáticos empiezan a despuntar, con Singapur y China muy destacados, mientras que Estados Unidos padece de un déficit notable en profesionales STEM que es referenciado continuamente en sus medios de comunicación. Solo la importación de talento extranjero está permitiendo a la potencia norteamericana cubrir las plazas demandadas por la industria, aunque la deslocalización tecnológica ya es una realidad, con empresas como Google, Amazon o Microsoft desarrollando programas de investigación en Canadá para aprovechar su talento en IA.

Cuadro nº 2. VALORES ASOCIADOS AL ÁREA UNIVERSIDADES Y EDUCACIÓN - NORMALIZADOS EN BASE 10

	E1. Graduados STE	E2. Resultados PISA	E3. Investigación en IA
Australia	4,61	8,31	4,80
Canadá	5,33	8,66	5,32
China	9,24	<b>10,00</b>	6,29
Francia	6,39	8,38	4,51
Alemania	9,01	8,46	4,87
Irlanda	6,31	8,46	6,29
Israel	<b>10,00</b>	7,83	4,81
Italia	5,82	8,24	4,48
Japón	5,25	8,92	5,02
Corea del Sur	7,48	8,90	6,64
Singapur	8,63	9,63	<b>10,00</b>
España	5,97	8,14	4,64
Suecia	6,65	8,49	3,89
Reino Unido	6,58	8,49	5,22
Estados Unidos	4,48	8,09	5,76
Vietnam	5,67	8,39	9,14
Media	6,71	8,59	5,73

Fuente: Elaboración propia.

En relación al bloque de sociedad y gobierno, se han elegido variables que reflejan las infraestructuras y dedicación de las Administraciones por avanzar en la digitalización de sus procesos (G1 y G2), así como el interés y posible rechazo social a la IA (G3 y G4). En relación a esto último, lo óptimo sería contar con encuestas directas realizadas a la población, pero los informes que han realizado este tipo de ejercicios no cuentan con datos para todos los países consultados. En su lugar, se ha optado por analizar la tendencia en Google Trends de todos los países sobre la temática de inteligencia artificial (en todas las áreas de interés) y los riesgos de automatización de los empleos, entendiendo que las sociedades con menor probabilidad de ver sustituido su trabajo por las nuevas tecnologías aceptarán mejor la disrupción ocasionada por estas.

Cuadro nº 3. VALORES ASOCIADOS AL ÁREA GOBIERNO Y SOCIEDAD - NORMALIZADOS EN BASE 10

	G1. Ciberseguridad (25%)	G2. eGovernment (25%)	G3. Interés social por la IA (25%)	G4. Riesgo de automatización (25%)
Australia	9,56	<b>10,00</b>	2,46	7,30
Canadá	9,58	9,12	2,92	7,82
China	8,89	7,52	<b>10,00</b>	<b>10,00</b>
Francia	9,86	9,71	0,62	6,86
Alemania	9,12	9,68	1,23	6,19
Irlanda	8,42	9,15	2,31	7,74
Israel	8,41	8,83	1,08	7,46
Italia	8,99	9,07	0,92	6,66
Japón	9,45	9,70	0,31	6,18
Corea del Sur	9,38	9,95	2,31	7,68
Singapur	9,65	9,73	6,15	<b>10,00</b>
España	9,62	9,30	0,92	6,50
Suecia	8,70	9,81	1,23	8,72
Reino Unido	<b>10,00</b>	9,94	2,15	8,42
Estados Unidos	9,95	9,69	2,31	8,49
Vietnam	7,44	6,55	1,54	4,05
Media	9,19	9,24	2,40	7,50

Fuente: Elaboración propia.

En relación a estos indicadores, no existe una clara especialización en la suma total de todos ellos, aunque de nuevo los países europeos quedan muy retrasados en comparación con China y Singapur, cuya sociedad muestra un interés por la IA (G3) muy superior al del resto de casos consultados.

Cuadro nº 4. VALORES ASOCIADOS AL ÁREA EMPRESA Y EMPLEO - NORMALIZADOS EN BASE 10

	P1. (Disponibilidad STEM) (11,1%)	P2. (Investigadores en empresas) (11,1%)	P3. (Patentes en IA) (11,1%)	P4. (Financiación empresarial) (22,2%)	P5 (Tamaño de las empresas) (22,2%)	P6 (Espíritu emprendedor) (22,2%)
Australia	8,52	3,98	2,32	0,00	1,84	5,80
Canadá	9,48	6,77	7,98	2,47	2,38	10,00
China	8,14	7,25	3,01	<b>10,00</b>	<b>10,00</b>	0,22
Francia	8,08	7,20	2,57	0,82	2,21	2,15
Alemania	8,97	7,13	3,83	1,44	2,51	3,47
Irlanda	8,36	6,64	6,52	0,00	1,73	9,08
Israel	9,29	<b>10,00</b>	<b>12,07</b>	3,60	1,67	<b>27,84</b>
Italia	7,87	5,09	1,70	0,00	1,64	1,25
Japón	9,25	8,81	5,59	1,87	5,46	0,95
Corea del Sur	7,84	9,72	<b>63,13</b>	0,00	1,43	0,44
Singapur	9,06	5,96	5,35	3,24	2,22	<b>31,75</b>
España	7,77	4,44	0,82	0,00	1,85	3,51
Suecia	8,36	8,00	2,27	0,74	1,77	6,23
Reino Unido	8,50	4,53	3,49	1,51	2,35	8,64
Estados Unidos	<b>10,00</b>	8,48	10,00	5,34	3,65	9,04
Vietnam	6,62	2,87	0,00	0,00	5,06	0,98
Media	8,51	6,68	8,17	1,94	2,99	7,58

Nota: En las variables P3 y P6 la normalización en base a 10 se realiza con respecto al tercer país con un mejor resultado. Esto se debe a que los valores de Israel y Corea del Sur en las variables P3 y P6 son demasiado elevados como para poder llevar a cabo una normalización en base 10 que permita comparar la posición entre países. Aunque los valores de estos dos países han sido utilizados a la hora de establecer el ranking total, se excluyen de esta figura.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, en lo que respecta a las variables relacionadas con el sector productivo podemos apreciar cómo Estados Unidos y China acaparan la mayor cantidad de grandes empresas tecnológicas, medidas tanto por financiación (P4) como por tamaño (P5). También destacan Singapur e Israel, gracias a su apuesta continua por la innovación y la generación de *startups*, reflejado en la variable P6 e incluso en las patentes publicadas sobre IA (P2). De nuevo, las economías europeas aparecen en la segunda mitad de la tabla, sin que ninguna de ellas destaque especialmente en este apartado.

### 3.2. Un primer índice de especialización económica en Inteligencia Artificial

En base a las variables usadas, el indicador no deja lugar a dudas: existe un claro dominio oriental en materia de inteligencia artificial, con un posicionamiento estratégico de China como líder global de la cuarta Revolución Industrial (cuadro nº 5).

Cuadro nº 5. **ÍNDICE DE ESPECIALIZACIÓN EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

	Educación y universidades	Gobierno y sociedad	Empresas y empleo	Total índice	
China	21,278	22,761	31,112	75,150	Líderes
Singapur	23,544	22,208	25,992	71,745	
Israel	18,868	16,113	27,377	62,358	
Estados Unidos	15,276	19,017	24,298	58,591	
Corea del Sur	19,184	18,321	17,051	54,556	Destacados
Canadá	16,087	18,406	18,608	53,101	
Japón	15,989	16,023	18,998	51,011	
Reino Unido	16,910	19,071	14,867	50,848	Seguidores
Alemania	18,620	16,388	14,886	49,894	
Irlanda	17,551	17,266	14,011	48,828	
Suecia	15,860	17,787	14,254	47,901	
Francia	16,064	16,906	12,833	45,803	Retrasados
Australia	14,761	18,324	11,230	44,315	
Vietnam	19,333	12,242	11,236	42,811	
España	15,627	16,464	10,144	42,235	
Italia	15,451	16,027	9,612	41,089	

Fuente: Elaboración propia.

Al gigante asiático le siguen Singapur e Israel, las dos economías que más empresas tecnológicas por habitante son capaces de generar en todo el mundo. Solo ecosistemas muy concretos, como California, tienen una capacidad de dinamización empresarial superior. Precisamente, Estados Unidos cierra el grupo de países líderes en IA, que son aquellos que han obtenido una puntuación superior o igual a 55.

En el grupo de países destacados encontramos a Corea del Sur, Canadá y Reino Unido, de los que en páginas anteriores se ha destacado su temprana e importante puesta en marcha de estrategias para posicionarse en sectores de la IA. A ellos se suma Japón, con serias dificultades para reconvertir su economía por problemas como el envejecimiento y una estructura empresarial poco atomizada, pero que tiene en su experiencia en la robótica un anclaje muy fuerte con las tecnologías de vanguardia.

Como países seguidores encontramos cuatro europeos: Alemania, Irlanda, Suecia y Francia. Francia, Alemania y Suecia ya han anunciado importantes medidas para potenciar la cuarta Revolución Industrial, pero aún cuentan con una estructura productiva demasiado dependiente de sectores tradicionales. Necesitarán de una revolución basada en los sectores plenamente tecnológicos para abrazar la IA en toda su dimensión. Además, como le ocurre a Irlanda, la falta de financiación empresarial supone un verdadero lastre para sus *startups*. Como ya indicamos, la UE está poniendo todo su empeño en que fluya inversión hacia las empresas, ya que la vertebración existente impide que surjan compañías de gran tamaño capaces de renovar el tejido productivo y competir a escala global.

De acuerdo con Pedreño-Muñoz y Moreno-Izquierdo (2020), la inversión en capital riesgo de EE.UU. y China multiplica por diez la europea, que también se ve superada por Japón, Corea del Sur o Israel, entre otras muchas. Sin financiación es imposible impulsar empresas competitivas en inteligencia artificial, y sin ellas es irreal pensar en sostener cualquier propuesta ambiciosa que plantee toda Administración.

Por último, Australia, Vietnam, España e Italia aparecen como países retrasados, sin una clara apuesta por consolidarse en el sector de la IA y sin inversión gubernamental suficiente. En el caso de Australia, por ejemplo, se ha limitado hasta la fecha en 30 millones de dólares australianos. Para el caso español, el gobierno no ofrece cifras de inversión a futuro. Y en el caso de Italia, el gobierno plantea<sup>48</sup> una inversión total de 1.128,6 millones de euros para el periodo 2019-2025, pero ante la crisis del coronavirus y sin haber ejecutado aún la mayor parte de este desembolso, cuesta creer tales cifras. Los dos países mediterráneos penalizan, sobre todo, una educación muy poco orientada a la STEM, que está privando de talento digital a su sistema privado, y una muy pobre estructura empresarial orientada a la tecnología, con todos sus valores por debajo del valor medio de cada indicador estudiado en este artículo.

A continuación, profundizaremos en el caso de España en comparación con el resto de países estudiados.

#### 4. LA SITUACIÓN DE ESPAÑA

En términos generales, podemos decir que España ha adoptado sus primeras medidas en materia de inteligencia artificial demasiado tarde. En julio de 2019 se publicó por fin el primer informe de carácter gubernamental, impulsado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, dos años después de que lo hicieran Canadá, China, Japón, o Singapur, los más adelantados en hacer los deberes, y un año más tarde que Dinamarca, Italia, Francia, Turquía, Reino Unido, Australia, Corea del Sur, Suecia, Estados Unidos, Taiwán, México o la propia Unión Europea, entre otras.

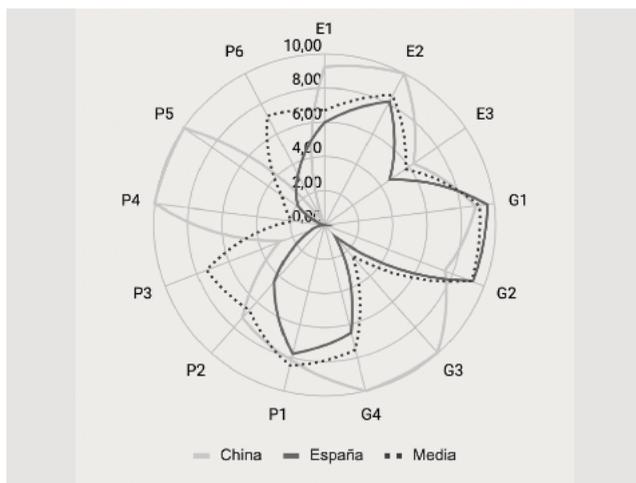
<sup>48</sup> <https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Strategia-Nazionale-Intelligenza-Artificiale-Bozza-Consultazione.pdf>

Dicho informe, llamado «Estrategia española de I+D+i en inteligencia artificial»<sup>49</sup>, recoge una serie de prioridades a desarrollar para facilitar la inmersión económica y social en la nueva era tecnológica, como facilitar la transferencia de conocimiento, planificar acciones de profesionalización en el campo de la IA, o el desarrollo de un ecosistema de datos.

Sin embargo, apenas se definen fondos disponibles, ni un presupuesto asociado al impulso de la IA, más allá de las aportaciones ya realizadas en materia de I+D+i por distintos organismos (CDTI, MINECO, AEI, etcétera) con un montante total de 114 millones de euros que han financiado distintas actividades relacionadas. En total, sumando los fondos del plan europeo Horizonte 2020, podemos determinar que se han destinado a la IA entre 192 y 220 millones de euros en el periodo 2016-2020.

Esto deja a España en una muy difícil situación, sin una apuesta traducida en esfuerzo inversor, sin un pacto a nivel nacional entre partidos políticos, con una elevada dependencia de los planes europeos de financiación, y una posición de partida muy alejada de los líderes en inteligencia artificial, como podemos ver con los datos mostrados por nuestro indicador.

Gráfico nº 1. **COMPARATIVA ENTRE ESPAÑA Y CHINA EN ESPECIALIZACIÓN EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL**



Fuente: Elaboración propia.

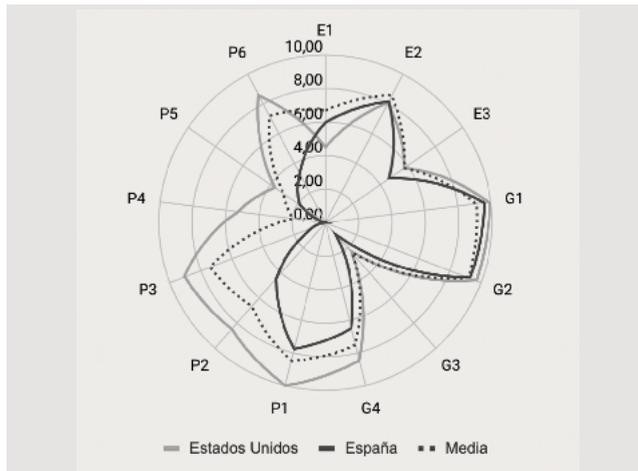
En comparación con China (gráfico nº 1) y con Singapur, España cuenta con un grave déficit en materia educativa y sobre todo empresarial. Como es bien sabido, los asiáticos son los grandes dominadores de los informes PISA, especialmente en el área de matemáticas, algo que después se refleja en la elección de estudiantes

<sup>49</sup> [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)

de materias STEM y la inquietud investigadora en las universidades. Y en materia de impulso empresarial, España no tiene la capacidad de financiación que tiene la gran potencia asiática, ni un ecosistema digital de referencia que permita impulsar *startups* como ocurre en Singapur.

Las diferencias también son notables con Estados Unidos (gráfico nº 2), y salvo en capacitación STEM, que como ya hemos mencionado es un serio problema para la economía norteamericana, y en materia de infraestructuras públicas, el resto de los indicadores caen por completo, especialmente los empresariales. Estados Unidos, como ocurre con China, tiene capacidad para impulsar la escalabilidad de sus *startups*, convirtiéndolas en grandes empresas tecnológicas. Pero además cuenta con el ecosistema de California, incluso más activo que Singapur e Israel. Es evidente que en un país tan inmenso las cifras de Silicon Valley y otros estandartes como Boston o Nueva York se difuminan, pero que nadie tenga dudas de que, en suma, Estados Unidos es la gran potencia empresarial de inteligencia artificial.

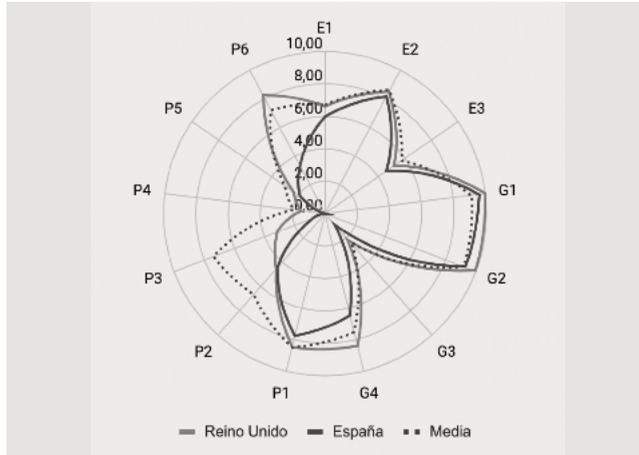
Gráfico nº 2. **COMPARATIVA ENTRE ESPAÑA Y ESTADOS UNIDOS EN ESPECIALIZACIÓN EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL**



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los países europeos, la situación de España se normaliza bastante. Por ejemplo, con respecto a Reino Unido (gráfico nº 3), principal potencia en IA del viejo continente, muestra diferencias de verdadera entidad en las variables relacionadas con el espíritu emprendedor (P6) y las patentes (P3). En el resto de indicadores, aunque España siempre está por debajo que Reino Unido, no se aprecian las diferencias que sí existen con los países líderes en inteligencia artificial (China, Singapur, Israel y Estados Unidos), o incluso con Canadá.

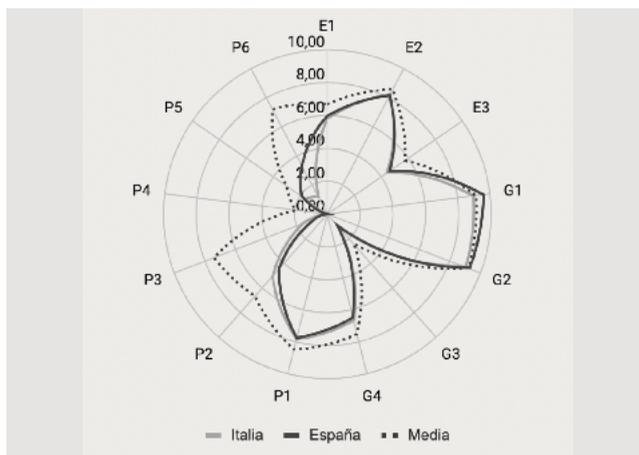
Gráfico nº 3. **COMPARATIVA ENTRE ESPAÑA Y REINO UNIDO EN ESPECIALIZACIÓN EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL**



Fuente: Elaboración propia.

Y, por último, en comparación con Italia (gráfico nº 4), España iguala o incluso mejora la práctica totalidad de variables, incluso las relacionadas con el desempeño empresarial. Es evidente que esta relación de cercanía entre las dos economías del sur tiene mucho de estructural: la Europa mediterránea ha sido tradicionalmente el área de la Unión Europea que menos ha innovado (hasta la incorporación de países de la Europa del Este). En esta tesitura histórica es obvio que, ante una disrupción de estas características, la preparación social, empresarial y política iba a ser menor.

Gráfico nº 4. **COMPARATIVA ENTRE ESPAÑA E ITALIA EN ESPECIALIZACIÓN EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL**



Fuente: Elaboración propia.

En definitiva, España se enfrenta a esta cuarta Revolución Industrial con los deberes de la tercera todavía sin hacer, sobre todo en materia empresarial, con una posición de su sector privado claramente deprimido en materia tecnológica y sin grandes empresas innovadora de gran tamaño, salvo contadas excepciones de compañías con más de 50 años.

Mientras que en países punteros en tecnología han surgido nuevas empresas jóvenes y líderes globales como Google, Amazon, Tencent, Xiaomi o Waze, en España siguen dominando las firmas y sectores tradicionales, anclados al sector turístico o a la construcción y con una capacidad de disrupción muy inferior al de las puramente digitales.

Esto es solo el reflejo de todo un ecosistema sin ambición por liderar la era de la inteligencia artificial, y en el que se deberá trabajar mucho para poder cerrar, aunque sea mínimamente, la brecha que cada vez nos separa más con Norteamérica y Asia.

## 5. EL PAPEL DEL PAÍS VASCO

Teniendo en cuenta la posición de España como país rezagado, resulta interesante analizar la contribución del País Vasco en la carrera española por la adaptación socioeconómica a la inteligencia artificial.

Debido a que una parte importante de las fuentes de datos utilizadas para la construcción del Indicador propuesto en este estudio provienen de fuentes que no arrojan datos regionales, no es factible su aplicación para evaluar la posición relativa del País Vasco con respecto a las potencias internacionales en el campo de la IA.

Pese a ello, existen otros tipos de indicadores que nos permiten analizar la situación de esta región en la carrera por el aprovechamiento de la IA y su contribución a IA española.

En primer lugar, es importante destacar que, hasta el momento, el Gobierno vasco no ha publicado su estrategia de IA, sin embargo, sí que existe un equipo de trabajo dentro del Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente, trabajando en su desarrollo. Las últimas noticias hablan de que la estrategia vasca se centrará en la implementación de esta tecnología para la mejora de procesos en la Industria y la Administración<sup>50</sup>.

Pese a la falta de una estrategia vasca sobre IA, su gobierno ha tomado medidas que permiten allanar el camino para el éxito de su futura estrategia. Un ejemplo es el impulso de la Estrategia Educación STEM Euskadi<sup>51</sup> con la que el Gobierno pretende impulsar la oferta de trabajadores STEM, fundamentales para el impulso y la implementación de la IA en su economía. Además, en esta línea, para el actual curso

<sup>50</sup> <https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-/noticia/2020/el-gobierno-vasco-contrasta-en-la-central-mundial-de-microsoft-en-redmond-la-futura-estrategia-de-inteligencia-artificial-de-euskadi/>

<sup>51</sup> <http://steam.eus/es/estrategia-euskadi/>

académico 2020-2021, las universidades UPV/EHU y Deusto han lanzado dos nuevos grados específicos en inteligencia artificial<sup>52</sup>.

Por otro lado, es importante destacar que, hasta el momento, el sector privado ha sido el gran impulsor de la IA en la región. Según el mapa de capacidades en inteligencia artificial elaborado por el Gobierno de España<sup>53</sup>, en la actualidad el País Vasco es la cuarta región con mayor número, en total 23, de organizaciones público-privadas participantes en el Plan Coordinado de IA<sup>54</sup> desarrollado en el marco europeo. En concreto, la aportación de Euskadi a este plan se encuentra solo por detrás de la Comunidad de Madrid, Cataluña y Andalucía, con 93, 28 y 25 organizaciones participantes respectivamente.

De estas 23 organizaciones, destaca el importante peso de las instituciones privadas sin fines de lucro y las empresas. En concreto, el sector privado de la IA vasca se focaliza principalmente en el desarrollo de tecnologías y servicios basados en IA en sectores como la Industria 4.0, con empresas como Lis Solutions<sup>55</sup>; en el sector de Ciudades y Territorios Inteligentes, en donde destaca la fundación Vicomtech<sup>56</sup>; y en el sector Salud, con organizaciones como Sherpa<sup>57</sup>. De hecho, esta última empresa ha colaborado con el Gobierno vasco en el desarrollo de una herramienta<sup>58</sup> basada en IA capaz de predecir la necesidad de las UCI en cada momento, con el fin de mejorar la lucha contra el Covid-19.

Además, cabe destacar que, según los datos disponibles en el mapa de la Inteligencia Artificial elaborado por el Gobierno español, casi la totalidad de las organizaciones que componen el sector de la IA en el País Vasco optan por el desarrollo de sus propias tecnologías y servicios basados en IA, frente a una minoría que apuesta por la implementación de tecnologías de terceros. Esto supone un factor clave para el desarrollo completo de una inteligencia artificial vasca.

Por todo ello, podríamos afirmar que Euskadi cuenta con un incipiente sector de la IA impulsado por el sector privado y especialmente enfocado en la transformación del sector industrial mediante la implementación de IA vasca. Respecto al sector público, el Gobierno vasco ha empezado recientemente a llevar a cabo iniciativas dirigidas a fomentar el talento STEM y los conocimientos en el campo de la inteligencia ar-

<sup>52</sup> <https://www.ehu.eus/es/grado-inteligencia-artificial>

<sup>53</sup> <https://mapa.estrategiaia.es/mapa>

<sup>54</sup> [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:22ee84bb-fa04-11e8-a96d-01aa75e-d71a1.0022.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:22ee84bb-fa04-11e8-a96d-01aa75e-d71a1.0022.02/DOC_1&format=PDF)

<sup>55</sup> <https://www.lisdatasolutions.com/>

<sup>56</sup> <https://www.vicomtech.org/es>

<sup>57</sup> <https://sherpa.ai/>

<sup>58</sup> <https://www.europapress.es/portaltic/sector/noticia-gobierno-vasco-usara-inteligencia-artificial-predecir-necesidades-uci-20200408090057.html>

tificial. Con ello, se pretende que el País Vasco disponga del capital humano suficiente para abordar su proceso de transformación hacia la economía y la sociedad de la IA.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La realización del índice que aquí se presenta tenía una doble finalidad: en primer lugar, trazar un ranking creíble y acorde a la realidad en materia de inteligencia artificial que se está viviendo en la actualidad. Y, en segundo lugar, tratar de posicionar a España y observar si su estrategia en materia tecnológica estaba acercándola a las potencias líderes, o por el contrario indicaba una preocupante divergencia que pudiera tener consecuencias a largo plazo sobre la riqueza, el empleo y el bienestar de su sociedad. Además, se ha realizado un breve estudio sobre la situación particular del País Vasco y su papel en el impulso de la inteligencia artificial en España.

El resultado, ya advertido en Pedreño-Muñoz y Moreno-Izquierdo (2020), es claro y sintomático: España, y podríamos decir que gran parte de Europa, está perdiendo la batalla por la IA. Solo Reino Unido podría postularse como alternativa a las grandes potencias tecnológicas, pero el Brexit ha provocado un mayor distanciamiento con el resto del continente. Por detrás, Alemania y Francia a gran distancia.

Si España quiere tener algo que decir en las próximas décadas a nivel internacional, debe reaccionar cuanto antes. Hasta el momento, la «Estrategia española de I+D+i en inteligencia artificial» presentada en 2019 por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades constituye un buen primer paso. Pero no hay que olvidar que los países que realmente apuestan por la IA como eje central de su crecimiento futuro, ya en 2016 contaban con planes nacionales estratégicos completos. Mientras que, hasta la fecha, en España no se ha trazado una línea de actuación global clara, ni se ha dotado de fondos, ni se han realizado cambios en la política educativa que permitan adaptar el mercado laboral a las exigencias de una economía de la cuarta Revolución Industrial. Sin duda, esto complica enormemente las posibilidades de que este país consiga reducir la brecha con respecto a las actuales potencias tecnológicas.

Muchos países ya han asumido el impacto que tendrá la IA sobre la economía global, que solo puede medirse en miles de millones de dólares. Pero a pesar de estos datos, la transformación económica ocurre a pasos muy lentos sin que, como en el caso de Reino Unido, se convierta en un problema de estado. Recordemos que España es la economía con el segundo mayor paro registrado de toda la Unión Europea, con especial incidencia en los jóvenes. Está claro que apostar por los sectores tradicionales no ha servido de mucho para resolver esta situación, así que quizá sea el momento de impulsar nuevas medidas.

Pequeños países como Estonia, Irlanda o Israel pueden ser un buen ejemplo de cómo políticas inteligentes de impulso de los sectores de vanguardia pueden ser un revulsivo a la situación económica de todo su territorio. España podría intentarlo con una apuesta decidida y sin excusas por la inteligencia artificial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLT, J.; INKLAAR, R.; DE JONG, H.; VAN ZANDEN, J.L. (2018): «Rebasing 'Maddison': new income comparisons and the shape of long-run economic development», *GGDC Research Memorandum*, 174.
- BRESNAHAN, T.F.; TRAJTENBERG, M. (1995): General purpose technologies 'Engines of growth?', *Journal of econometrics*, 65(1), 83-108.
- COCKBURN, I.M.; HENDERSON, R.M.; STERN, S. (2000): «Untangling the origins of competitive advantage», *Strategic management journal*, 21(10-11), 1123-1145.
- CRAFTS, N.F. (1996): «The first industrial revolution: A guided tour for growth economists». *The American Economic Review*, 5-7, 197-201.
- DÁVILA, A.O. (2008): «Economía de la innovación y del cambio tecnológico: una aproximación teórica desde el pensamiento schumpeteriano», *Revista Ciencias Estratégicas*, 16(20), 237-246.
- JOVANOVIĆ, B.; ROUSSEAU, P.L. (2005): General purpose technologies. In *Handbook of economic growth* (Vol. 1, pp. 1181-1224). Elsevier.
- LUCAS, R.E. (1990): Why doesn't capital flow from rich to poor countries?, *The American Economic Review*, 80(2), 92-96.
- MAKRIDAKIS, S. (1995): «The forthcoming information revolution: Its impact on society and firms», *Futures*, 27(8), 799-821.
- (2017): «The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms», *Futures*, 90, 46-60.
- MCCARTHY, J.; MINSKY, M.L.; ROCHESTER, N.; SHANNON, C.E. (2006): «A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, August 31, 1955», *AI magazine*, 27(4), 12-12.
- MEIRING, G.A.M.; MYBURGH, H.C. (2015): «A review of intelligent driving style analysis systems and related artificial intelligence algorithms», *Sensors*, 15(12), 30653-30682.
- MOKYR, J. (1990): «Punctuated equilibria and technological progress», *The American Economic Review*, 80(2), 350-354.
- (1998): «The second industrial revolution, 1870-1914», *Storia dell'economia Mondiale*, 21945.
- PEDREÑO MUÑOZ, A.; MORENO IZQUIERDO, L. (2019): «El impacto económico de la inteligencia artificial», en Pedreño Muñoz, A., Plaza Penadés, J., Moreno Izquierdo, L., & Iranzo Cabrera, M. (2018): *Big Data e Inteligencia Artificial. Una visión económica y legal de estas tecnologías disruptivas*, p. 6-27, Fundació Parc Científic Universitat de València.
- (2020): «Europa contra Estados Unidos y China: prevenir el declive en la era de la inteligencia artificial».
- PRISECARU, P. (2016): «Challenges of the fourth industrial revolution», *Knowledge Horizons, Economics*, 8(1), 57.
- PURDY, M.; DAUGHERTY, P. (2016): «Why artificial intelligence is the future of growth», *Remarks at AI Now: The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near Term*, 1-72. Accenture y Frontier Economics.
- RAO, A.; VERWEIJ, G. (2017): «Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?», PwC Publication, PwC.
- ROMER, P.M. (1990): «Endogenous technological change», *Journal of political Economy*, 98(5, Part 2), S71-S102.
- SCHUMPETER, J.A. (1934): «The Theory of Economic Development. An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle», Harvard University Press.
- SCHWAB, K. (2017): «The fourth industrial revolution. Currency».
- SOLOW, R. (1956): «A Contribution to the Theory of Economic Growth», *Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65-94.
- SYAM, N.; SHARMA, A. (2018): «Waiting for a sales renaissance in the fourth industrial revolution: Machine learning and artificial intelligence in sales research and practice», *Industrial Marketing Management*, 69, 135-146.
- WEISS, G.M.; LOCKHART, J. (2012): «The impact of personalization on smartphone-based activity recognition», en *Workshops at the Twenty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence*.