

# 4. Europa en la carrera por las nuevas tecnologías

Isabel Álvarez y Raquel Marín

## 1. Introducción

Digitalización, información y conectividad son los pilares básicos sobre los que se asienta la nueva era digital (o tecnológica). El potencial de penetración de las tecnologías digitales es muy elevado, tanto en lo productivo como en lo económico y social, afectando a las formas de producción, distribución y comunicaciones, lo que tiene consecuencias tanto para consumidores y usuarios (individuos, empresas y Gobiernos), como para la provisión de múltiples servicios públicos y sociales, además de los más directamente vinculados a la actividad económica. Estas tecnologías integran campos diversos, muy vinculados a la electrónica, la información y el almacenamiento y procesamiento de datos.

La agenda del World Economic Forum, por ejemplo, incorpora la idea de la “cuarta revolución industrial”, claramente dominada por la irrupción de esas tecnologías en los ámbitos económico y social, y su efecto en la modificación de los patrones de competitividad de empresas y países<sup>1</sup> (Sachwald, 2016). No han sido pocas, de hecho, las voces en el ámbito de la

economía de la innovación que han aludido a una nueva fase del paradigma tecnoeconómico de las tecnologías de la información (TIC), lo que conlleva notables implicaciones tanto en las formas de producción como de consumo, debido fundamentalmente al incremento de las operaciones en red y la actividad de las plataformas internacionales (Alcacer *et al.*, 2016). En este contexto, las demandas individualizadas de los consumidores y los productos diferenciados ganan relevancia, así como el descenso en el ciclo de vida del producto en el lado de la producción, lo que requiere de adaptaciones y cambios en productos y procesos, innovaciones organizacionales y en las formas de negocio para orientar la estructura y el modelo productivo hacia un mayor grado de complejidad (Fogliatto *et al.*, 2012; Bretel *et al.*, 2014).

La cuarta revolución industrial (4RI) está conducida principalmente por el progreso científico y tecnológico y, por lo tanto, resultan claves las invenciones patentadas en los campos sensibles o tecnologías críticas para la nueva ola de la era de la información. Con el propósito de centrar el análisis que se lleva a cabo aquí, por “nuevas tecnologías” se

---

<sup>1</sup> La importancia de contar con una adecuada especialización en las actividades industriales, justifica las iniciativas “Industrie 4.0” respaldada por Alemania o

---

la “Estrategia de Industria Conectada 4.0” puesta en marcha por el Gobierno español.

entiende el compendio de técnicas y tecnologías relevantes que se integran en una amplia variedad de campos, tales como la robótica, las técnicas de inteligencia artificial, las nanotecnologías, los vehículos eléctricos, el *big data*, las tecnologías de red o la Internet de las Cosas (Rubmann *et al.*, 2015).

Este proceso de cambio también tiene consecuencias en términos de capital humano y de estructura industrial. En particular, se trata de un fenómeno notablemente concentrado, no solo geográficamente, con presencia en pocos países, sino que también son pocas las empresas que lideran la generación de patentes de la 4RI, fenómeno en el que el talento pasa a ocupar una posición central (OECD, 2019a). La relevancia del capital humano y las necesidades de formación especializada para incrementar las habilidades digitales de trabajadores y empresas se hace incluso más imperante ante lo que se ha venido a denominar la revolución cuántica, que podría marcar un nuevo hito en el avance tecnológico de las próximas décadas.

Como sabemos, la importancia de la digitalización se ha puesto de manifiesto de una u otra manera ante la crisis provocada por la pandemia de la COVID-19. Entre otros ejemplos, cabe citar su impacto en la práctica docente en todos los niveles educativos a través de los medios telemáticos; la denominada docencia *online* requiere la existencia de habilidades digitales tanto de docentes como de estudiantes de distintas generaciones. Lo mismo ha ocurrido con la realización de las tareas profesionales desde los hogares o el teletrabajo, rutinas motivadas por los periodos de confinamiento, o incluso el recurso a los servicios de telesalud y a la distribución

mediante el comercio electrónico, casos todos ellos que representan una buena muestra de la importancia y necesidad de la conectividad y de contar con empresas e individuos con habilidades digitales.

En este capítulo se analiza la posición de Europa ante las tecnologías emergentes, los retos que estas suponen y sus implicaciones para el diseño de la política pública en España. A esta introducción le sigue, en la segunda sección, una presentación de las tecnologías relevantes y la ilustración de la elevada concentración geográfica que caracteriza su desarrollo. En la tercera sección, se expone cuál es la posición europea en la carrera tecnológica y las asimetrías internas, destacándose algunos ámbitos sensibles para las políticas públicas, tales como el de la cualificación digital. En la última sección, se discuten los retos y oportunidades, proporcionando algunas ideas que permitan extraer implicaciones para la acción de la política pública española.

## 2. Las tecnologías relevantes

Información y conectividad son dos elementos básicos en el análisis de la evolución en la carrera por las nuevas tecnologías. La digitalización es la clave del futuro, el elemento básico que permitirá generar ventajas competitivas. También lo es en muchas áreas de investigación, desde la biología a los materiales, que van a adoptar paulatinamente y de manera creciente un carácter más digital. Piénsese, por ejemplo, que la digitalización hace más factible las redes internacionales en ciencias y permite igualmente una mayor convergencia tecnológica. Constituye también un acicate

para la innovación, con posibles efectos positivos en el incremento de la productividad, dado que supone un facilitador de la combinación y recombinación de ideas (OECD, 2019a). Lo cierto es que, de desplegarse de manera efectiva y en toda su amplitud, y siendo más efectiva en términos de coste, puede contribuir a acelerar las capacidades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) de los países, que se anticipan como esenciales para poder afrontar de forma colectiva retos mundiales tales como el cambio climático o la gestión de pandemias tales como la COVID-19. Al tiempo, hay que tener presente que existen asimetrías internacionales en el acceso a la digitalización y que, por lo tanto, podrían profundizarse las brechas (los *gaps*) entre países, porque se requiere de un conjunto de capacidades y habilidades que están relacionadas, entre otros, con los recursos computacionales, de capital humano, y de acceso, control y tratamiento de los datos.

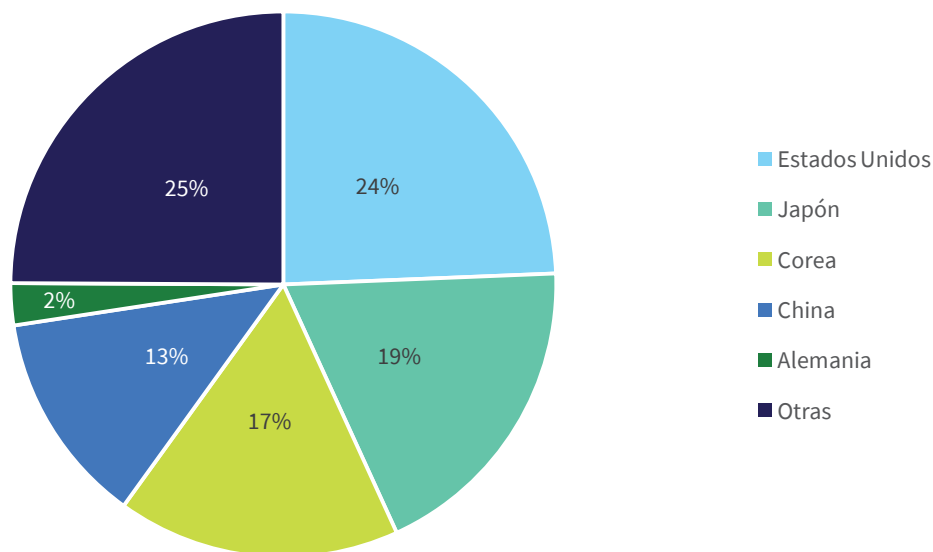
La disponibilidad de indicadores y de información estadística es uno de los asuntos críticos para poder realizar un buen diagnóstico sobre las nuevas tecnologías que permita adelantar algunas implicaciones para la definición y aplicación de políticas públicas. Esto explica los esfuerzos que se están realizando en el seno de muchos organismos internacionales, tales como la OCDE, conducidos a desarrollar una metodología que haga más factible la medición sobre la generación, el acceso y uso de las tecnologías relevantes. Solo así podrán detectarse tanto las fortalezas como las debilidades que presentan los distintos sistemas nacionales de CTI, posibilitando que esas mediciones acompañen la toma de decisiones informadas en este ámbito.

Una primera mirada a lo que se reconoce como “tecnologías emergentes” lleva a observar que su desarrollo está altamente concentrado en manos de pocos jugadores. Siguiendo la evolución de las 25 principales tecnologías<sup>2</sup>—entendiendo por tales aquellas que muestran la tasa de crecimiento más elevada en el número de patentes desde 2010—, son apenas cinco países, con Estados Unidos a la cabeza, seguido de Japón, Corea, y China, los que aglutinan el 73% de las patentes; a estos se suma Alemania, el quinto país en importancia a pesar de que solo representa el 2% del agregado mundial (**Gráfico 1**).

En relación con la 4RI, las invenciones se clasifican en tres grandes sectores que, a su vez, contienen distintos campos tecnológicos: 1) tecnologías clave (*core technologies*), entre las que se encuentran las tecnologías de *hardware*, *software* y conectividad, que permiten conectar objetos a través de internet; 2) tecnologías posibilitadoras (*enabling technologies*), que, estando relacionadas con objetos conectados, posibilitan la ampliación de las capacidades analíticas, de seguridad, de inteligencia artificial, la geolocalización, el abastecimiento de energía, los sistemas 3D y las interfaces de usuarios, y 3) los dominios de aplicación de esas tecnologías, tales como son el doméstico, el personal, el de la empresa, las manufacturas, las infraestructuras y los vehículos.

Respecto a las tecnologías clave, si bien el crecimiento de las patentes vinculadas a las TIC en los últimos años ha sido exponencial (EPO, 2017), solo 5 de las 25 primeras empre-

<sup>2</sup> El detalle de las 25 tecnologías puede encontrarse en la Tabla A1 del Anexo.

**Gráfico 1. Países con mayor número de patentes en las 25 tecnologías más dinámicas**

Fuente: elaboración propia con información correspondiente al periodo 2013-2016 (OECD, 2019a).

sas solicitantes son europeas. La coreana Samsung ocupa el primer lugar de ese grupo, con más de 1600 solicitudes; le sigue LG, con más de 1100, mientras que Sony cuenta con cerca de 900 y, en cuarto lugar, se encuentra Nokia con 640 patentes. Lo que pone de manifiesto este indicador es que el sector privado de nacionalidad europea no está liderando la creación o generación de invenciones en el ámbito de las tecnologías claves a nivel mundial.

Este aspecto queda igualmente reflejado al contemplar los datos agregados, por países, que, ilustrados en el **Gráfico 2**, representan el peso de las patentes en TIC y tecnologías relacionadas. Nos muestran un mapa dominado por China y Corea, junto a las grandes economías emergentes agrupadas bajo la sigla BRIICS (Brasil, Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica). Las economías nórdicas de Suecia

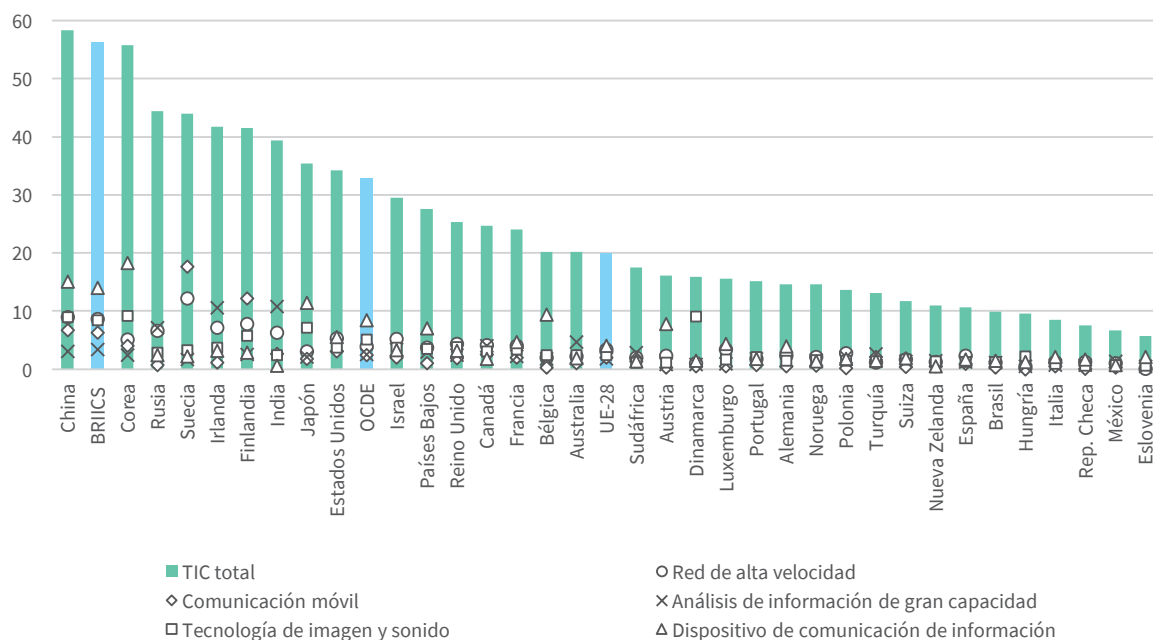
y Finlandia, junto con Irlanda, son las excepciones europeas al presentar patentes en TIC por encima del promedio de la OCDE, mientras que el grueso de países europeos está en posiciones de retraso relativo en este indicador. Entrando en la desagregación por tipo de tecnologías, cabe observar que solo dos países del norte de Europa se sitúan en posiciones de liderazgo. Si bien la posición de Suecia es ventajosa en materia de comunicación móvil y red de alta velocidad, Corea ocupa la primera posición en dispositivos de comunicación de información e India lidera en el ámbito del análisis de información de gran capacidad, mientras que Dinamarca comparte junto con China y Corea una alta capacidad de patentar en las tecnologías de imagen y sonido.

Por su parte, en el ámbito de las tecnologías facilitadoras, y atendiendo a las

tendencias tecnológicas analizadas por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (WIPO), se hace hincapié en el papel central que ocupa la inteligencia artificial (IA) (WIPO, 2019). Aunque estas técnicas emergieron en los años cincuenta, en la actualidad están alcanzando una importancia cada vez mayor, con aplicaciones de amplio espectro que van desde los vehículos automáticos (robotizados) a las aplicaciones en diagnóstico médico. La IA es una de las claves de esta era de avance tecnológico basado en la digitalización. A este

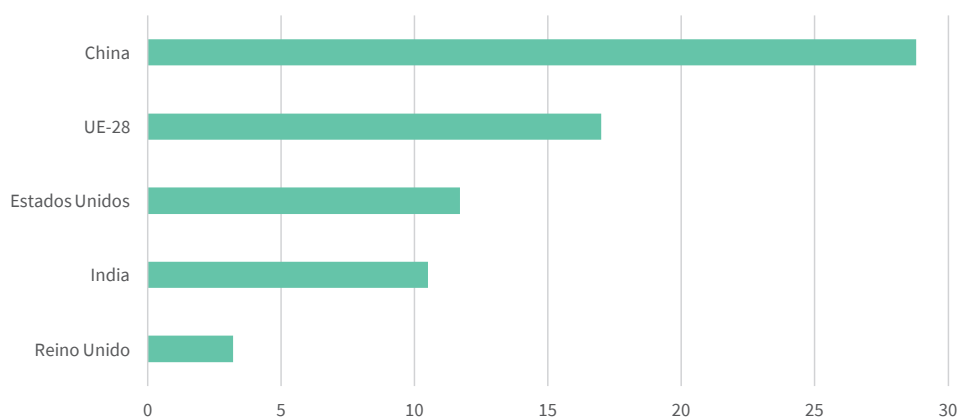
respecto, y según las estadísticas que recopila la WIPO, parece ser mayor el dinamismo en el ámbito tecnológico que en el científico, dado que las publicaciones científicas relacionadas con IA crecen a un ritmo anual inferior al correspondiente a las patentes; mientras las primeras crecen a una tasa de crecimiento del 5,6% en el periodo 2012-2017, las segundas lo hacen al 28% (WIPO, 2019). No obstante, con los datos que maneja la OCDE, cabe advertir el elevado dinamismo de las publicaciones relacionadas con IA, con un crecimiento que en

**Gráfico 2. Patentes TIC y tecnologías relacionadas 2013-2016 (porcentaje del total de familias de patentes del IP5)<sup>3</sup>**



Fuente: elaboración propia a partir de datos del OECD Going Digital Project.

<sup>3</sup> El IP5 aglutina las cinco Oficinas de Propiedad Intelectual e Industrial más importantes a nivel mundial: la Oficina Europea de Patentes, la Oficina Japonesa de Patentes, la Oficina Coreana de Propiedad Intelectual, la Oficina China de Propiedad Intelectual y la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos.

**Gráfico 3. Publicaciones relacionadas con IA (2016-2018; en %)**

Fuente: OECD (2020).

la última década es tres veces más alto que el correspondiente a las publicaciones en general (OECD, 2020).

Un aspecto central que hay que destacar es que la digitalización es un fenómeno altamente concentrado, tanto al observar la producción en ciencia como en tecnología. En particular, China es el primer productor de ciencia relacionada con IA, como puede verse en el **Gráfico 3**, mientras que la Unión Europea (UE-28) ocupa la segunda posición, aunque a una notable distancia de más de 10 puntos porcentuales del gigante asiático. También están representados, con posiciones similares y pesos inferiores al 15%, tanto Estados Unidos como India y, en quinto lugar, Reino Unido, con menos de un 5%. Estas cinco economías representan conjuntamente cerca de las tres cuartas partes de la producción científica, mientras que la contribución individual que realiza el resto de los países a las publicaciones relacionadas con IA es inferior al 3% en todos los casos.

No obstante, cabe distinguir que el liderazgo europeo se mantiene aún al tener en cuenta el impacto de las publicaciones y, en particular, la distribución geográfica de los documentos que reciben el número de citas más elevado. Según los datos integrados en la **Tabla 1**, la UE-28 y los Estados Unidos siguen siendo responsables de la mayor parte de las publicaciones relacionadas con IA que mayor número de citas reciben; es decir, las que figu-

**Tabla 1. Países con el número más elevado de documentos relacionados con IA en el 10% más citado (en %)**

	2006	2016
UE-28	28,7	25,1
Estados Unidos	30,8	21,2
China	9,8	20,4
India	1,9	5,3
Gran Bretaña	5,9	4,4

Fuente: OECD (2020).

ran en el 10% de las publicaciones de IA más citadas del mundo. Sin embargo, en el periodo comprendido entre 2006 y 2016, sus pesos relativos disminuyeron, con tasas de -12,5% en el caso de la UE-28 y de -31% en Estados Unidos. Por su parte, países como China e India (también Irán y Malasia) más que duplicaron su participación en las publicaciones de IA más citadas en la última década (OECD, 2020).

Las patentes clasificadas en el ámbito de la IA incluyen invenciones que pueden ser de uso en diferentes industrias y aplicaciones diversas. De hecho, el marco metodológico desarrollado por la WIPO agrupa a las tecnologías relacionadas con IA según tres dimensiones: *machine learning*, aplicaciones funcionales (tales como las de procesamiento del lenguaje y visión computacional) y campos de aplicación, que incluyen telecomunicaciones y transportes. La clave para aproximarse a qué posición ocupa Europa, así como a cuáles son las líneas de actuación que pueden plantearse desde España, está en comprobar en qué campos se están dando más innovaciones, y qué empresas y qué instituciones están liderando ese cambio (WIPO, 2019); algunas de estas cuestiones se abordan en las dos siguientes secciones de este capítulo.

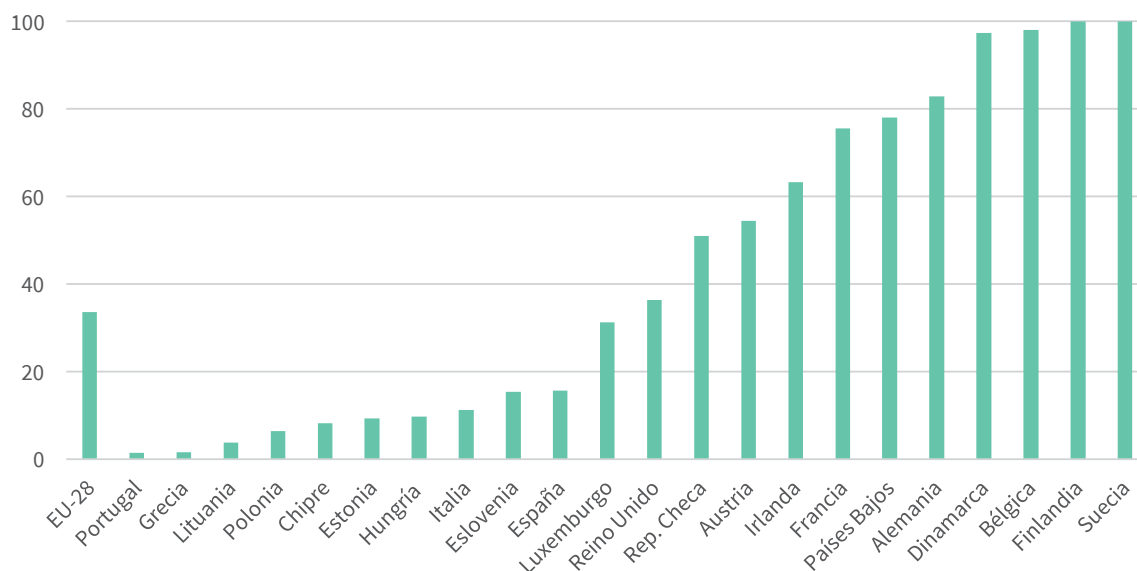
### 3. Algunas claves de la carrera de Europa por las nuevas tecnologías

El cuadro de indicadores de la transformación digital de la UE<sup>4</sup> nos muestra que, atendiendo al indicador del número de patentes en alta

<sup>4</sup> Disponible en: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/data-explorer>

tecnología por cada millón de habitantes, las economías nórdicas de Suecia y Finlandia están a la cabeza, junto a Dinamarca y Bélgica, y seguidas por Alemania, Países Bajos y Francia (**Gráfico 4**). Sin embargo, para un valor promedio de 33,6 patentes por cada millón de habitantes correspondiente a la UE-28, la mayoría de los países miembros está por debajo de ese valor, y el correspondiente a España es similar al de Eslovenia, a mitad de camino de la media europea. Esta elevada heterogeneidad intraeuropea no parece favorecer el desarrollo y la competitividad europea en el panorama de las nuevas tecnologías, sino que, más bien al contrario, dificulta la posible convergencia del viejo continente con aquellas economías que lideran la carrera tecnológica mundial.

La UE se plantea la transformación digital y el reto de que Europa sea competitiva en materia de IA, asumiéndose que esta constituye una de las tecnologías estratégicas del siglo XXI de la que dependerá notablemente cómo será nuestro futuro. Su relevancia justifica que se adopte una posición sólida y común, y de ahí iniciativas tales como la del Mercado Único Digital y la más reciente Estrategia común digital (COM, 2020a), lo que requiere un apoyo explícito a la investigación y a la innovación en la nueva generación de tecnologías; a lo largo de 2020, la UE publicó un *Libro Blanco de la IA* y abrió un periodo de consulta pública con el propósito de avanzar en el marco normativo y en la promoción de un ecosistema de excelencia, seguridad y confianza en la IA. Uno de los objetivos que deberá ser acometido en el corto plazo es generar el impulso necesario para su despliegue y adopción por parte de las empresas, en particular por parte de las PYME (CE, 2018). El hecho preocupante es que, a pe-

**Gráfico 4. Patentes europeas en alta tecnología por cada millón de habitantes (UE-28)**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat.

sar de los esfuerzos realizados en IA hasta la fecha y su incorporación explícita en distintos planes de desarrollo, la inversión privada de la UE sigue siendo muy inferior a la llevada a cabo tanto en Asia como en Estados Unidos; ambas regiones más que triplican la inversión europea (McKinsey, 2017), y ese es un elemento que juega claramente en contra de Europa en la carrera por estas tecnologías.

La posición desfavorable de Europa también se observa en los dominios de aplicación —la digitalización de empresas y de la población—, ya que solo una pequeña parte de las empresas europeas ha adoptado las tecnologías digitales. Como dato ilustrativo de este déficit, tan solo una de cada cinco empresas está altamente digitalizada y, en 2018, solo alrededor de una de cada diez empresas de la

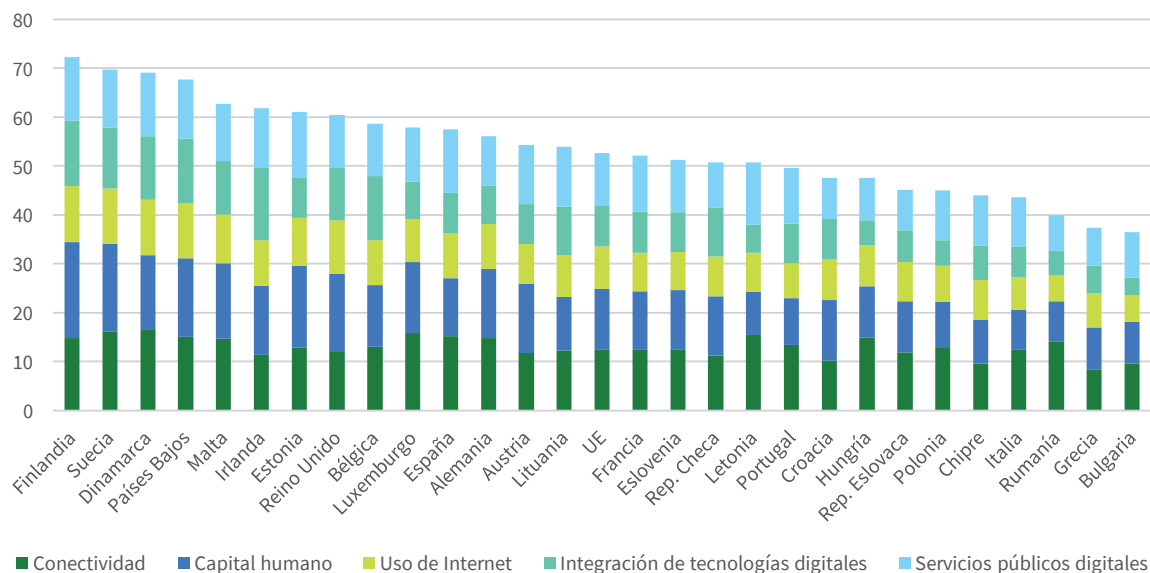
UE utilizaba el análisis de *big data*, mientras que solo una de cada cuatro utilizó servicios de computación en la nube (COM, 2020b).

El índice de economía y sociedad digital (DESI)<sup>5</sup> integra cinco dimensiones para poder medir y clasificar a los países en términos de conectividad, capital humano, uso de internet, integración de tecnologías digitales y servicios públicos digitales (**Gráfico 5**). Al observar los valores que adopta este índice, puede observarse nuevamente la existencia de notables desigualdades territoriales en el seno de la UE, con el valor máximo, superior al 70%, de Finlandia y Suecia muy próxima en segundo lugar, lo que contrasta con los valo-

<sup>5</sup> Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>



**Gráfico 5. Índice de la economía y sociedad digital (DESI), por dimensiones (2020)**



Fuente: elaboración propia a partir de datos del *Digital Scoreboard* de la Comisión Europea

res correspondientes a Bulgaria y Grecia, por debajo del 40%. España está por encima del valor promedio de la UE de manera agregada y está mejor preparada en conectividad, servicios públicos digitales y uso de internet, mientras que su posición es más desfavorable en materia de capital humano.

Esto nos permite afirmar que, junto con las acciones en el ámbito de la CTI, también hay efectos directos en materia de educación, si se asume que uno de los retos más importantes que debemos afrontar en los próximos años es el de la generación de habilidades digitales en todos los niveles educativos, lo que permitirá dotar a la UE de un capital humano preparado para hacer frente al cambio productivo que la nueva era digital requiere. El **Gráfico 6** ilustra las diferencias en las habilidades de los usuarios de internet, por

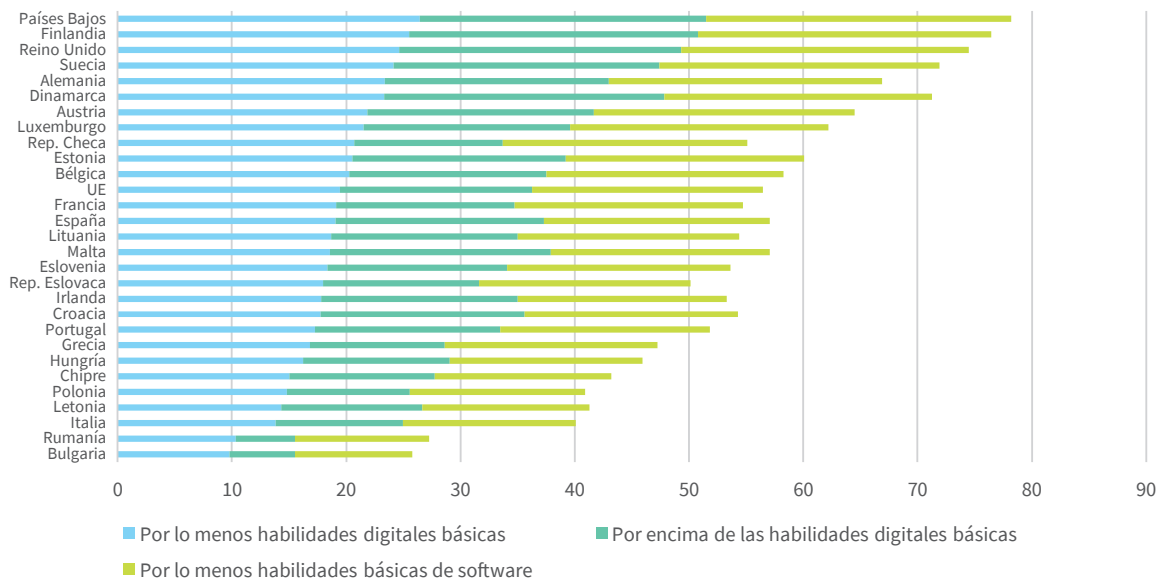
componente, y por países. Se observa que los países del norte de Europa, encabezados esta vez por Países Bajos y acompañados de Reino Unido, superan el 70% al considerar tanto las habilidades digitales como de *software*. Sin embargo, hay que destacar que, de entre los usuarios de internet de la UE considerada en su conjunto, aquellos que están por encima de las habilidades digitales básicas no llegan a representar el 17%, quienes cuentan con por lo menos habilidades digitales básicas en torno al 19,5%, y quienes tienen habilidades de *software* algo más del 20%. En este sentido, la posición española en el conjunto europeo denota también la falta de capacitaciones en materia digital, teniendo en cuenta que los valores correspondientes son algo inferiores al promedio europeo en habilidades digitales básicas y que hay una diferencia de casi un

punto porcentual en el caso de las habilidades de *software*.

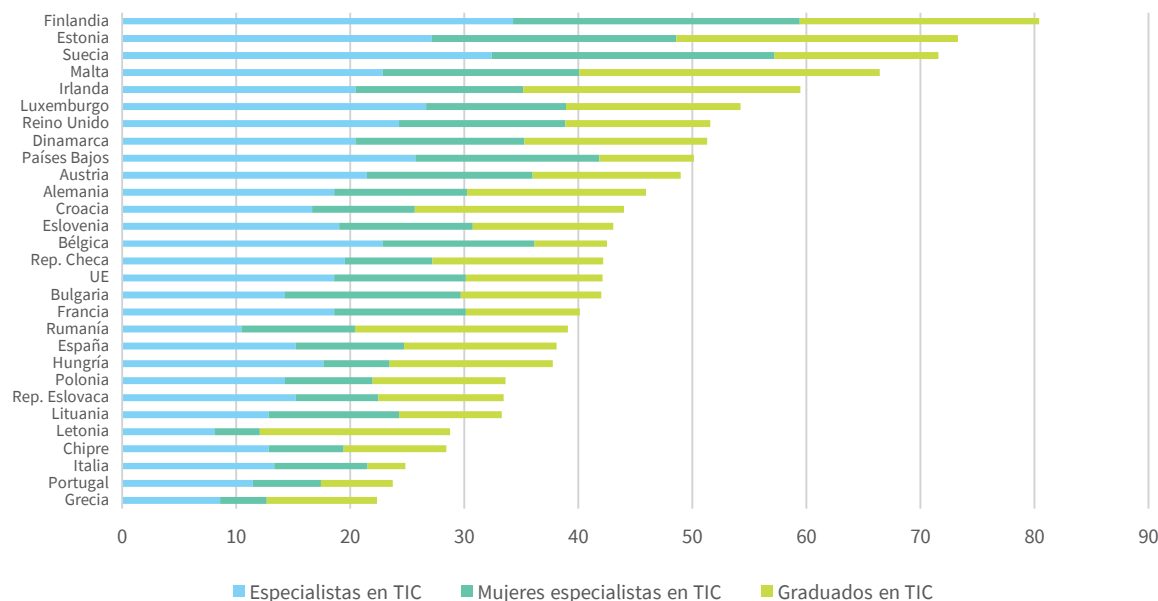
En cuanto a las habilidades avanzadas, medidas estas por los especialistas y graduados en TIC y por la presencia de mujeres en estas tecnologías, cabe destacar que, si bien España presenta un indicador de graduados en TIC por encima del promedio europeo (**Gráfico 7**), es sustancial la diferencia en los otros dos componentes. Finlandia, Estonia y Suecia se sitúan, por ese orden, en las primeras posiciones de la Unión, mientras que España no llega a la mitad del valor más elevado. Los especialistas en TIC de los dos países nórdicos casi duplican el valor promedio europeo y la economía finlandesa y sueca llevan claramente la delantera en materia de presencia de mujeres en TIC, con valores superiores a 24% frente al 11,6% de la UE.

Otro ámbito relacionado, en el que Europa está claramente por detrás de otros países, especialmente de China, es el de las redes 5G, tal como se reconoce explícitamente en el reciente documento de la Comisión Europea sobre la configuración del futuro digital de Europa (COM, 2020a). La tecnología 5G tiene un componente evolutivo, porque convivirá con 4G como red de conectividad y además se dedicará a las comunicaciones masivas de máquinas y aplicaciones críticas, desarrollando soluciones innovadoras de Internet de las Cosas, que permitirán una transformación digital más profunda de las industrias verticales, tales como la salud, la industria 4.0 y la industria automotriz, por nombrar algunos ejemplos (OECD, 2019c). Hay además una gran empresa que está detrás de este éxito:

**Gráfico 6. Habilidades de los usuarios de Internet, por componentes (2020)**



Fuente: elaboración propia a partir de datos del *Digital Scoreboard* de la Comisión Europea

**Gráfico 7. Habilidades avanzadas y de desarrollo, por componentes (2020)**


Fuente: elaboración propia a partir de datos del *Digital Scoreboard* de la Comisión Europea

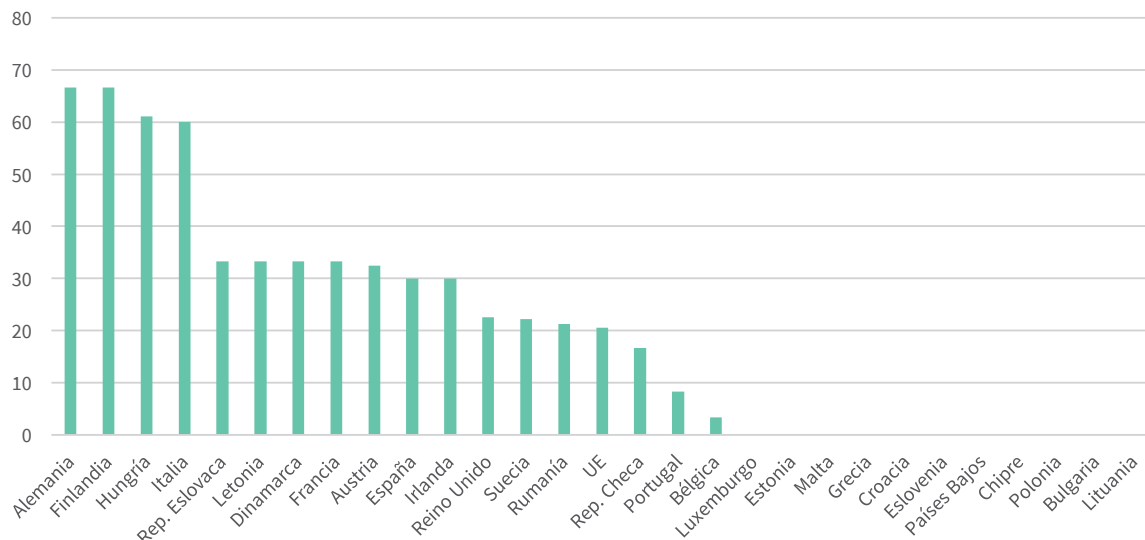
Huawei, creada en 1987, que se ha convertido en la tercera empresa con mayor cuota de mercado de *smartphones* del mundo y en la primera en equipos de telecomunicaciones (ICEX, 2019). Este ascenso no ha ido al margen del apoyo público, sino que precisamente ha estado soportado por cuantiosas inversiones en la red nacional de 5G por parte del Ministerio de Industria e Información Tecnológica de China (las previsiones además ascienden a volúmenes de inversión que superarán los 387.000 millones de euros entre 2020 y 2030).

En este sentido, cabe resaltar que también el porcentaje de espectro armonizado asignado y preparado para el uso de la 5G en 2020 presenta notables disparidades territoriales en el seno europeo (**Gráfico 8**), lo que lleva a vislumbrar dificultades en la hiperconectivi-

dad que la era digital trae consigo. Si bien el valor medio de la UE-28 es del 20%, hay cuatro países mejor preparados, entre los que están Alemania y Finlandia, a la cabeza con cerca de un 70%, y Hungría e Italia, con valores próximos a 60%, y un segundo grupo formado por siete economías, entre las que se encuentra España, con un 30% de espectro armonizado, lo que viene a reflejar el notable esfuerzo que aún queda por realizar en relación con la implantación de esta tecnología.

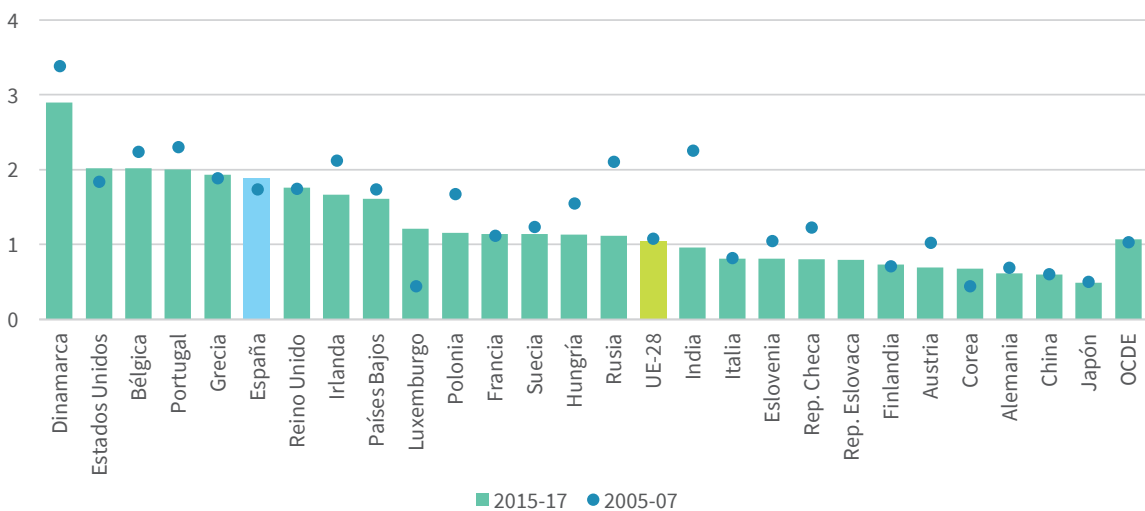
Por último, un campo de extraordinario dinamismo, y en el que la posición europea sí que es ventajosa, es el de la biotecnología, rama con un enorme potencial para contribuir a los objetivos de sostenibilidad ambiental, al igual que al reto de la salud, ambos presentes tanto en la hoja de ruta de la digitalización

**Gráfico 8. Preparación para 5G, porcentaje de espectro armonizado asignado (2020)**



Fuente: elaboración propia a partir de datos del *Digital Scoreboard* de la Comisión Europea.

**Gráfico 9. Indicador de ventajas tecnológicas reveladas en biotecnología**



Fuente: elaboración propia a partir de datos del OECD: STI Micro-data Lab.

europea —la estrategia industrial y digital de Europa— como en el más reciente plan de reconstrucción para Europa (COM, 2020c). Para mostrarlo, se ha optado por incluir aquí la evolución del índice de ventajas tecnológicas reveladas, indicador construido con información de patentes que informa del peso relativo que tiene un sector de actividad de un país respecto al total mundial. Como puede observarse en el **Gráfico 9**, la UE presenta valores similares al promedio de la OCDE, y si bien Dinamarca más que duplica el valor del indicador para la Unión Europea, España presenta unos valores próximos al correspondiente a Estados Unidos, junto con otras economías europeas, como Bélgica, Portugal y Grecia. Por su parte, cabe destacar la ausencia de liderazgo en estas tecnologías de las economías asiáticas, China y Corea incluidas, y el avance de posiciones de India y Rusia entre las grandes economías emergentes.

#### **4. Conclusiones: retos de futuro y posibles implicaciones para la política española de CTI**

1. Uno de los mayores retos que el ámbito de las nuevas tecnologías plantea a la política de CTI es la fusión de los mundos virtuales y físicos. Para ello, se requiere hacer un uso extensivo y eficiente de las técnicas avanzadas, tales como el *big data* en el campo de la inteligencia artificial, y desarrollar la hiperconectividad, que, facilitada por las TIC y las tecnologías de red, permitirá afrontar, entre otros usos, la denominada revolución de la computación cuántica en las próximas décadas. Estos desafíos irán
2. acompañados por la carrera 5G, un asunto que actualmente se vincula a la geoestrategia y que dependerá del impulso relativo que le den los países y grandes bloques económicos, tratando de salvaguardar lo que desde la Comisión Europea se denomina la soberanía tecnológica o soberanía digital (COM, 2020a).
2. La medición de la generación, acceso y uso de las nuevas tecnologías es también un ámbito en el que aún queda camino por recorrer. Es fundamental contar con buenas estadísticas e indicadores, por sectores y por países, y consensos metodológicos internacionales para poder llegar a realizar diagnósticos más certeros y robustos, así como para poder definir medidas orientadas a reforzar la actividad científica, tecnológica y de innovación. Hoy en día, las patentes en los campos tecnológicos revelan que, tanto para el caso español como para el bloque europeo, es insuficiente la cantidad de invenciones en los campos punteros asociados a la cuarta revolución industrial o nueva era digital. La excepción honrosa es la buena posición relativa de las economías europeas en el ámbito de la biotecnología, España incluida, máxime si se tiene en cuenta el efecto multiplicador de las tecnologías de la información, y las múltiples oportunidades que este campo brinda en ámbitos tales como el de la salud y el medio ambiente, extraordinariamente sensibles para el desarrollo sostenible.
3. Las habilidades digitales de individuos y empresas son una buena variable *proxy* de las capacidades necesarias tanto para conseguir ganancias de productividad a través de las técnicas disponibles, como para ha-

cer prosperar los sistemas socioeconómicos mediante la evolución de las nuevas tecnologías. En este sentido, cabe hacer aún más hincapié en la universalización del uso y aplicación de las nuevas tecnologías digitales y en el imprescindible impulso que ha de darse en el plano formativo para cubrir las necesidades de capital humano vinculadas a las denominadas tecnologías del futuro. Podemos afirmar que la carrera por el talento va a resultar un elemento estratégico clave, dada la escasez relativa de personas con las cualificaciones necesarias para afrontar el aún más vertiginoso cambio tecnológico que cabe vislumbrar en las próximas décadas.

4. De acuerdo con el European Industrial Scoreboard (EC, 2019), las cuatro ramas industriales más intensivas en I+D en el mundo son farmacéutica, automóviles y partes, *software* y servicios informáticos, y tecnología de *hardware*. Si bien en las dos primeras ramas industriales hay presencia de compañías europeas (las alemanas Volkswagen, BMW y Bayer, y la francesa Sanofi), en las dos últimas, determinantes en la nueva era digital, la mayoría de las empresas son de Estados Unidos (Microsoft, Apple e Intel) y de China (Huawei, Alibaba y Tencent) y solo se cuenta alguna europea, tales como SAP y Nokia. Aunque es importante conseguir un uso más generalizado de las TIC y las tecnologías emergentes por parte de las empresas europeas, es más preocupante aún pensar que Europa no ocupa puestos de liderazgo en la industria relacionada con las nuevas tecnologías, esto es, aquella que produce móviles, ordenadores, tecnologías de

red, y que tampoco disfruta de capacidades empresariales en las economías de plataforma. La razón es que mientras que los países competidores (y sus empresas) han hecho cuantiosas inversiones en estas tecnologías, ninguna de las denominadas *Big Tech* que controlan la industria de los datos y la conectividad proceden de países europeos; este es un ámbito dominado por el conocido como grupo GAFAM, integrado por las americanas Google, Apple, Facebook, Amazon y Microsoft, y cuyos competidores más próximos son empresas chinas tales como Alibaba, Huawei, Tencent y Baidu.

5. Junto al incremento en el número de consumidores y la elevada facturación, un elemento determinante es la cuantiosa inversión en I+D de estas compañías, acompañadas por el elevado volumen de recursos destinados a la I+D que también financian sus Gobiernos. A este respecto, sirva como comparativa que los recursos del último programa europeo de impulso a la I+D, denominado Horizonte 2020 (alrededor de 80.000 millones de euros) para un marco temporal de 7 años, equivale al correspondiente a la inversión en I+D que realizan 8 compañías *Big Tech* en tan solo un año; en particular, la inversión en I+D de Apple, Facebook, Alphabet (empresa matriz de Google) y Microsoft por el lado americano, y Alibaba, Huawei, Tencent y Baidu, en el lado chino (datos del ejercicio 2018-2019 extraídos de EC, 2019). Dada esta debilidad (e incluso ausencia) de grandes competidores en algunos de los sectores vinculados a la era digital, no cabe sino seguir reclamando más inver-

sión en I+D pública y privada, la eterna asignatura pendiente en España y, al menos en este caso, parece que también de la UE.

6. Es cierto, no obstante, que el plan de recuperación de la UE para afrontar las secuelas económicas y sociales que dejará tras su paso la COVID-19 incorpora una serie de ejes prioritarios entre los que se encuentra el estímulo a la industria, la inversión en I+D (DOUE, 2020). De acuerdo con los compromisos presupuestarios, los fondos en el eje de acción de “Mercado único, innovación y economía digital” ascienden a 143,4 miles de millones de euros (precios de 2018), de los cuales 10,6 proceden del nuevo instrumento para la recuperación *Next Generation Europe*. Se prevé que la movilización de inversiones para apoyar la recuperación y el crecimiento pondrá el énfasis tanto en el objetivo ambiental como en el de la digitalización. En este contexto, el programa Horizonte Europa, de apoyo a la investigación y la innovación en el periodo 2021-2027, representa más de la mitad del capítulo de “Mercado único, innovación y economía digital” y cerca del 5% del marco financiero plurianual (COM, 2020c).
7. La respuesta europea a la pandemia de la COVID-19 parece poner en primer plano, por lo tanto, algunos desafíos de futuro y, en particular, la importancia de la investigación en salud y la capacidad de resiliencia del sector productivo, que, conjugados con los objetivos y retos de sostenibilidad ambiental y digitalización, justifican un nuevo aliento y una apuesta decidida y firme en los países de la Unión para no perder la carrera por las nuevas tecnologías.

## Bibliografía

- Alcácer, J., Cantwell, C. y Piscitello, L. (2016). Internationalization in the information age: A new era for places, firms, and international business networks? *Journal of International Business*, 47(5), 499-512.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. y Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37-44.
- Comisión Europea (2018). *Inteligencia artificial para Europa*. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. SWD(2018) 237 final. Bruselas.
- Comisión Europea (2019). *The 2019 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*: Bruselas: Comisión Europea.
- Comisión Europea COM(2020a). *Configurar el futuro digital de Europa*. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Bruselas, 19/2/2020 COM(2020) 67 final.
- Comisión Europea COM(2020b). *A New Industrial Strategy for Europe*. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Bruselas, 10/3/2020. COM(2020) 102 final.
- Comisión Europea COM(2020c). *El presupuesto de la UE: motor del plan de recuperación*

- para Europa*. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Bruselas, 27/5/2020 COM(2020) 442 final.
- DOUE (2020). Reglamento UE 2020/2094 del Consejo, de 14 de diciembre de 2020, por el que se establece un Instrumento de Recuperación de la Unión Europea tras la crisis de la COVID-19. L 4331/23. 22/12/2020.
- European Patents Office (2017) *Patents and the Fourth Industrial Revolution. The inventions behind digital transformation*. European Patents Office.
- Fogliatto, F. S., Da Silveira, G. J. C. y Borenstein, D. (2012). The mass customization decade: An updated review of the literature. *International Journal of Production and Economics*, 138(1), 14-25.
- ICEX (2019). *Tecnología 5G en China*. Madrid: Ventana Global, ICEX España Exportaciones e Inversiones.
- OECD (2019a). *The Digitalization of Science, Technology and Innovation. Key Developments and Policies*. París: OECD.
- OECD (2019b). *Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future*. París: OECD Publishing.
- OECD (2019c). *The Road to 5G Networks Experience to date and future developments*. París: OECD Publishing.
- OECD (2020). *Identifying and Measuring Developments in Artificial Intelligence: making the impossible possible*. OCDE Science, Technology and Industry Working Papers, 2020/05. París: OECD.
- Rubmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., et al. (2015). *Industry 4.0. The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston Consulting Group.
- Sachwald, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Ginebra: World Economic Forum.
- WIPO (2019). *WIPO Technology Trends 2019. Artificial Intelligence*. Ginebra: World Intellectual Property Organization.



# Anexo

**Tabla A1. Las 25 tecnologías más dinámicas directamente relacionadas con la digitalización según la OECD**

1. Disposiciones de control
2. Dispositivos de materiales orgánicos
3. Transferencia de datos digitales
4. Almacenamiento digital diverso
5. Algoritmos de modelos biológicos
6. Acceso a canales inalámbricos
7. Control de tráfico para aeronaves
8. Transmisiones múltiples
9. Disposiciones de sincronización
10. Control de tráfico para vehículos
11. Dispositivos de cine
12. Televisión interactiva, vídeo a la carta (VOD)
13. Restricciones de red y de acceso
14. Análisis de voz o de la conexión
15. Gestión de la conexión
16. Otros modelos computacionales
17. Manipulación de objetos en 3D
18. Reflexión de ondas electromagnéticas
19. Servicios de comunicación inalámbrica
20. Análisis de imágenes
21. Algoritmos de modelos matemáticos
22. Disposiciones de transmisión
23. Sistemas de transmisión de campo cercano
24. Protocolos de pago
25. Seguridad y autenticación