



Documento de Investigación

08/2020

Desafíos para la Unión Europea en las redes de innovación y producción de comunicaciones móviles, semiconductores e inteligencia artificial

-

Challenges for the European Union in innovation and production networks for mobile communications, semiconductors and artificial intelligence

Organismo solicitante del estudio:

Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE)

Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional
(CESEDEN)



Trabajo maquetado, en noviembre de 2020, por el Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE).

NOTA: Las ideas y opiniones contenidas en este documento son de responsabilidad del autor, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del Ministerio de Defensa, del CESEDEN o del IEEE.

Índice

Entre la geopolítica y la soberanía tecnológica: Desafíos para la unión europea en las redes de innovación y producción de comunicaciones móviles, semiconductores e inteligencia artificial

Between geopolitics and technological sovereignty: Challenges for the European Union in innovation and production networks for mobile communications, semiconductors and artificial intelligence

| | |
|---|----|
| Introducción | 7 |
| Interdependencia global y «guerra fría» tecnológica | 15 |
| Geopolítica y tecnologías emergentes: 5G, CI y IA | 20 |
| <i>Estructura actual del mercado tecnológico en las tecnologías seleccionadas</i> | 20 |
| Características generales de los mercados tecnológicos | 20 |
| Situación del mercado de semiconductores | 22 |
| Situación del mercado de comunicaciones móviles 5G | 27 |

Entre la geopolítica y la soberanía tecnológica: Desafíos para la unión europea en las redes de innovación y producción de comunicaciones móviles, semiconductores e inteligencia artificial

Dr. Gonzalo León
Mg. Aureliano da Ponte
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

Resumen

El presente artículo describe la situación actual y las consecuencias de la batalla que se está librando a nivel mundial por el dominio en el desarrollo, producción y acceso a tecnologías emergentes clave. Está en juego tras ello la capacidad de países y grupos de países para reducir su dependencia tecnológica y asegurar la provisión de componentes, productos, sistemas y servicios avanzados que permitan mantener su competitividad y asegurar un grado suficiente de soberanía tecnológica que incremente su resiliencia.

El artículo se centra en la situación y consecuencias geopolíticas de tres tecnologías esenciales actualmente como son los semiconductores, la inteligencia artificial y los sistemas de comunicaciones móviles 5G, tanto desde una visión independiente de cada una de ellas, como en el análisis de sus interacciones. En todas ellas, las grandes potencias, entre ellas la propia UE en su conjunto, en estrecha interacción con los sectores privados están librando una batalla por el control del mercado mundial, de las cadenas de suministros, y de la oferta de servicios a los ciudadanos, protegiendo sus intereses nacionales.

El análisis se ha realizado desde la perspectiva de la UE empleando un modelo multidimensional dinámico para tener en cuenta los factores clave que explican los posicionamientos de los países. A partir de ese análisis se presentan algunos escenarios de evolución en los próximos años y sus consecuencias.

Palabras clave

Tecnología; soberanía tecnológica; geopolítica; cadenas globales de suministro; acceso al conocimiento tecnológico; Unión Europea; guerra fría tecnológica.

Between geopolitics and technological sovereignty: Challenges for the European Union in innovation and production networks for mobile communications, semiconductors and artificial intelligence

Abstract

This article describes the current situation and the consequences of the global battle for dominance in the development, production, and access to key emerging technologies. The capacity of countries and groups of countries to reduce their technological dependence and ensure the provision of advanced components, products, systems, and services to maintain their competitiveness is at stake and to keep the level of technology sovereignty to increase their resilience.

The article focuses on the situation and geopolitical consequences of three essential technologies today such as semiconductors, artificial intelligence and 5G mobile communications systems, both from an independent view of each of them, and from the analysis of their interactions. In all of them, the major powers, including the EU itself as a whole, in close interaction with private sectors are waging a battle for control of the global market, supply chains, and the provision of services to citizens, protecting their national interests.

The analysis has been carried out from the EU's perspective using a dynamic multidimensional model to consider the key factors that explain countries' positions. From this analysis some scenarios of evolution in the coming years are presented and its consequences.

Key words

Technology; technology sovereignty; geopolitics; global provision chains; access to technology knowledge; European Union; technology cold war.

Introducción

El desarrollo de tecnologías emergentes con relevancia estratégica para el desarrollo socioeconómico y las decisiones adoptadas por gobiernos y grandes instituciones en torno a ellas provoca y provocará cambios sustanciales en escenarios evolutivos a medio y largo plazo. Ello afectará también a la estabilidad de la relación entre las naciones y su influencia global. El impacto tecnológico es aún más relevante cuando son varias *las tecnologías que maduran concurrentemente en plazos breves de tiempo* afectando a la mayoría de la población (es decir, con tasas de penetración elevadas en los sectores económicos y en su uso por los ciudadanos en la mayor parte de los países). Este parece ser el momento en el que vivimos¹.

Una herramienta clave para estimar la evolución del impacto del desarrollo tecnológico es la construcción y análisis de *escenarios plausibles* que debemos tomar en cuenta para conformar el futuro y anticipar algunas de sus consecuencias. Más concretamente, desde un punto de vista estratégico, se trata de analizar el papel que juegan las tecnologías emergentes para lograr la supremacía de un país o grupo de países sobre otro u otros, en abierta competencia con los apetitos geopolíticos. Históricamente, conseguir la superioridad en el conocimiento tecnológico, y aprovecharse de ella, ha implicado enfrentamientos recurrentes en la historia entre países y zonas geográficas que han sido cruciales en la historia de la humanidad.

De nuevo, en el comienzo del siglo XXI, se ha acelerado ese enfrentamiento, por ahora incruento, por un *concepto extendido de supremacía que es conjunta y simultáneamente ideológico, económico, tecnológico, industrial y comercial*, y que, en último término, también afecta en el presente y en el futuro a la estabilidad y seguridad nacional y mundial. Entrever la posible evolución de esos enfrentamientos multidimensionales desde el punto de vista de la tecnología se convierte en un elemento decisivo para poder definir estrategias propias y llevarlas a la práctica a tiempo para que produzcan los efectos deseados.

El discurso pronunciado en 2018 por el presidente de la Comisión Europea sobre el estado de la Unión fue titulado «*La hora de la soberanía europea*». En aquella ocasión, el entonces presidente de la Comisión, Jean-Claude Juncker, expresó: «*La situación geopolítica hace que ésta sea la hora de Europa: ha llegado el momento de la soberanía europea. Es hora de que Europa tome su destino en sus propias manos*» y subrayó que «*Compartir la soberanía – cuando y donde sea necesario – hace más fuerte a cada uno de nuestros estados-nación*»².

1 El concepto de «*ola tecnológica*» en el que la emergencia e interacción de un conjunto de tecnologías modifica fuertemente la base de la sociedad ha ocurrido en el pasado; el hecho distintivo es que, en este caso, la aparición de nuevas tecnologías de gran impacto se ha producido en periodos muy breves de tiempo, en el transcurso de una única generación.

2 European Commission (2018). State of the Union 2018: The Hour of European Sovereignty (12/09), Strasbourg, France. Disponible en: <https://ec.europa.eu/commission/news/state-union-2018->

Menos de dos años después de esa alocución, y con la pandemia COVID-19 como telón de fondo, las presiones derivadas de la agudización de la disputa sino-norteamericana han motivado una serie de afirmaciones de gran impacto por parte del Alto representante de la UE para la Política Exterior y vicepresidente de la Comisión Europea, Josep Borrell. Por un lado, en una entrevista a un medio español planteó: «*Debemos defender a la vez nuestros intereses y nuestros valores desde una autonomía estratégica que encuentra ahora una ocasión de materializarse. Espero que Europa entienda que la autonomía estratégica implica disponer de recursos propios*»³. Por el otro, durante una exposición virtual enmarcada en la decimoctava conferencia de embajadores alemanes, no solo sostuvo que el escenario internacional registra «*el fin de la hegemonía estadounidense y el ascenso de China*» sino que la pandemia podría ser «*el gran acelerador de la historia*»⁴.

Seguramente, nada nuevo ha ocurrido con la crisis sanitaria provocada por la COVID-19 en la pugna por la competitividad mundial entre naciones, pero sí que ésta ha puesto encima de la mesa de una manera explícita tensiones larvadas desde hace más de una década; y ha acelerado el posicionamiento y la toma de decisiones en relación con la soberanía tecnológica por parte de las grandes potencias sabedoras de que el mundo tecnologizado en el que vivimos no será igual tras vencer a la pandemia.

Al margen de la incertidumbre inherente al devenir del escenario futuro, lo que puede identificarse con certeza es que la lógica del enfrentamiento conceptual entre la autonomía estratégica frente a la dependencia tecnológica vuelve, nuevamente, a revalorizarse⁵. No se trata únicamente de la capacidad de acceder a productos y servicios tecnológicos avanzados, sino también de *asegurar el acceso al conocimiento tácito y explícito* existente detrás de ellos que garantice y nutra la capacidad local de desarrollo de productos avanzados competitivos en los mercados internacionales. Sin acceder a ese conocimiento, únicamente sería posible participar en los eslabones con menor valor añadido de las cadenas globales de suministros de productos y servicios avanzados y perpetuar una situación de dependencia en aspectos clave para el dominio de tecnologías emergentes en el futuro.

[hour-european-sovereignty-2018-sep-12_en](#) (fecha de consulta: 12/05/2020).

3 DE MIGUEL, B. (2020). Josep Borrell: «De esta crisis salimos todos los europeos juntos o no sale nadie», El País, 25 mayo. Disponible en: <https://elpais.com/internacional/2020-05-24/josep-borrell-de-esta-crisis-salimos-todos-los-europeos-juntos-o-no-sale-nadie.html> (fecha de consulta: 30/05/2020).

4 Efe (2020). «Borrell: Europa se enfrenta a una crisis «existencial» con la COVID-19», Agencia Efe, 25 MAY. Disponible en: <https://www.efo.com/efe/america/mundo/borrell-europa-se-enfrenta-a-una-crisis-existencial-con-la-covid-19/20000012-4254555#> (fecha de consulta: 30/05/2020).

5 European Political Strategy Centre (2019). Rethinking Strategic Autonomy in the Digital Age, Strategic Notes, Issue 20, European Commission; León, G. (2020). Repercusiones estratégicas del desarrollo tecnológico. Impacto de las tecnologías emergentes en el posicionamiento estratégico de los países. Madrid: UPM-CESEDEN; Lippert, B.; Von Ondarza, N. & Perthes, V. (eds.) (2019). European Strategic Autonomy. Actors, Issues, Conflicts of Interests. SWP Research Paper 4, Berlin: German Institute for International and Security Affairs.

Se partía, a principios de 2020, antes de que la crisis sanitaria alcanzase el status de «*pandemia*»⁶, de la creencia en una (falsa) seguridad sobre la resiliencia de las cadenas globales de provisión de bienes y servicios. Las sociedades avanzadas se sentían confortables con unos *modelos de descentralización de la producción orientados a maximizar la eficiencia y reducir los costes* que se habían desarrollado en los últimos veinte años. Se asumía con ello que los medios de transporte globales y la seguridad colectiva alcanzada en las rutas comerciales, salvo en algunos puntos muy concretos del globo, eran inalterables e inmunes a los riesgos.

Se daba también por hecho que la capacidad de producción y su estrecha vinculación a las redes del comercio internacional eran capaces de resolver toda demanda en cualquier momento y lugar. Importaba relativamente poco dónde se produjeran los bienes demandados con tal de que fuera en aquellos lugares bien comunicados en los que la producción resultara la más barato y rápida posible porque la infraestructura de la *economía globalizada* era capaz de proveer cualquier bien en cualquier lugar en cortos periodos de tiempo. Este fenómeno se ha visto acompañado por una revalorización de los intercambios no sólo de bienes físicos, sino también de bienes lógicos (fundamentalmente de datos) intercambiados mediante redes informáticas.

Cuando se ha desatado la crisis sanitaria provocada por la COVID-19 la sociedad ha visto que esta presunción no se mantenía. Quedaron de manifiesto ante los sucesivos confinamientos masivos de la población en muchos países del mundo las debilidades soportadas por cadenas globales que se veían sólidas, al producirse una ruptura de suministro de componentes que, en cascada, paralizaba la producción en lugares muy alejados de los focos de la COVID-19. Y entonces hubo que pensar en cómo acortar las cadenas de producción, relocalizar algunos de sus eslabones en nuestro entorno más inmediato, reorientar inversiones hacia la producción local, asegurar el acceso a datos relevantes, y considerar de interés estratégico nacional lo que antes era sólo un problema de eficiencia empresarial.

En este contexto, los gobiernos ya no podrían actuar como meros agentes limitados a establecer el marco de actuación regulatorio para el desarrollo tecnológico... y dejar hacer, sino que se convierten en actores activos que asumen responsabilidades, aislada o coordinadamente, para preservar los intereses y seguridad nacionales empleando todos los medios a su alcance, y anticipándose, en lo posible, a la concreción de escenarios indeseables.

Como Borrell indicaba en la entrevista mencionada: *«Ahora nos hemos encontrado de repente en una situación crítica porque no teníamos una cosa tan humilde y fácil de producir como una mascarilla de tela. Imagínese lo que hubiera ocurrido si esta situación crítica se hubiera producido por algo mucho más difícil de construir o de reparar como es*

6 El 30 de enero de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que el brote del virus SARS-CoV-2 constituye una Emergencia de Salud Pública de ámbito Internacional (*Public Health Emergency of International Concern, PHEIC*). El aviso del Centro de Control de Enfermedades de la UE se produjo el 31 de enero.

un sistema de comunicaciones o de seguridad de infraestructuras básicas».

Borrell hablaba desde la perspectiva de la Unión Europea (UE), perspectiva que es especialmente relevante porque considerada como bloque, dispone globalmente de capacidades científicas y tecnológicas punteras para el desarrollo y comercialización de sistemas tecnológicos muy avanzados, manteniendo una posición de liderazgo compartido en sectores como los de transporte (automoción, ferrocarril), aeronáutica, espacio, telecomunicaciones, robótica industrial, productos químicos y farmacéuticos, etc. Al mismo tiempo, carece de algunos de los elementos o componentes básicos para asegurar la producción en esos mismos sectores o no es capaz de asegurar el acceso al conocimiento y a los suministros en algunas tecnologías habilitadoras esenciales para esa producción.

Como ejemplo de ello, el acceso a dispositivos semiconductores avanzados (con resoluciones inferiores a 7nm) como los que se requieren en sistemas de última generación, como microprocesadores, memorias digitales, circuitos integrados de comunicaciones, sensores, etc., que se encuentran en diversos dispositivos de amplia difusión en la sociedad no se fabrican en Europa. Tampoco es líder en los mercados de productos digitales masificados como son los teléfonos móviles u ordenadores portátiles en los que los costes ligados a factores de escala son determinantes o, en el terreno del software, como sucede con los «sistemas operativos» cuyo mercado está dominado por empresas de EE.UU. (Microsoft, Google, Apple).

El concepto de «*dependencia tecnológica*» focalizada en un país o conjunto de países se ha aplicado históricamente al caso en el que la principal fuente de provisión de una tecnología, ya sean componentes básicos de la misma, productos o servicios tecnológicos basados en ella, conocimiento ligado a intangibles relacionados (p.ej. patentes, registros de software y licencias, o saber-hacer), o la disponibilidad de recursos humanos especializados en esa tecnología, procede del exterior. Muchos países presentan esa situación no en una única tecnología sino en un conjunto de ellas relevantes para el funcionamiento de la sociedad.

En consecuencia, si su papel no puede ser el de proveedor de la tecnología, si su acceso al conocimiento científico y tecnológico es limitado, y si la disponibilidad y capacidad de retención de recursos humanos capacitados en esas tecnologías es reducida, se convierte necesariamente en mero *usuario* de las mismas, incapaz de marcar el ritmo ni la dirección del progreso tecnológico.

La otra cara de la moneda es el concepto de «*soberanía tecnológica*»; es decir, disponer de la capacidad suficiente para el diseño y fabricación competitiva (a precios y prestaciones iguales o superiores a los de resto de países proveedores) de productos y servicios basados en tecnologías emergentes por parte de un país o un bloque regional. Incluso en los casos en los que se provea de componentes del exterior, lo hace por conveniencia, pero no por incapacidad de disponer de suministros locales o en su entorno, aunque sea a un precio más elevado. En un contexto de alianzas estratégicas dinámicas, esta situación se debe analizar desde el punto de vista de *soberanía tecnológica global*, aunque existan múltiples interdependencias sobre tecnologías individuales.

Hace mucho tiempo, claramente desde mediados del siglo XX, que la «*autarquía tecnológica*» no es factible ni deseable dada la rápida evolución de la tecnología; mucho menos para las tecnologías emergentes. No se trata, por tanto, de conseguir una autarquía en todas las áreas tecnológicas; los riesgos y recursos humanos y materiales necesarios son muy elevados y no están al alcance de la gran mayoría de los países. Debemos ser conscientes de que los mercados tecnológicos son globales y las interdependencias comunes. A lo máximo a lo que se puede aspirar es a *conseguir un grado suficiente de soberanía tecnológica colectiva entre grupos de países aliados que incremente su resiliencia ante situaciones de crisis*.

La interdependencia tecnológica en un mismo sector se fundamenta en la idea de que el diseño de sistemas tecnológicos muy complejos, todos ellos multitecnológicos⁷, implica el dominio e integración de múltiples tecnologías avanzadas que no están necesariamente al alcance de las entidades existentes en un único país, ni con el nivel de conocimiento e inversiones necesarias en el momento en que se requieran. Dado que, en la actualidad, esta situación ocurre en todos los dominios, la situación actual puede calificarse de «*interdependencia tecnológica global*».

La situación derivada de la interdependencia tecnológica global no es mala en sí misma desde el punto de vista de la seguridad global; conduce a la necesidad de mantener un nivel de interdependencia consentida que obligue a la cooperación entre países y al interés mutuo de la protección de rutas comerciales seguras y del funcionamiento de redes de datos a través de cables de alta capacidad tendidos por todo el mundo; se trata, por tanto, de realzar una perspectiva tecnológica de los análisis conocidos de la interdependencia económica y comercial analizados desde hace años⁸.

La dependencia tecnológica puede tener un foco único o múltiple. El primero de los casos (foco único) es aquél en el que la tecnología necesaria procede de un único país, lo que puede tener consecuencias más graves derivadas de la menor capacidad de decisión o del riesgo de desabastecimiento, o de cambios de alianzas geopolíticas, que el segundo caso (foco múltiple); éste, en principio, permite una diversificación de fuentes de provisión tecnológica con la posibilidad de tomar decisiones de provisión alternativas (incluso, desde la perspectiva geográfica) en caso de que surjan problemas en un determinado suministrador o en su cadena de suministro, o como consecuencia de alteración de alianzas políticas o inestabilidad en las relaciones entre países.

7 Supone la integración de diversas tecnologías con grados variables de madurez y de accesibilidad. Algunas de ellas son tecnologías clave en las que se basa la competitividad internacional del producto o servicio de que se trate, y otras son tecnologías habilitadoras para las primeras.

8 EE.UU. y China, dos potencias en pugna La interdependencia económica y comercial como posible amortiguador. La Vanguardia, Nº: 70. Fecha: OCTUBRE / DICIEMBRE 2018. <https://www.lavanguardia.com/vanguardia-dossier/20190709/463398820262/interdependencia-economica-amortiguador.html>

La *interdependencia tecnológica global* mencionada conlleva dos tipos de consecuencias estratégicas:

- La necesidad de llegar a acuerdos o alianzas a nivel internacional para *colaborar en el desarrollo de tecnologías emergentes* que permitan disponer de derechos suficientes para asegurar el acceso a los conocimientos necesarios para el desarrollo de productos y servicios propios y contribuir a su desarrollo. Los casos de la energía de fusión (ITER)⁹ o de navegación por satélite (Galileo)¹⁰ son ejemplos de contribuciones monetarias y en especie (recursos humanos e instalaciones) aportados en el marco de acuerdos internacionales por países que, en otros ámbitos, compiten ferozmente.
- La existencia de *acuerdos para el acceso recíproco a tecnologías de interés mediante políticas abiertas de intercambios comerciales*. Este es justamente el tipo de contexto que llevó a la creación de un mercado único europeo con el desmantelamiento progresivo de aranceles y cupos de importación/exportación de productos entre los estados miembros. Ahora este modelo se extiende al de componentes tecnológicos y el conocimiento asociado en un esfuerzo de creación progresiva de la denominada «*Área de investigación e innovación europea (ERA)*» propuesta en 2010 y revisada en 2020 por la Comisión Europea¹¹.

En el documento de la Comisión Europea sobre la ERA presentado en septiembre de 2020 se lee en el apartado de la dimensión geopolítica que ésta deberá tener: «*en línea con el modelo de autonomía estratégica abierta, proteger y promover los intereses vitales de la UE y su soberanía en áreas tecnológicas e infraestructuras críticas basadas en valores comunes, y apoyar la existencia de un campo de juego global*». En nuestra opinión, el documento refleja una visión del papel estratégico que la tecnología juega y va a jugar en las relaciones globales de la Unión con terceros países.

La tabla 1 señala los *factores de dependencia tecnológica* más relevantes que afectan a una tecnología concreta sobre tres escenarios futuros (positivo, neutro y negativo) aplicados a la relevancia futura de una tecnología determinada.

9 ITER significa «*International Thermonuclear Experimental Reactor*». Se trata de una gran infraestructura científica de generación de energía de fusión por confinamiento magnético que se está construyendo en Caradache, Francia. Participa en él la UE, Rusia, EE.UU., Japón, Corea y China, así como contribuciones científicas de investigadores de otros países.

10 En este caso se trata de una constelación de satélites para proporcionar un servicio de navegación por satélite puesto en marcha por la UE. La colaboración entre países europeos no exime de una competencia con los sistemas de navegación propios mantenidos por otras potencias como Rusia, China y EE.UU.

11 A new ERA for Research and Innovation. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2020) 628 final. Bruselas, 30 septiembre 2020.

| Factores de dependencia tecnológica | Escenarios futuros | | |
|--|---|---|---|
| | <i>Positivo</i> | <i>Neutro</i> | <i>Negativo</i> |
| Recursos de investigación e innovación asignados en el ámbito nacional | Priorización en la asignación de recursos de I+D disponibles en el dominio tecnológico considerado por las agencias de financiación nacionales. | Mantenimiento del peso relativo actual del esfuerzo en I+D (aunque sí pueda existir un incremento en términos absolutos). | Reducción del peso relativo del esfuerzo en I+D sobre el dominio tecnológico considerado en comparación con otros ámbitos tecnológicos. |
| Recursos de investigación e innovación internacionales accesibles por las entidades del país considerado | Priorización en la asignación de recursos de I+D disponibles en el dominio tecnológico considerado en programas internacionales, | Obtención de recursos internacionales similares a la media del país (p.ej. en los programas marco de investigación e innovación de la UE) | Dificultad en acceder a recursos externos por falta de competencias o equipamientos comparados con los de otros países. |
| Recursos humanos con conocimientos especializados en la tecnología en cuestión. | Incremento del número de especialistas en la tecnología considerada que sean absorbidos por el propio país. | Inexistencia de programas específicos para disponer de más especialistas (son las entidades públicas y privadas las que deciden en función de sus propios intereses). | Dificultad en atraer y retener talento científico y tecnológico al no existir programas específicos ni condiciones de mejora de la carrera profesional. |
| Focalización del sector industrial | Emergencia de nuevas empresas tecnológicas y fortalecimiento de las existentes, incluso incrementando su posición internacional | Mantenimiento del peso relativo de la industria asociada a la tecnología. | Adquisición de empresas locales por empresas de otros países con disminución del nivel de decisión nacional. |
| Focalización del sector académico | Creación de laboratorios e infraestructuras, y el apoyo a la participación internacional competitiva con masa crítica suficiente. | Mantenimiento de las estructuras científicas y tecnológicas existentes. | Reducción o cambio de prioridades en las estructuras académicas existentes buscando áreas con mayores posibilidades de financiación. |
| Generación de conocimiento sobre la tecnología | Incremento porcentual de publicaciones científicas y patentes publicadas | Mantenimiento porcentual de publicaciones científicas y patentes publicadas | Reducción porcentual de publicaciones científicas y patentes publicadas |
| Balanza depagos tecnológicos | Incremento de ventas de tecnología a otros países con mejora de la balanza de pagos. | Mantenimiento de la situación actual son variaciones significativas. | Incremento de compras de tecnología con deterioro de la balanza de pagos tecnológica. |

Tabla 1. Factores de dependencia tecnológica y posibles escenarios futuros (fuente: elaboración propia)

El escenario denominado «*positivo*» refleja que la sociedad concede a ese factor una importancia clave para el posicionamiento de la tecnología en la que se aplique. El escenario denominado «*neutro*» refleja que, desde el punto de vista de ese factor concreto, esa tecnología en cuestión no se considera prioritaria frente a otras y, por consiguiente, no implica la asignación de mayores recursos humanos o materiales de los que le correspondería objetivamente por su peso relativo. Finalmente, el escenario denominado «*negativo*» señala la pérdida de relevancia de la tecnología considerada

que, para el país y desde la óptica del factor indicado, no merece la asignación de recursos prioritarios; posiblemente derivado de su obsolescencia futura y signo de su sustitución en breve plazo.

Ningún país o grupo de países puede priorizarlo todo. No se trata solo de que los recursos humanos y materiales sean limitados, sino porque la búsqueda de un mayor impacto positivo implica la concentración de los recursos humanos y materiales disponibles en unas pocas tecnologías en las que pueda mantenerse en el tiempo una posición de liderazgo. Elegir bien estas prioridades tecnológicas se convierte así en un objetivo fundamental de la política científica y tecnológica de un país o, en el caso de la UE, de un conjunto de países como sucede en el caso de la priorización realizada periódicamente en los programas marco de investigación e innovación¹².

En el contexto descrito hasta el momento, el objetivo del presente artículo es analizar, en primer lugar, el marco geopolítico ligado a la interdependencia tecnológica global y lo que denominaremos «*guerra fría*» tecnológica, término que se está utilizando con frecuencia para referirse a la competición tecnológica con implicaciones geopolíticas¹³. Se presentan algunos ejemplos del tipo de batallas incruentas que se están produciendo y su relevancia desde el punto de vista de los intereses estratégicos y de seguridad nacionales. Tras ello se repasará la situación de soberanía tecnológica de la UE en tres ámbitos tecnológicos sobre los que gira gran parte de la guerra fría tecnológica actual: *semiconductores*, *inteligencia artificial*, y *sistemas de comunicaciones móviles 5G*. Aunque pudieran haberse seleccionado otros muchos para completar el panorama, los tres mencionados se encuentran en el punto álgido de la controversia mundial sobre la supremacía tecnológica que está obligando a las grandes potencias a posicionarse y actuar.

Debe tenerse en cuenta que no se trata de tres tecnologías aisladas, sino que, por el contrario, interaccionan estrechamente entre sí. Las dos primeras (semiconductores e inteligencia artificial) pueden considerarse *tecnologías habilitadoras* de amplio espectro; se encuentran de una manera creciente en el diseño de multitud de productos, desde los de muy alta tecnología como vehículos autónomos, hasta juguetes o electrodomésticos, acelerado, a su vez, por la emergencia de circuitos integrados para la ejecución rápida de algoritmos de aprendizaje de máquinas en inteligencia artificial (p.ej. circuitos integrados neuromórficos).

12 Actualmente, se encuentra en sus últimas fases de negociación el proceso de aprobación del siguiente programa marco, denominado «*Horizonte Europa*» para el periodo 2021-2027 al que la UE desea asignar un presupuesto de alrededor de 85.000 millones de euros (cifra aún pendiente de la discusión de las perspectivas financieras entre el Consejo y el Parlamento europeos).

13 Debby Wu, Henry Hoening and Hannah Dormido (2020). Who's Winning the Tech Cold War? A China vs. U.S. Scoreboard. 19 de junio de 2019. <https://www.bloomberg.com/graphics/2019-us-china-who-is-winning-the-tech-war/> Fecha de consulta 9/10/2020. George Leopold (2020). The New Tech Cold War. DESIGNLINES AI & BIG DATA DESIGNLINE. 07.28.2020. <https://www.etimes.com/the-new-tech-cold-war/#> Fecha de consulta 9/10/2020.

La tercera tecnología seleccionada (comunicaciones móviles 5G) no solo tiene una relevancia creciente en el mercado, sino que también hace un uso masivo de las dos anteriores y se encuentra en el ojo del huracán de la tormenta geopolítica desatada desde el año 2019 entre las grandes potencias; detrás de ello, se encuentra un incipiente mercado de billones de euros en la próxima década con implicaciones de seguridad y dominio de mercados que pondrá a prueba la estabilidad en las relaciones tecnológicas entre grandes potencias, y obligará a otros países menores a decantarse por una de ellas.

El análisis de las cadenas de generación de conocimientos, de producción y de distribución de componentes y sistemas en tecnologías avanzadas, los actores principales y la distribución del mercado desde la óptica de la UE permite evaluar la situación actual de dependencia, su previsible evolución, y las razones que explican la posición de la UE en una batalla geopolítica de consecuencias crecientes para la competitividad colectiva de la Unión que solo es posible abordar desde una visión global y no desde las lógicas de los intereses nacionales de los veintisiete estados miembros.

Finalmente, el artículo extrae un conjunto de conclusiones sobre las que la UE debería replantear en el próximo periodo una estrategia tecnológica conjunta que profundice el *rol de la Unión* en un mundo que seguirá estando globalizado como tendencia predominante. Con todo, las bases de esta nueva fase de globalización estarán muy condicionadas por la capacidad de establecer estrategias público-privadas en base a la adopción de acuerdos políticos a largo plazo entre países y entidades supranacionales que preserven el mercado tecnológico mundial y sus rutas de abastecimiento.

Interdependencia global y «guerra fría» tecnológica

La dependencia e interdependencia tecnológica de los países ha sido abordada desde el punto de vista académico desde muchas perspectivas distintas; mucho menos énfasis se ha puesto en la dependencia tecnológica de entidades como empresas que, en el caso de grandes grupos empresariales con altísima valoración bursátil, también influyen en el posicionamiento de los países por sus consecuencias en la balanza de pagos y en el mercado laboral, y de ello, su capacidad de presión sobre los poderes públicos. La antigua máxima de que «*lo que es bueno para General Motors, es bueno para EE.UU.*»¹⁴ se aplica muy frecuentemente con las grandes empresas actuales.

Para la mayor parte de los gobiernos de países avanzados el análisis de la soberanía tecnológica y el establecimiento de objetivos de mejora cara al futuro constituye un elemento clave de la política nacional con implicaciones sobre el empleo, la atracción de inversiones, la capacitación del capital humano, el acceso a mercados internacionales, y el grado en el que la seguridad colectiva esté garantizada.

¹⁴ Charlie Wilson, presidente de General Motors (GM) en 1955. <https://blog.rtve.es/desdewashington/2009/05/lo-que-es-bueno-para-gm.html> (fecha de consulta 9/10/2020).

Fjäder, en 2016, discutió las implicaciones de la interdependencia global a partir del concepto de «seguridad económica»¹⁵. En su trabajo, el autor señala que los flujos y redes mundiales son los que proveen los recursos y los bienes; por ello, el acceso constante y estable a esos recursos es una condición imprescindible para sostener una economía nacional competitiva y una seguridad nacional eficaz. El autor sugiere que la solución consiste en fortalecer los nodos locales críticos bien conectados para que puedan adaptarse a las dinámicas cambiantes. Dicho de otra manera, continuidad y foco en la seguridad de los flujos en lugar de su restricción.

Sin embargo, parece estar ocurriendo lo contrario en el escenario internacional actual. El proceso de globalización con la descentralización de la producción comenzó a ser contestado por muchos de los países que anteriormente lo habían impulsado¹⁶. La reubicación de empresas o subsidiarias en territorio propio o en la cercanía regional, iniciada por Estados Unidos e identificada por la literatura como «backshoring» o «reshoring»¹⁷, implica un flujo de retorno de la producción a los países occidentales¹⁸ junto a la necesidad de regeneración de competencias¹⁹. Registrar este fenómeno no supone amplificarlo sin bases empíricas.

El *Índice de Conectividad Global* de DHL en 2019 advierte un retroceso en la proporción de la producción mundial comercializada internacionalmente en 2018 pero también que los datos no indican un cambio robusto de la globalización a la regionalización. No podemos olvidar que, a pesar de que el mundo está interconectado como nunca lo ha estado en la historia, la mayor parte de los negocios de los grandes países todavía tienen lugar dentro y no a través de las fronteras nacionales²⁰.

Sea como fuere, más apropiado es observar la existencia de dinámicas que revelan una serie de comportamientos que evidentemente tienen y tendrán repercusiones sobre estos asuntos. El vínculo entre las dos primeras economías –Estados Unidos–

15 FJÄDER, C. O. (2016). National Security in a Hyper-connected World. *Global Interdependence and National Security*.

16 BERGER, S. (ed.) (2013), *Making in America, From Innovation to Market*, MIT Press, Cambridge,

17 ELLRAM L. M.; TATE, W.L.; Petersen, K. J. (2013). Offshoring and reshoring: an update on the manufacturing location decision. *J Supply Chain Manag* 49:14–22.

18 Conceptualmente, puede darse en todo tipo de países, lo que ocurre es que el fenómeno de descentralización en otros países industrializados como Japón y Corea del Sur nunca ha llegado a las cuotas alcanzadas por países occidentales como EE.UU. o muchos de la UE.

19 FRATOCCHI L.; ANCARANI, A.; BARBIERI, P. DI MAURO, C.; NASSIMBENI, G; SARTOR, M.; VIGNOLI, M. & ZANONI, A. (2016) Motivations of manufacturing reshoring: an interpretative framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 46:98–127.

20 DHL (2019). DHL Global Connectedness Index. Disponible en: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/go-en-gci-2019-update-six-take-aways.pdf> (fecha de consulta 09/05/2020).

China- atravesó distintas etapas (del compromiso a la competencia y de ahí a la rivalidad por la supremacía en la próxima generación de dominio militar, económico y de información/datos)²¹.

La rivalidad comercial sino-norteamericana implica y se sustenta en la existencia de un déficit de 375 billones de dólares americanos para los segundos. La percepción de estos desequilibrios en Estados Unidos sobre el comportamiento y prácticas desleales de China explicaría la disputa actual. Específicamente, la acusación hacia China de Estados Unidos apunta al acceso no controlado de la propiedad intelectual (PI) y al empleo de las subvenciones gubernamentales para distorsionar los precios en el mercado global. De ahí que una de sus exigencias sea equilibrar el déficit, pero, además, obtener unos 300 billones de dólares anuales en compensación mediante aranceles²². Para dimensionar el impacto económico del incremento de tensiones, se puede tener presente que hasta 2016 las adquisiciones e inversiones en nuevas instalaciones en los Estados Unidos por parte de China ascendían a 46.000 millones y para 2018 tan solo acumularon 4.800 millones de dólares, es decir, un 90% menos en dos años y el menor volumen desde 2011²³.

Según señala el último documento de la UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo)²⁴, la mayoría de las limitaciones y regulaciones de inversión recientemente introducidas reflejan las preocupaciones de los países receptores en materia de seguridad nacional, en especial la inversión extranjera en industrias estratégicas e infraestructura crítica. El Reino Unido y los Estados Unidos ampliaron las condiciones o el ámbito de aplicación de sus mecanismos de evaluación de las inversiones extranjeras relacionadas. China estableció procedimientos de revisión para la adquisición de empresas nacionales por parte de inversores extranjeros y para la transferencia al exterior de propiedad intelectual en el contexto de las tecnologías de exportación. Francia y Alemania ampliaron el alcance de sus sistemas de estudio de las inversiones extranjeras a varias actividades tecnológicas estratégicas nuevas.

El informe citado de UNCTAD revela un elemento fundamental a considerar: no se trata de cualquier actividad, sino que hay que diferenciar el tipo de sector del cual se trata para comprender parte de las decisiones que se adoptan: *«Las principales industrias en las que se retiraron las ofertas de fusiones y adquisiciones por motivos de regulación o políticos fueron las empresas de alta tecnología (por ejemplo, los proveedores de soluciones de datos, los fabricantes de instrumentos de precisión y los fabricantes de chips), los servicios financieros, las empresas de infraestructura y las telecomunicaciones»*.

21 MORI, S. (2019). US Technological Competition with China: The Military, Industrial and Digital Network Dimensions, *Asia-Pacific Review*, 26:1, 77-120.

22 Cambio de política arancelaria que también afecta a la UE en sus relaciones con EE.UU.

23 HANEMANN, T.; GAO, C. & LYSENKO, A. (2019). Net Negative: Chinese Investment in the US in 2018, Rhodium Group. Disponible en: <https://rhg.com/research/chinese-investment-in-the-us-2018-recap/> (fecha de consulta 14/05/2020).

24 UNCTAD (2019). *World Investment Report*, Geneva: United Nations, pp. 85-86.

La posición europea es compleja en función de las particularidades de las relaciones externas con Estados Unidos, con China y en un plano más acotado, con Rusia. El primero, Estados Unidos, entiende la racionalidad política-tecnología como una dimensión única con derivaciones en la lógica cooperación-competencia. El segundo, China, separa las esferas, lo cual imprime flexibilidad a sus acciones, pero también ejerce presiones que terminan configurando asimetrías en su beneficio.

El desequilibrio más notable con Estados Unidos se encuentra en la producción para la defensa –uno de sus puntos críticos son los armamentos y las tecnologías asociadas con un incremento de la relevancia en tecnologías duales-, mientras que desde la perspectiva de China son la evolución de los lazos económico-comerciales y sus implicaciones²⁵. El caso de Rusia presenta un conjunto de peculiaridades e intereses entrelazados producto de los antecedentes históricos, las fronteras compartidas, el rol de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) y la dependencia energética en su favor. Con todo, es pertinente señalar que, en función del foco de este artículo, corresponde mencionarlo como actor, pero no se profundizará en el vínculo en relación con las tres tecnologías seleccionadas.

En lo concerniente a la producción de armamentos, el balance perjudicial para la UE se basa en cinco aspectos: capacidad, coste, industria, tecnología y política. Cada uno presenta un balance que oscila entre moderado y negativo. En otras esferas la situación es más equilibrada en términos globales de comercio de bienes y servicios e inversiones. De hecho, el saldo favorable para Europa ha provocado tensiones con la Administración Trump²⁶.

Con respecto a China, su estrategia de inserción internacional se cimienta en las reglas que la globalización y el libre comercio imponen. Por eso es un caso con mayor número de aristas y, por consiguiente, menos lineal que los otros dos²⁷.

Kokko²⁸ ya identificó en 2015 tres elementos perturbadores en las relaciones con China que el tiempo transcurrido ha exacerbado: a) inversores europeos se enfrentan a un contexto en el que las empresas públicas se ven favorecidas por diversas normas

25 BELIN, Jean; HARTLEY, K.; LEFEEZ, S.; LINNENKAMP, H.; LUNDMARK, M.; MASSON, H.; MAULNY, J. & UNGARO, A. (2017). Defence industrial links between the EU and the US, #20 – Report, Armament Industry European Research Group (Ares Group), French Institute for International and Strategic Affairs (IRIS). Disponible en: <https://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2017/09/Ares-20-Report-EU-DTIB-Sept-2017.pdf> (fecha de consulta 09/10/2020).

26 El País (2019). La UE negociará un pacto comercial con EE. UU. para rebajar la tensión con Trump, edición digital 11/04/2019. https://elpais.com/internacional/2019/04/11/actualidad/1554967130_726968.html (fecha de consulta 11/05/2020).

27 En 2016 China se convirtió en el principal inversor en Europa, habiendo superado a Estados Unidos. El comercio asciende a €1.000m al día. Además, desde allí importa el 62% de los materiales críticos (tierras raras, magnesio, antimonio, bismuto, grafito natural, entre otros).

28 KOKKO, A. (2015). Imbalances between the European Union and China, Discussion Papers, Asia Research Centre Copenhagen Business School.

y reglamentos; b) falta de reciprocidad en el tratamiento de los inversores extranjeros en los mercados europeos y chinos, respectivamente; c) incapacidad de la UE para actuar como contrapartida en igualdad de condiciones en negociaciones con el gobierno chino debido a los diferentes intereses de los Estados Miembro. Abordar este desafío múltiple es particularmente complejo al enfrentarse las empresas europeas con tecnologías esenciales desde el punto de vista estratégico que registran flujos de inversión y absorción de firmas por inversores del país asiático que son unidireccionales, consecuencia de aperturas asimétricas de los mercados²⁹.

En la década pasada, la adquisición de compañías innovadoras - con el saber-hacer y la propiedad intelectual preexistente-, ha sido una práctica extendida tanto en el contexto europeo –suele apuntar a tecnologías de la información de nueva generación, aunque no exclusivamente- como estadounidense. Las alemanas KraussMaffei Group (maquinaria) y KUKA Roboter GmbH (robótica) así como la sueca Silex Microsystems (microchips), son apenas tres ejemplos entre muchos que demuestran un patrón en el cual la compra de activos en sectores de alta tecnología por inversores o empresas estatales chinas ha sido creciente³⁰.

La percepción de las instituciones comunitarias fue refinándose hasta la caracterización actual que diferencia la estrategia a seguir según el ámbito concreto de política sectorial abordado. El Parlamento y el Consejo de la UE reconocen el alineamiento de los objetivos de cooperación entre las partes, pero subrayan la necesidad de encontrar un equilibrio de intereses. Asimismo, ya califican al país asiático como *competidor económico y rival sistémico debido a su sistema político*.

A la situación anterior se suma la pandemia COVID-19, cuestión en pleno desarrollo que generará efectos, aunque atravesados por la incertidumbre, pero que transitará por toda la geografía mundial como aceleradora de tensiones. La reorganización de la cadena de provisión mundial, la dependencia de acceso a productos sanitarios y suministros médicos, entre ellos fármacos y vacunas, coloca en el centro de la polémica «*un serio debate sobre la relocalización y la diversificación de los riesgos*»³¹.

La segunda parte del artículo centrará la atención en tres tecnologías ligadas a la digitalización acelerada de la sociedad que tienen una gran relevancia desde el punto de vista geopolítico y sobre las que se entrecruzan las fuerzas presentadas en esta sección, Se trata de la tecnología de comunicaciones móviles 5G, la tecnología de

29 Comisión Europea (2017). Documento de reflexión sobre el encauzamiento de la globalización, COM (2017) 240 final, Bruselas. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2017:0240:FIN:ES:PDF> Fecha de consulta 27/03/2020.

30 FENG, E. (2019). How China acquired mastery of vital microchip technology, Financial Times, 29/01/19. Disponible en: <https://www.ft.com/content/7cfb2f82-1ecc-11e9-b126-46fc3ad87c65> (fecha de consulta 14/05/2020).

31 HANEMANN, T.; ROSEN, D.; GAO, C. & LYSENKO, A. (2020). Two-Way Street – US-China Investment Trends – 2020 Update, Rhodium Group. Disponible en: <https://rhg.com/research/two-way-street-us-china-investment-trends-2020-update/> (fecha de consulta 14/05/2020).

diseño y fabricación de circuitos integrados, y la inteligencia artificial. Sus relaciones son también una fuente de conflicto adicional que debe analizarse, como se verá posteriormente, por sus repercusiones sobre la soberanía tecnológica de los países.

Geopolítica y tecnologías emergentes: 5G, CI y IA

Estructura actual del mercado tecnológico en las tecnologías seleccionadas

Características generales de los mercados tecnológicos

Parecería que las tres tecnologías seleccionadas (comunicaciones móviles 5G, diseño y fabricación de circuitos integrados, e inteligencia artificial) son muy diferentes y sus condicionantes de mercado, de seguridad, y geopolíticos son totalmente independientes. No es así. Si prestamos atención a un teléfono inteligente de última generación, veremos que estas tres tecnologías están integradas en el mismo. Su posicionamiento y éxito en el mercado va a depender de la disponibilidad de procesadores, módulos de comunicaciones y algoritmos embebidos en el sistema operativo o en circuitos integrados especiales con mejores prestaciones frente a los de sus competidores, y con acceso a un mercado de aplicaciones más potente y diversificado.

La capacidad de integrar componentes tecnológicos en un producto avanzado no solo depende de los conocimientos que posea la empresa integradora de sistemas, sino de la capacidad de llegar a acuerdos establecidos con otras, situadas en cualquier lugar del mundo, que le provean de componentes y conocimientos necesarios, y que permitan comercializarlos en todos los países. En este punto, gran parte del problema actual radica en asegurar el mantenimiento de relaciones estables y equilibradas en redes de provisión a nivel mundial.

Los costes en inversiones y tiempo necesarios para abordar el desarrollo, fabricación y comercialización de un producto o servicio tecnológicamente avanzado no pueden recuperarse en un mercado local por grande que este sea. Países del tamaño y población de Estados Unidos saben perfectamente que tienen que abastecerse y penetrar en los mercados mundiales para poder competir: los mercados tecnológicos son globales. Este hecho se aplica a la situación de las tres tecnologías seleccionadas. De hecho, como se señala en un informe de Eurasia Group: *«las redes 5G se han convertido en el campo de batalla de la primera confrontación tecnológica en esta nueva era definida por la política de poder»*³².

32 Eurasia Group White Paper: The Geopolitics of 5G. 15 Washington D.C. November 2018. [https://www.eurasiagroup.net/siteFiles/Media/files/1811-14%205G%20special%20report%20public\(1\).](https://www.eurasiagroup.net/siteFiles/Media/files/1811-14%205G%20special%20report%20public(1).)

Los principales fabricantes de plataformas digitales y los gigantes de la tecnología juegan un papel importante con respecto a la infraestructura digital, principalmente en la definición de las especificaciones y su regulación. Como ha sucedido en el caso de 5G, la tecnología y sus protocolos de comunicación asociados se han definido en grupos de trabajo en los que han participado industrias que ahora compiten (p.ej. Huawei y Ericsson). Si no se hiciese así, no podría asegurarse la interoperabilidad de productos; el mercado resultante, fragmentado, haría que todos perdiesen. La participación en estos comités de normalización no es solo un asunto de estrategia empresarial, sino también de estrategia nacional. El caso de participación creciente de China en los comités de normalización de los protocolos de comunicaciones 5G es un ejemplo claro de posicionamiento político a largo plazo en este sentido³³.

Además, los gobiernos y otros agentes del sector público suelen desempeñar tres funciones principales: formulación de políticas, reglamentación y, en muchos casos, la propiedad de los componentes y servicios de la infraestructura digital que ha sido sufragada con impuestos. Un tercer grupo conformado por organismos no gubernamentales, generalmente asociaciones industriales, también ejercen un papel de influencia sobre los poderes públicos impulsando soluciones acordadas conjuntamente por industrias con gran peso en el mercado. Estos condicionantes generales se aplican a los tres sectores escogidos.

La tecnología de semiconductores constituye la base para el diseño y fabricación de los circuitos integrados que se han incorporado a una amplia gama de productos que abarca desde un teléfono móvil, un ordenador, equipos de comunicaciones, hasta un vehículo espacial para incorporarse a productos tan domésticos como el frigorífico. Dicho de otra manera, su penetración en la sociedad es muy elevada y se convierte en una tecnología «*habilitadora*» para muchos tipos de productos y aplicaciones, aunque no siempre sea visible para el usuario final.

La red global de innovación y producción de semiconductores encuentra en las tecnologías emergentes la posibilidad de una expansión considerable. Desde el aumento de la digitalización, la incorporación de circuitos integrados para ofrecer servicios en las «*nubes*» para múltiples sectores industriales, hasta la «*internet de las cosas*» (IoT), la inteligencia artificial (IA), la automoción -incluida la electrificación de los vehículos y el desarrollo de automóviles autónomos- todas ellas han creado nuevas oportunidades para que las empresas capturen valor mediante la incorporación de circuitos integrados de creciente complejidad.

La quinta generación de comunicaciones móviles (5G) representa una evolución muy relevante de la arquitectura de las telecomunicaciones a partir de la actual cuarta generación (4G) permitiendo el desarrollo de aplicaciones que hasta ahora no

[pdf](#) (fecha de consulta 11/10/2020).

33 China in International Standards Setting USCBC Recommendations for Constructive Participation. The US-China Business Council. February 2020. https://www.uschina.org/sites/default/files/china_in_international_standards_setting.pdf

eran posibles por anchos de banda menores o por retardos en las comunicaciones incompatibles con la aplicación deseada.

Específicamente, en el ámbito de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático involucra el diseño de algoritmos con capacidad de reconocer patrones (por ejemplo, una imagen) en grandes conjuntos de datos, y obtener conclusiones a partir de la experiencia pasada utilizando esos datos mediante el uso de «*algoritmos de aprendizaje profundo*». Pero para que sea útil en muchas aplicaciones hay que hacerlo en tiempos muy breves, lo que significa su ejecución en sistemas hardware especializados.

La inteligencia artificial ha «*revalidado*» las perspectivas de la industria de semiconductores; además, sus múltiples aplicaciones le confieren una relevancia notable convirtiéndose en pocos años en una tecnología habilitadora horizontal para multitud de productos y aplicaciones. Desde la agricultura (p.ej. la predicción del tiempo de maduración de los cultivos o de los invernaderos automatizados), la educación (p.ej. los tutores personales de la IA, aprendizaje adaptativo), las finanzas (p.ej. comercio algorítmico, minería de datos, robo-asesores) y la salud (p.ej. diagnósticos, extracción de datos de registros médicos, robots acompañantes para el cuidado de ancianos), hasta la ciberseguridad (p.ej. detección de ciberataques), los robots y la movilidad inteligente (p.ej. coches autónomos, sistemas de tráfico optimizados).

Seguidamente se describe la situación del mercado en cada una de las tecnologías seleccionadas y las consecuencias geopolíticas derivadas.

Situación del mercado de semiconductores

La red global de innovación y producción de semiconductores y circuitos integrados se compone de una constelación de actores cuya participación puede dilucidarse sobre la base de dos factores. Por un lado, los segmentos básicos que conforman la red: producción de obleas, producción de semiconductores, electrónica intermedia y electrónica final. Por el otro, la existencia de diferentes niveles de especialización y delimitación funcional en la cadena de valor asociados al modelo de negocio elegido por las empresas.

El conocimiento detallado de las lógicas productivas, los ciclos tecnológicos, la búsqueda de eficiencia y la racionalidad de las empresas que integran esta industria es fundamental para ponderar la situación europea. Si bien por razones de extensión no es posible profundizar al respecto, se presentan algunas aproximaciones.

Desde fines de los años sesenta y hasta no hace tanto tiempo, se produjo un tipo particular de fragmentación de actividades que respondió a la búsqueda de emplazamientos de fabricación de bajo costo, especialmente en las etapas de montaje y pruebas finales que se caracterizan por ser intensivas en mano de obra. Ello dio lugar a que muchas empresas europeas y estadounidenses establecieran instalaciones en el sur de Asia y en Europa oriental ya en la década de 1970 a fin de reducir los costes salariales

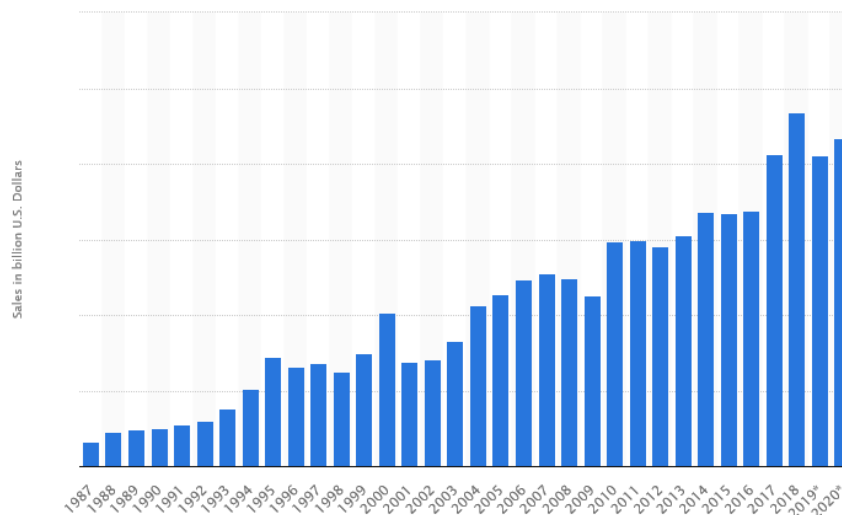
para el mantenimiento de ingenieros, técnicos y científicos capacitados para innovar tanto en los productos como en los procesos. Además, se evitaban las inversiones para modernizar los bienes de capital, asumiendo que bastaba con sistemas de producción no sofisticados. A principios de los años ochenta, la separación entre la fabricación y el diseño constituyó un punto de inflexión³⁴.

Una consecuencia de esta evolución se refiere a los cambios que atravesaron las economías receptoras, especialmente las asiáticas, que comenzaron a ofrecer una amplia variedad de capacidades cada vez más avanzadas a la vez que también se transformaron en mercados de consumo. La lógica dispersión-concentración sectorial ha estado condicionada por la dificultad de conseguir el factor de escala necesario para recuperar las inversiones. Justamente esto ha forzado a una tendencia hacia la concentración corporativa. En otras palabras, se observa una distribución en países concretos en la cual se realizan actividades, se constituyen nodos, se ubican las infraestructuras físicas y se consolidan flujos que comprenden investigación, desarrollo, producción e innovación.

El tamaño del mercado en los últimos años superó los 400.000 millones de dólares. La siguiente figura describe la evolución del mercado de semiconductores de 1987 a 2020³⁵. El crecimiento ha sido muy elevado y casi continuo (con ligero estancamiento previsto en 2019 y 2020).

34 Decision Etudes & Conseil (2020). Study on the Electronics Ecosystem. Overview, developments and Europe's position in the world, DG Communications Networks, Content & Technology, European Commission.

35 <https://www.statista.com/statistics/266973/global-semiconductor-sales-since-1988/>



Se prevé que solo la parte del mercado de semiconductores relacionados con la inteligencia artificial crezca de unos 5.500 millones de euros en 2018 a unos 27.000 millones de euros en 2022³⁶.

Casi el 80 por ciento de las «fundiciones» de semiconductores (empresas que fabrican los circuitos integrados por contrato) y de las operaciones de ensamblaje/prueba se concentran en Asia con sede en Taiwán, China y Corea. En 2018 solo 10 empresas representaron cerca del 87% de las ventas mundiales. Las empresas competentes para diseñar y fabricar circuitos integrados avanzados con tamaños de nodos de 14 nm o menos suman un número reducido; para ello se requieren equipos y habilidades muy especializadas, así como una gran inversión para el diseño, la I+D y el escalado, entre otras actividades³⁷.

No solo la menor cantidad de compañías en la red sino también las especificaciones más estrictas a medida que se avanza en la complejidad de los circuitos integrados parecen explicar esta lógica. En 2020 quedarían de 1 a 2 proveedores de equipo de fabricación disponibles para cada segmento/tecnología. Respecto a la fabricación de circuitos integrados avanzados, casi 30 empresas los produjeron en 2001, pero actualmente solo pocas empresas de Taiwán, Corea y los Estados Unidos son capaces de fabricar en la frontera tecnológica.

36 Advanced Technologies for Industry (2020). Sectoral Watch: Technological trends in the electronics industry (May 2020), Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (EASME), Directorate General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs European Commission.

37 Conseguir resoluciones menores tiene consecuencias muy relevantes sobre la velocidad alcanzada en el circuito integrado, el consumo de energía, y la capacidad de empaquetamiento. Con las técnicas actuales de fabricación de litografía de rayos X es posible llegar a una resolución por debajo de los 5 nm, acercándose a los límites físicos teóricos (consolidando, de hecho, el paso de la microelectrónica a la nanoelectrónica).

En este marco, la subcontratación de las operaciones de fabricación permite a las empresas cuya principal competencia es el diseño de dispositivos evitar los riesgos asociados a la construcción de instalaciones extremadamente costosas frente a una demanda incierta. Por este motivo han surgido variaciones de las «cadenas de suministro sin fábrica»: algunas empresas no fabrican nada, otras subcontratan la fabricación de obleas, pero realizan su propio montaje y pruebas, y algunas sólo sus propias pruebas. Solo unas pocas entrar a la categoría de «fabricante de dispositivos integrados», o IDM, que es capaz de diseñar, fabricar y vender semiconductores.

El primer segmento de la cadena de valor es el diseño de un circuito integrado. En la mayoría de los casos, implica la adquisición de diseños de propiedad intelectual (IP) elaborados por un tercero. Es decir, hay empresas orientadas al diseño que no fabrican, pero que desarrollan y conceden licencias de «bloques» de circuitos prediseñados a modo de componentes que las empresas de semiconductores integran luego en sus propios diseños más amplios como un subconjunto de sus propios chips ³⁸.

La británica ARM es probablemente la más relevante, motivo por el cual su reciente adquisición por parte de NVIDIA en 40.000 millones de dólares estadounidenses ha destacado por sus eventuales implicaciones. ARM crea diseños de chips (basados en conjuntos de instrucciones) que luego licencia para que otros fabricantes puedan crear sus propios microprocesadores basados en esos chips, pero también desarrolla las instrucciones que definen cómo el software controla esos procesadores³⁹. Para dimensionar su relevancia vale mencionar que sus clientes han empleado 180.000 millones de chips basados en su tecnología, que es utilizada por el 70% de la población mundial, para producir dispositivos como teléfonos inteligentes u ordenadores personales, así como tecnologías más sofisticadas como infraestructuras de red y supercomputadores⁴⁰.

La fusión, en caso de que sea aprobada por las instancias gubernamentales correspondientes, tendrá múltiples derivaciones. Desde el punto de vista tecnológico, supondría la combinación del liderazgo en inteligencia artificial que ostenta la compradora con el enorme ecosistema mundial que posee ARM. Desde el plano jurídico, la empresa quedaría comprendida por la regulación del CFIUS (Committee on Foreign Investment in the United States). En materia de estrategia comercial, no se sabe qué puede suceder con las empresas británicas que incorporen la tecnología de

38 Electronics Value Chains Report (2018). Boosting Electronics Value Chains in Europe, Shaping Europe's digital future. Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/boosting-electronics-value-chains-europe> (fecha de consulta 2/07/2020).

39 Pastor, J. NVIDIA, ARM y la incertidumbre de un acuerdo con muchísimas ramificaciones, xataka, 14/07/2020. Disponible en: <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/nvidia-arm-incertidumbre-acuerdo-muchisimas-ramificaciones> (fecha de consulta 23/09/2020).

40 Cardenal, A. Nvidia Buys ARM: Outstanding Move, seeking a, 16/09/2020. Disponible en: <https://seekingalpha.com/article/4374697-nvidia-buys-arm-outstanding-move> (fecha de consulta 23/09/2020).

ARM en sus productos si quieren venderlos y exportarlos a todo el mundo, incluyendo a China. Desde la óptica de la defensa de los intereses de las empresas por parte del gobierno del Reino Unido, el centro de decisión de última instancia se trasladaría de Downing Street a la Casa Blanca.

Por otra parte, la demanda de semiconductores parece estar alejándose de los circuitos integrados de uso general para orientarse a los denominados «*sistemas en un chip*» (SoC) que se adaptan a usos específicos. Tanto grandes empresas tecnológicas como empresas start-ups especializadas dedican esfuerzos en el diseño de circuitos integrados cada vez más complejos; contexto en el que Estados Unidos lidera el diseño de chips semiconductores avanzados. Esto incluye las tecnologías de plataforma necesarias para la inteligencia artificial, con cuotas de mercado dominantes en microprocesadores, chips gráficos y procesadores lógicos programables⁴¹.

Actualmente, y con la vista puesta en la próxima década, las tecnologías emergentes requerirán chips más rápidos y con más funciones. En algunos segmentos importantes del mercado, incluida la inteligencia artificial y, concretamente, el aprendizaje automático, los chips de menos de 14 nm son críticos porque combinan un fuerte rendimiento con un menor consumo de energía. Por supuesto, no todos los circuitos integrados precisan nodos avanzados. Previsiblemente, hasta 2025 los circuitos de propósito general seguirán ocupando un lugar relevante; más allá serán desplazadas por unidades de procesamiento especializadas para conseguir la mayor eficiencia posible⁴².

El proceso productivo requiere disponer de sistemas automatizados de fotolitografía de muy alta resolución y precisión. El mercado está dominado por la empresa europea ASML, cuya cuota de mercado es del 60%, mientras que los proveedores japoneses Canon y Nikon representan la mayor parte del resto. Sin embargo, la primera ostenta en exclusiva el desarrollo de la tecnología de Litografía ultravioleta extrema (EUV) permitiendo transistores más pequeños y microchips avanzados. Justamente allí ASML aumenta su cuota al 80% y es proveedor único de Samsung (Corea del Sur) y TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company).

El sector de la microelectrónica en Europa es responsable directamente de 200.000 e indirectamente de 1.000.000 de puestos de trabajo de alta calificación y la demanda de nuevos conocimientos es incesante⁴³. Frente al actual crecimiento de

41 Semiconductor Industry Association (2020) State of the U.S. Semiconductor Industry 2020. Disponible en: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/06/2020-SIA-State-of-the-Industry-Report.pdf> (fecha de consulta 19/06/2020); OECD (2019). Measuring distortions in international markets: The semiconductor value chain, OECD Trade Policy Papers, No. 234, OECD Publishing, Paris.

42 Algoritmos de IA, computación neuromórfica, supercomputación, redes inalámbricas avanzadas - IoT, computación cuántica, sistemas de autenticación e identificación, criptografía, blockchain, nuevos sistemas de comunicación móvil.

43 Advanced Technologies for Industry (2020). Sectoral Watch: Technological trends in the electronics industry (May 2020), Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises

la demanda pero sobre todo de las previsiones estimadas, en noviembre de 2019 se realizó la primera reunión del Consorcio de capacitación, industria y aptitudes en microelectrónica (METIS en inglés), el cual es presentado como «un nuevo enfoque estratégico de la cooperación sectorial en materia de conocimientos especializados para la microelectrónica mediante la participación de los principales agentes de la industria, la educación y la capacitación y los órganos de reglamentación y certificación» (Metis web).

Situación del mercado de comunicaciones móviles 5G

La relevancia de la tecnología 5G se puede ver en la estimación de que generará un aumento del PIB mundial desde 1,2 a 2 trillones de dólares para 2030 a partir del despliegue completo de las redes 5G con una inversión que oscilará entre 400 billones a 500 billones de dólares americanos⁴⁴. Veamos qué es lo que hay detrás de ello.

La red global de innovación y producción de 5G está integrada por una constelación de actores que incluye operadores de redes móviles, los proveedores de los operadores, los fabricantes de dispositivos conectados, los servicios y contenidos, y los usuarios finales⁴⁵. La tecnología y los modelos de negocio están más entrelazados que nunca en este sector⁴⁶. La competencia en los mercados de las comunicaciones móviles fue en aumento al compás de las posibilidades que las prestaciones de las sucesivas generaciones de comunicaciones móviles han generado para abordar nuevas aplicaciones.

Más que un simple paso incremental, 5G traerá alta velocidad, baja latencia y conectividad confiable, permitiendo una gran cantidad de nuevas aplicaciones, creando un enorme impacto en múltiples sectores industriales, desde la automotriz hasta la médica y la internet de las cosas⁴⁷.

Con 5G no se trata del diseño de sistemas aptos para ofrecer una conectividad de propósito general con capacidades limitadas, sino de una tecnología cuya flexibilidad posibilite, cuando alcance su despliegue pleno, funcionar en bandas de frecuencias más

(EASME), Directorate General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs European Commission.

44 Mc Kinsey (2020). Connected world. An evolution in connectivity beyond the 5G revolution, Discussion Paper, McKinsey Global Institute.

45 OECD (2019). The road to 5G networks. Experience to date and future developments, OECD Digital Economy papers No. 284, OECD Publishing, Paris.

46 FRÍAS, Z. & PÉREZ MARTÍNEZ, J. (2017). 5G networks: Will technology and policy collide? Telecommunications Policy.

47 PETERSSON, C. (2019). Why you shouldn't believe everything you read about 5G patents. Disponible en: <https://www.ericsson.com/en/blog/2019/10/5G-patent-leadership> (Fecha de consulta 03/06/2020.)

altas, integrada con dispositivos terrestres o espaciales, en zonas densamente pobladas o en zonas rurales y operar en sus diferentes configuraciones - celular, red virtual- con el mismo nivel de prestaciones. Además, la baja latencia es lo que permite que la inteligencia artificial, la robótica, el internet de las cosas y la realidad virtual alcancen en forma efectiva su potencial al no existir retardos que impidan tomar decisiones cuando se necesite (p.ej. en vehículos autónomos).

| DIMENSIÓN | DETALLE |
|-----------------------------|---|
| Escenarios de uso | Banda ancha móvil mejorada (eMBB) - mejorado en interiores y banda ancha exterior, colaboración empresarial, realidad aumentada y virtual. Es clave el volumen de datos que se pueden transmitir por unidad de tiempo |
| | Comunicaciones masivas de tipo máquina (mMTC) - IoT, seguimiento de activos, agricultura inteligente, ciudades inteligentes, monitoreo de energía, hogar inteligente, monitoreo remoto. Datos se transfieren por millones de dispositivos que utilizan la red inalámbrica. Son críticos el número de sensores desplegados, la comunicación entre ellos y la eficiencia energética de la tecnología de transmisión |
| | Comunicaciones ultra confiables y de baja latencia (URLLC) - Comunicaciones de misión crítica fiables con períodos de latencia continuos. Maquinas, componentes y software de control deben estar interconectados para que este último pueda responder inmediatamente a los problemas, permitiendo que las líneas de producción se reorganicen en caso de fallo |
| Dominios comerciales | Sistemas de Movilidad Inteligente: automoción - agentes y facilitadores que participan en el traslado de personas y mercancías de un punto a otro sobre el terreno |
| | Atención sanitaria: monitoreo de pacientes ambulatorios en tiempo real, herramientas de apoyo a la IA para hacer diagnósticos más rápidos y precisos |
| | Industria manufacturera e industrias avanzadas: fábricas inteligentes impulsadas por la IA y la robótica pueden funcionar con la máxima eficiencia, optimizando y ajustando los procesos en tiempo real |
| | Comercio minorista: sensores, rastreadores y visión computarizada para gestionar el inventario, optimizar las operaciones del almacén y coordinar a lo largo de la cadena de suministro |

El desarrollo de las normas de 5G se ha ido produciendo al mismo tiempo de una intensa actividad en declaraciones de patentes en dónde los actores activos eran casi siempre los mismos. IPlytics⁴⁸ señala que las 95.526 declaraciones de patentes de 5G se dividen en 21.571 familias de patentes únicas de las cuales solo se concedió el 44%. Algunas patentes constituyen una parte más significativa del núcleo de la especificación 5G que otras en la medida que consiguen un impacto global en el estándar y su adopción por parte de la industria⁴⁹.

48 POHLLMANN, T. (2020). Fact finding study on patents declared to the 5G standard. IPlytics GmbH & Technische Universität Berlin

49 MOORHEAD, P. (2019). Who Is «Really» Leading in Mobile 5G, Part 1: Tech Innovations and Standards, 15/05/2019, Forbes. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/>

El desarrollo de circuitos integrados avanzados es crítico para el despliegue de 5G, ya que permiten diseñar los componentes que transmiten las señales, los dispositivos que se conectan a la red y las redes troncales que transportan todos los datos. Se distinguen tres tipos de circuitos Integrados para 5G: chips para dispositivos móviles de consumo, para dispositivos de IoT y conjuntos de circuitos integrados especializados («*chipsets*») en la infraestructura de redes. Este segmento es particularmente competitivo por su relevancia dentro de la red y se integra con pocos jugadores. Algunos fabrican solo módems -Huawei-, otros componentes de radiofrecuencia de punta – Skyworks y Qorvo- y la norteamericana Qualcomm produce ambos.

Dentro de las bandas de frecuencia 5G que se están comercializando actualmente⁵⁰, la industria se divide entre los que pueden fabricar en frecuencias de ondas milimétricas, y los que no pueden. Esta última, aunque más compleja, es la que habilita mayores prestaciones, aunque obliga a los operadores a instalar más antenas y estaciones de base para cubrir una determinada zona⁵¹. Con esta entrada en funcionamiento progresiva, las aplicaciones y servicios más novedosos en los que los usuarios verán un cambio sustancial frente a 4G deberán esperar. La siguiente figura muestra cómo se estima que se producirá esta introducción progresiva de 5G en el mercado hasta 2025. Según GSMA, las expectativas es que sólo implique en 2025 el 14% de las conexiones, muy por debajo del 53% que seguirá accediendo mediante 4G.

[patrickmoorhead/2019/05/15/who-is-really-leading-in-mobile-5g-part-1-tech-innovations-and-standards/#24ad4b59a6a8](https://www.forbes.com/sites/patrickmoorhead/2019/05/15/who-is-really-leading-in-mobile-5g-part-1-tech-innovations-and-standards/#24ad4b59a6a8) ; Part 2: 5G Mobile Chipsets, 12/06/2019, Forbes. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/patrickmoorhead/2019/06/12/who-is-really-leading-in-mobile-5g-part-2-5g-mobile-chipsets/#2a519d044d42> (fecha de consulta 23/07/2020).

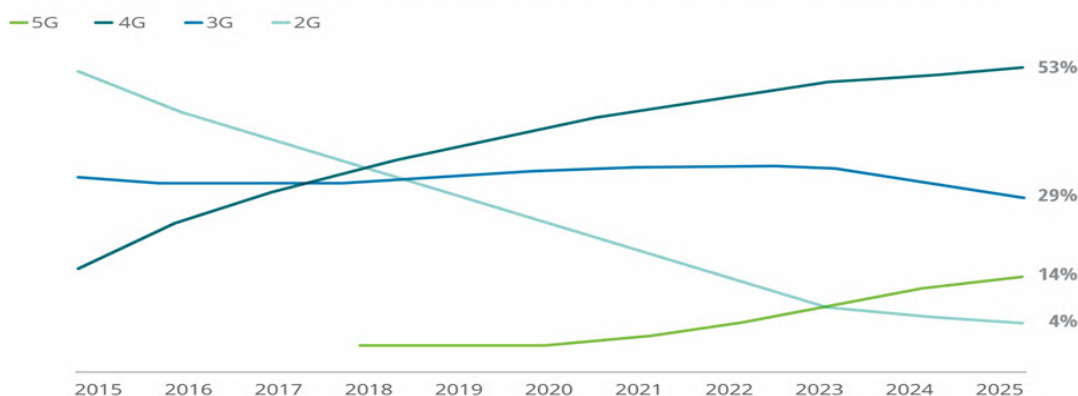
50 5G utiliza tres bandas de frecuencia en España: 700 MHz, 3,6 GHz y 26 GHz. La única que ha sido ya subastada a los operadores de telecomunicaciones ha sido la banda de 3,6 GHz, desde 3,4 GHz hasta 3,8 GHz, (Orange adquirió 100 MHz, Vodafone 90, Movistar 90 y MásMóvil 80). La segunda banda de frecuencias que empezará a estar operativa será la de los 700 MHz (desde los 694 hasta los 790 MHz) que está pendiente del concurso de adjudicación que se espera inmediato. La tercera, la de los 26 GHz, desde los 24,25 hasta los 27,5 GHz, se espera que pueda ser adjudicada en 2021, aunque pudiera retrasarse por los niveles de inversión requeridos (muchas más antenas y estaciones de base).

51 La estrategia seguida en el despliegue de 5G para acompasar el ritmo de inversión es empezar con soluciones y dispositivos de usuario final con capacidad 5G, pero seguir empleando la actual red 4G; en una segunda fase se desplegarán las redes 5G. Este proceso se llevará a cabo progresivamente.

FIGURE 2

Only one in seven mobile connections will be 5G by 2025

Global mobile adoption by technology, share of mobile connections, excluding cellular IoT

Source: GSMA, *The mobile economy*, 2018.Deloitte Insights | deloitte.com/insights

La Asociación de Operadores Europeos de Redes de Telecomunicaciones sostiene en su informe «5G y nosotros: Una historia europea» que Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y China tendrán la migración más rápida a 5G. Inicialmente la transición va a consistir en una adaptación para luego desplegar de forma extendida las redes hacia 2025.

Debe señalarse que la capacidad de desplegar redes 5G nativas, aunque sea en áreas geográficas limitadas, permite experimentar con nuevos servicios y captar el interés de usuarios; adelantarse en un año a competidores implica poder dominar un determinado mercado en el futuro. En el caso de Europa, las previsiones estiman que en ese año solo el 30% será cubierto por las nuevas redes. Lo cual se aleja mucho de los objetivos planteados. -zonas urbanas y todos los principales caminos terrestres para ese mismo año-.

Los tres actores estatales más importantes de la red global de innovación y producción de comunicaciones móviles, -EE. UU., China y Corea del Sur- y sus empresas clave- Qualcomm, Huawei y Samsung- despliegan las estrategias cimentadas en unidad de concepción y unidad de acción⁵². Evidentemente, la UE funciona con otros parámetros por su propia naturaleza con dos actores clave: Ericsson y Nokia.

China presenta alguna ventaja inicial a medida que avanza en el despliegue a escala comercial de su red 5G nacional en 2020. El despliegue independiente de esta generación marca la culminación de un esfuerzo de todo el gobierno durante varios años para ubicar al país a la vanguardia de la próxima generación de redes móviles y aplicaciones relacionadas a través de iniciativas dirigidas por el Estado, como el plan

52 Los grandes fabricantes de equipos de redes 5G son Nokia, Ericsson, Qualcomm, Intel, Samsung, Huawei y ZTE. Las tres últimas son asiáticas (dos de ellas chinas) y las dos primeras de raíz europea. Todas ellas con fábricas en diversas partes del mundo. Más aún, Huawei, empresa china, es el líder mundial de redes de comunicaciones móviles 5G; posee el 30% del mercado global de equipos de redes 5G.

Internet+ (2015) y el 13º Plan Quinquenal (2016).

La encrucijada no es sencilla de abordar desde un enfoque exclusivamente económico. Actualmente, Huawei es la única empresa que puede producir «a escala y costo» todos los elementos de una red 5G, mientras que sus competidores más cercanos, Nokia y Ericsson, por el momento, no logran competir en precios. Como elemento adicional, la reducción o exclusión puede afectar mucho más a los pequeños operadores de redes comunitarias o de países con menos capital para invertir, así como también a quienes quieran tener un despliegue más rápido para los que las opciones de encontrar proveedores son mucho menores.

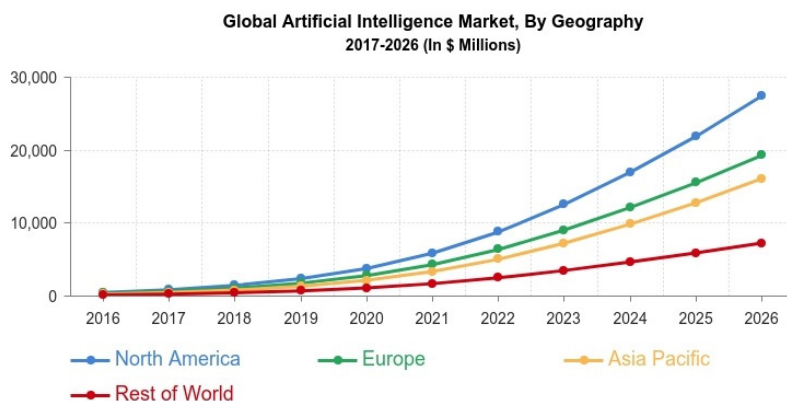
Es probable que el impulso a una alternativa basada en proveedores de China retrase el despliegue en algunos países, ya que los proveedores de equipos de red se ven obligados a invertir en nueva capacidad de fabricación y capital humano necesario para introducir redes de próxima generación de manera rentable y a escala. Ese retraso está consolidando aún más la ventaja de China en el despliegue de 5G en terceros países que no aceptan la «recomendación» del gobierno de Estados Unidos de no emplear sistemas de proveedores de China.

Situación del mercado de inteligencia artificial

Existen muchos informes que estiman la evolución del mercado de IA; todos ellos coinciden en que presenta un crecimiento muy elevado, aunque las cifras son muy dispares. En 2030 la Inteligencia Artificial podría aportar 15,7 billones de dólares al PIB global y en 2035 el crecimiento económico de muchos países desarrollados se podría duplicar gracias a la utilización de su tecnología. Se estima que el mercado de inteligencia artificial ha supuesto 21.500 millones en 2018, y es probable que alcance los 190.600 millones para 2025, con un CAGR del 36.6% durante el período. Otro informe⁵³ indica que en 2025 el volumen de actividad ligada a esta tecnología se acercará a los 37.000 millones de dólares. En todo caso, a pesar de las disparidades, se trata de cifras muy elevadas. La figura (estimaciones de Inkwood research) permite ver cómo son las previsiones de crecimiento por áreas geográficas hasta 2026: todas las áreas geográficas crecen, pero EE.UU. lo hace más rápidamente.

53 https://www.capitalradio.es/noticias/fondos/inteligencia-artificial-turbulencias_34338521.html

GLOBAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE MARKET



En el corazón de todas las innovaciones relacionadas con la inteligencia artificial está la tecnología de los semiconductores porque la ejecución eficiente de algoritmos de aprendizaje de máquinas requiere disponer de un hardware adaptado a ello. Los circuitos integrados de inteligencia artificial se construyen específicamente para manejar algoritmos complejos de aprendizaje automático (*Machine Learning*), en particular para las redes neuronales. Al igual que el cerebro humano, una red neuronal tiene innumerables nodos (neuronas) en varias capas que procesan una cantidad desmesurada de datos. El resultado final es esencialmente el reconocimiento de patrones: un rasgo humano distintivo.

Aunque actualmente los circuitos integrados para aplicaciones de inteligencia artificial tienen una participación minoritaria de las ventas mundiales de semiconductores, todo hace prever que en la próxima década experimentarán un fuerte crecimiento. Se estima que el segmento de hardware impulsado por las aplicaciones de inteligencia artificial se incrementará a un volumen de 171.190 millones de dólares para 2025, en especial apalancado por circuitos avanzados orientados a lo que se conoce como aprendizaje automático⁵⁴. McKinsey subraya las oportunidades para las empresas de semiconductores en función de revalorización de este segmento de mercado. Se espera que el valor aumente de 6.400 millones de dólares en 2017 a 12.000 millones de dólares en 2025⁵⁵.

54 ALSOP, T. (2020). Global revenue of ASIC chip market 2018 and 2026, Statista. Disponible en: www.statista.com/statistics/1084908/asic-chips-revenue-worldwide/ (fecha de consulta 12/07/2020).

55 Mc Kinsey (2019). McKinsey on Semiconductors. Creating value, pursuing innovation, and optimizing operations, number 7 October; Batra, G.; Jacobson, Z.; Madhav, S; Queirolo, A. & Santhanam, N. (2018). Artificial-intelligence hardware: New opportunities for semiconductor companies. McKinsey & Company.

Finalmente, las infraestructuras asociadas a 5G podrán contribuir al desarrollo de los sistemas de Inteligencia Artificial al recabar información y datos en tiempo real, lo cual es un punto crítico para la comunicación entre máquinas (M2M) e Internet de las cosas (IoT). Los semiconductores son un componente crítico de los sistemas que transmiten las señales, los dispositivos que se conectan a la red y las redes troncales que transportan todos los datos; todas ellas cuestiones sensibles para el despliegue de 5G. En definitiva, el listado de interrelaciones entre las tres tecnologías indicadas podría ampliarse todavía más.

La relevancia de la seguridad nacional en el posicionamiento tecnológico

En una sociedad altamente digitalizada el control de la información que circula por las redes es un elemento esencial para la seguridad global. Esta información surge del procesamiento de datos «*crudos*» (sin procesar aún para extraer información relevante de ellos) que se realiza en sistemas centralizados, pero, también de forma muy evidente, de la que se puede realizar en los dispositivos y terminales de usuario con capacidades de procesamiento de información muy superiores a los de hace solo unos pocos años.

No extrañe, por tanto, que la preocupación de saber qué es lo que hay detrás de los sistemas hardware y software que se adquieren de un proveedor externo sea cada vez mayor en gobiernos, instituciones y, en menor medida, en los usuarios finales. Debe tenerse en cuenta que tanto la inteligencia artificial como la tecnología de semiconductores son inherentemente tecnologías duales, y las aplicaciones duales de 5G están creciendo rápidamente⁵⁶.

El carácter multinacional, fragmentado y de múltiples etapas de la cadena de producción y distribución de circuitos integrados ha introducido vulnerabilidades basadas en el hardware. La base de esta posición está en la posibilidad de que los circuitos integrados, productos basados en ellos y algoritmos ejecutados en los mismos puedan obtener información y realizar funciones desconocidas para la entidad que los adquiere que no tiene métodos sencillos para conocerlo. La falta de confianza entre proveedor y comprador lleva a adoptar medidas extremas como son las que Estados Unidos y algunos otros países están adoptando frente a fabricantes chinos⁵⁷.

⁵⁶ El Departamento de Defensa de Estados Unidos anunció el 8 de octubre de 2020 la adjudicación de 600 millones de dólares en contratos a 15 contratistas principales para realizar pruebas y evaluación de tecnologías 5G en cinco instalaciones militares en los Estados Unidos. <https://www.defense.gov/Explore/News/Article/Article/2378047/dod-kicks-off-worlds-largest-dual-use-5g-testing-effort/>.

⁵⁷ CANCELLIERI, N. Sobre softwares, semiconductores y la balanza de poder global, Escenario Global, 22/09/2020. Disponible en: <https://www.escenariomundial.com/2020/09/22/sobre-softwares-semiconductores-y-la-balanza-de-poder-global/> (fecha de consulta 23/09/2020).

Los jefes de inteligencia del grupo de países anglosajones denominado «*Five Eyes*» (EE.UU. RU. Canadá, Australia y Nueva Zelanda) se reunieron en Canadá en 2018 para discutir cómo proteger las redes de telecomunicaciones de la interferencia china coordinando un mensaje común: «las telecomunicaciones 5G van a ser tan críticas para el modo de vida de los ciudadanos que estas redes deberían estar operadas únicamente por empresas de toda confianza. Huawei queda cada vez más fuera de esta definición»⁵⁸.

En este mismo sentido, durante una visita a España en febrero de 2020, el Subsecretario de Estado Adjunto norteamericano para la Comunicación Internacional y Cibercomunicación declaró: «*No podemos poner nuestra información importante en riesgo de ser accedida por el Partido Comunista chino*», por lo tanto, «*Hay que protegerse en todas las partes de la red*»⁵⁹.

La restricción a las firmas chinas en Australia, Nueva Zelanda, Japón, Taiwán y los propios Estados Unidos sigue sumando integrantes a la lista. Las canadienses Bell y Telus, operadores de telecomunicaciones, recientemente descartaron a Huawei. Hasta ahora habían utilizado sus productos y, la segunda, había manifestado que los usaría en sus redes. En Japón, el gobierno acordó en diciembre de 2018 prohibir a sus ministerios y Fuerzas de Autodefensa la adquisición de equipos de telecomunicaciones procedentes de China, y los tres operadores principales (SoftBank, NTT Docomo y KDDI) han anunciado que «*no usarán equipos chinos por motivos de seguridad*»⁶⁰. Este mes de octubre de 2020 se ha dado a conocer que Orange y Proximus, los operadores de telecomunicación de Bélgica han decidido adquirir el equipamiento de sus redes 5G a Nokia en detrimento de Huawei por razones de seguridad⁶¹.

Estas decisiones pueden anunciar un cambio de actitud en otros países de la UE como Alemania que sigue considerando (formalmente, la decisión es de Deutsche Telekom, su mayor operador de telecomunicaciones) que renunciar a la provisión de equipos de Huawei implicaría retrasos en el despliegue de su red 5G que comprometería su posición de dominio tecnológico en amplios sectores empresariales como la automoción y la robótica, y enfrentarse a posibles represalias comerciales de China.

58 Fidel Sendagorta. *Estrategias de poder: China, Estados Unidos y Europa en la era de la gran rivalidad* (Cap.4: Las redes 5G en el cruce entre la tecnología y la seguridad nacional). Ed. Deusto 2020. ISBN 978-84-234-3177-9

59 El Comercio. «EE. UU. presiona a España para que excluya a Huawei de las redes 5G», 20/02/2020. Disponible en: <https://www.elcomercio.es/economia/eeuu-presiona-espana-excluya-5g-huawei-20200220201938-ntrc.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F> (fecha de consulta 04/06/2020); Hoffmann, S.; Bradshaw, S. & Taylor, E. (2019). *Networks and Geopolitics: How great power rivalries infected 5G*, Oxford Information Labs. Disponible en: <https://oxil.uk/publications/geopolitics-of-5g/> (fecha de consulta 14/05/2020).

60 Fidel Sendagorta (obra citada).

61 «*Bélgica ha dependido al 100% de los proveedores chinos para sus redes de radio, y las personas que trabajan en la OTAN y la UE estaban haciendo llamadas de teléfonos móviles en estas redes*» <https://u24news.com/news/2020-10-09/Nokia-logra-contrato-5g-en-belgica-huawei-muere-en-la-ue>

La situación se reitera en el Reino Unido, aunque el proceso de los últimos tiempos registra dos etapas. Primero se confinó la participación a las denominadas «*infraestructuras no estratégicas*», con una cuota de mercado limitada al 35%. Segundo, el Primer Ministro británico instruyó a la administración para que elabore normativas que reduzcan la presencia de la empresa asiática hasta su completa exclusión hacia 2023⁶².

Debe tenerse presente que China articula su acción comercial con objetivos a medio plazo y no a corto plazo. El análisis de su situación en detalle revela la necesidad para otros países de diferenciar claramente la esfera política y la tecnológica y asegurar que su estrategia se centre en los negocios. Aunque en términos de capacidades los notables avances de China en sectores tecnológicos emergentes conviven con debilidades específicas pero significativas⁶³. Por eso su estrategia combina negociación e imposición en su favor. De ahí que las críticas más severas que recibe se refieran a la opacidad que distingue los lazos Estado-Partido-empresas.

La disputa política-tecnológica se ha centrado en dos grandes empresas chinas del sector TIC: Huawei y ZTE. En cuanto a ZTE, la relación con el estado es reconocida oficialmente, pero a Huawei se la promueve como una empresa privada. Mientras que la primera se enfoca principalmente en el territorio doméstico, la segunda ha logrado tener un despliegue autónomo de 5G en 2020, dos años antes que el resto del mundo. Esta proactividad se refleja en el tema de patentes y su creciente influencia en las instituciones de normalización internacional.

La encrucijada que enfrenta la empresa Huawei como consecuencia de la ampliación de sanciones norteamericanas en mayo de 2020 es un ejemplo de las presiones geopolíticas. Dentro de sus planes, la sustitución de TSCM a corto plazo por la firma china SMIC (*Semiconductor Manufacturing International Corp.*) para la fabricación de la «*gama baja*» (menor complejidad de integración y resolución) de circuitos integrados estaba clara. Ahora la transición deberá ser acelerada, aunque el veto holandés a la adquisición del equipamiento más moderno en litografía manufacturado por ASML en 2019 alejó la posibilidad de que la fundición china alcance a TSMC⁶⁴.

62 Infobae (2020). Boris Johnson reducirá el papel de Huawei en la tecnología 5G del Reino Unido, 24 may. Disponible en: www.infobae.com/america/mundo/2020/05/24/boris-johnson-reducira-el-papel-de-huawei-en-la-tecnologia-5g-del-reino-unido/ (fecha de consulta 24/5/2020).

63 A pesar de que el país fabrica más del 90% de los teléfonos inteligentes del mundo, el 65% de los ordenadores personales y el 67% de los televisores inteligentes, tiene que abastecerse de la mayoría de los chips que entran en estos dispositivos desde el extranjero. El valor de las importaciones anuales de chips ha superado al del petróleo en los últimos años, llegando a los 312.000 millones de dólares en 2018.

64 PAN, C.; DAI, S. & CHEN, C. «Can China's fledgling semiconductor industry rescue Huawei from tighter US tech sanctions?» South China Morning Post, 25/06/2020. Disponible en: <https://www.scmp.com/tech/big-tech/article/3090433/can-chinas-fledgling-semiconductor-industry-rescue-huawei-tighter-us> [Consultado 16/07/2020].

TSMC es un proveedor clave por ser la mayor fundición mundial de semiconductores. Hasta septiembre de 2020, Huawei gozará de un período de gracia para abastecerse. Los insumos que consiga sumar junto al stock acumulado de chips de estación base 5G le permitirían satisfacer la demanda en los mercados en los que opera, incluso smartphones y redes 5G, aproximadamente hasta mediados de 2021. Posteriormente, las perspectivas son críticas ya que hasta 2023 el plazo es demasiado breve para que pueda recurrir a la producción local para sustituir los CI de alta gama⁶⁵.

Desde un punto de vista de interdependencia tecnológica, hay que tener en cuenta que las empresas de semiconductores de Estados Unidos requieren el acceso al mercado de China. A la vez, China sigue dependiendo en gran medida de Estados Unidos para semiconductores clave como las unidades de procesamiento gráfico (GPU) y para el software de sistemas operativos de los móviles, porque disponer de un sistema operativo propio e imponerlo en el mercado mundial no es sencillo (es el caso de Huawei desarrollando a toda prisa Harmony OS para sus teléfonos móviles porque ya no puede basarse en las actualizaciones del sistema operativo Android y eso afectará a la decisión de compra de los consumidores).

Esta posición de Estados Unidos se ha extendido en el mes de septiembre de 2020 a la intervención en las actividades de TikTok en Estados Unidos o a las trabas a la transferencia de tecnología a la mayor empresa china de semiconductores SMIC por su supuesta actividad en aplicaciones militares empleando tecnología americana⁶⁶. Acusación genérica difícil de delimitar porque se trata de tecnologías de doble uso. Esa fuerte postura se acompaña con la intención detrás de una nueva ley (denominada CHIPS o Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors) para apoyar el desarrollo de chips nanométricos en Estados Unidos atrayendo empresas de otros países⁶⁷. La primera de ellas en aceptar el envite es TSMC que piensa fabricar circuitos integrados en Estados Unidos.

Es evidente que esta batalla tecnológica mundial afecta a la UE. En el caso concreto de 5G, la UE se enfrenta a un riesgo en la medida que carencias de ciertas capacidades se entremezclan con las características técnicas de las redes. La posibilidad de incursiones no deseadas a través de la infraestructura digital constituye un asunto de política de la mayor relevancia. Las consecuencias podrían materializarse por innumerables vías y

65 SMIC produce circuitos de 14 nanómetros mientras que algunas de sus competidoras ya trabajan en 7nm a escala y están dando pasos en chips de 5nm. La posibilidad efectiva de reducir la escala dependerá de disponer de sistemas de litografía avanzada cuya provisión del exterior le será más difícil.

66 <https://www.entornointeligente.com/eeuu-restringe-la-venta-de-tecnologia-al-gigante-chino-de-los-semiconductores/> (fecha de acceso 11/10/2020).

67 A través de la creación de un crédito fiscal del 40% para los equipos de semiconductores, un fondo de 10 mil millones de dólares para igualar incentivos de fabricación a nivel estatal y 12 mil millones más en fondos para I+D entre 5 y 10 años vista, los Estados Unidos comienzan la batalla por la hegemonía nanométrica.

<https://hardzone.es/noticias/componentes/chips-for-america-eeuu-china-chips-semiconductores/>

afectar a cualquier esfera que podría comprometer sistemas y causar daños muy graves.

Un problema, sin embargo, es que los datos críticos relativos a la eficiencia de los diseños y la entrega de productos está sujeta al cumplimiento de productores externos. En contextos de inestabilidad puede incrementarse el impacto para los mercados electrónicos y finales. La mayor parte de la cadena de valor de los semiconductores se encuentra fuera de Europa, que a su vez no tiene la capacidad de producir por debajo de 22 nm, a la vez que mantiene una participación reducida en el desarrollo de diversos productos y limitaciones en fabricación de circuitos integrados avanzados⁶⁸.

La situación presentada admite innumerables lecturas para la UE de las cuales dos resultan de interés. Por un lado, es posible plantear un análisis acotado a la pugna sino-norteamericana con repercusiones inevitables en toda la red global de innovación y producción de semiconductores pero que involucra a un número limitado de actores y cuyos impactos en Europa serán moderados⁶⁹. Por otro lado, se podría asumir que se trata de un conflicto mucho más amplio no solo por su alcance geográfico sino, sobre todo, por su probable prolongación temporal, y su extensión a otros productos y dispositivos. En esa tesitura, es razonable asumir que la evolución difícilmente sea lineal. De hecho, parece más real una secuencia en la cual la agudización de tensiones sea seguida de periodos de distensión, y que la situación se prolongue en el tiempo.

En este marco, lo que puede titularse como la «batalla por los estándares» reviste un asunto de especial importancia para Europa. La posibilidad de equilibrar su influencia y su posición asimétrica desfavorable encuentra en la normalización técnica una herramienta muy relevante. Dentro de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el Comité Electrotécnico Internacional (CEI), la UE, ya sea como UE-28 o como UE-27, tiene muchas más posiciones de liderazgo que cualquier otra gran potencia económica, como los Estados Unidos, China o, potencialmente, el Reino Unido después de Brexit⁷⁰.

La definición de estándares formales (*de iure*) en el sector de comunicaciones móviles son un componente de la agende geopolítica estratégica, e identifican tres dimensiones como base de poder de China, quien ha priorizado la estandarización tecnológica como parte de sus planes: a) la reforma de su maquinaria interna para el

68 En 2017 Europa tenía una participación en la producción de materiales y herramientas del 17% mundial que son utilizados para la fabricación de componentes electrónicos. En los segmentos de la electrónica profesional e incorporada ostentaba el 22%, que se difunde aún más a través de los equipos de usuario final (20%) en estos sectores. Por el contrario, la posición global es débil en equipos electrónicos (7%) y placas electrónicas (10%), así como en electrónica independiente (6%). En semiconductores su cuota ha declinado respecto a 2010 ubicándose en el 9%.

69 Como referencia, la participación de estas dos economías en las importaciones de productos de alta tecnología de la UE-27 entre 2009-2019 fue, en promedio, del 32% para China y del 21% para EE. UU. (Eurostat High Tech Statistics).

70 FÄGERSTEN, B. & RÜHLIG, T. (2019). China's standard power and its geopolitical implications for Europe, Swedish Institute of International Affairs

establecimiento de normas; b) su influencia en las instituciones internacionales de normalización; y c) su ambición por establecer los estándares en el terreno.

Interdependencia e intereses estratégicos de la UE

El desarrollo de los mercados mundiales ha hecho que el mundo sea más interdependiente económicamente que nunca. El cambio no es sólo una cuestión de mayor interdependencia, sino que implica un cambio cualitativo. En gran parte de la literatura sobre el impacto estratégico de la interdependencia económica se analizan sus repercusiones en los conflictos y el estallido de la guerra. En cambio, Keohane y Nye sostienen que la interdependencia añade a la agenda internacional cuestiones como la gobernanza económica, el derecho internacional, la sostenibilidad ambiental, etc. y erosiona la primacía del conflicto militar⁷¹.

En lugar de centrarnos en el conflicto militar como nuestra variable dependiente, nos centramos en la variable anterior al conflicto - *los intereses estratégicos del estado*. Siguiendo a Neuchterlein, definimos los intereses estratégicos como «*las necesidades y deseos percibidos de un estado soberano en relación con otros estados soberanos que comprenden el entorno externo*»⁷².

Robert Keohane y Joseph Nye se basan en la tradición liberal para desarrollar un modelo de interdependencia compleja que subraya las consecuencias complejas y contingentes de la interdependencia económica. Su trabajo sugiere una combinación de resultados competitivos y cooperativos más allá de la posibilidad de un conflicto violento en una gama creciente de sectores políticos.

Las cuestiones clave en las relaciones sino-americanas son un reflejo de los cambios en la economía global. El reequilibrio de los Estados Unidos hacia Asia es una consecuencia del ascenso de Asia como centro dinámico de la economía mundial. La firmeza de China en el Mar de la China Oriental y Meridional se ve impulsada por el dinamismo económico y el desarrollo militar de China. El proyecto de China denominado «*Iniciativa de la Franja y la Ruta*» (*One belt, one road Initiative*) y el establecimiento del Banco Asiático de Inversiones en Infraestructuras (AIIB) son otros ejemplos de la utilización de su economía dinámica y sus recursos financieros para crear apoyo vinculando a China con los países asiáticos de todo el mundo.

La composición cambiante del comercio entre China y los Estados Unidos es otra fuente de tensión. China anunció la creación de AIIB en octubre de 2013 con la

71 KEOHANE, R. O., & NYE Jr, J. S. (1988). *Poder e Interdependencia: La política mundial en transición* (1era. ed.) (H. Cardoso Franco, Trad.) Buenos Aires, Argentina: Grupo Editor Latinoamericano S.R.L.

72 NUECHTERLEIN, D. (1976). *National Interests and Foreign Policy: A Conceptual Framework for Analysis and Decision-Making*. *British Journal of International Studies*, 2(3), 246-266.

promesa de que aportaría una parte preponderante de los 50.000 millones de dólares de capital del Banco, que posteriormente se incrementaría a 100.000 millones de dólares. El propósito aparente del AIIB es llenar el vacío de inversiones en Asia de una manera que se vea menos obstaculizada por procedimientos burocráticos de lo que se supone que están las instituciones existentes.

La debilidad «estratégica» de la UE se vincula a los equipos que conforman la infraestructura. Es decir, el inconveniente no se refiere a la cuota de mercado mundial. De hecho, Nokia y Ericsson, las representantes parcialmente europeas, suman un 30,4%. Tampoco en los servicios ofrecidos –extremo a extremo- en tanto son parte del podio junto a Huawei. El punto es que ninguna de ellas fabrica sus dispositivos: deben usar fabricantes externos⁷³.

La crisis provocada por el COVID-19 añade un ingrediente a la ecuación ya que los operadores de redes podrían postergar inversiones en 5G. Se registran retrasos en las subastas y disponibilidades de espectro por parte de los gobiernos, así como la ralentización en la concesión de autorizaciones debido al escaso funcionamiento de muchas administraciones públicas⁷⁴. El proceso, que depende de concursos a nivel nacional para la asignación de frecuencias 5G, ha sido reprogramado en casos como el español para fines de año. En paralelo, transcurre una discusión política cuya disyuntiva se refiere a la conveniencia de mantener el nivel de exigencia en cuanto a requisitos para concursar -lo cual podría frenar el despliegue-, o moderar las pretensiones a cambio de acelerar el despliegue para ofrecer servicios 5G a un mayor número de usuarios. Esta decisión afectará el ritmo de innovación y al volumen de inversiones.

De acuerdo con Börje Ekholm, presidente y CEO de Ericsson, mientras que Europa «ha decidido reducir la velocidad, y varios países están retrasando las subastas del espectro», ocurre lo contrario en Corea del Sur, Japón y China que «están acelerando sus propias subastas de espectro».

El despliegue de la 5G también debe considerar, y tomar decisiones, con respecto a la posición estratégica de la UE en el panorama competitivo y geopolítico mundial. Las infraestructuras críticas y, especialmente, las aplicaciones militares que se basan en la 5G/IoT podrían verse perturbadas por irrupciones hostiles intencionadas o podrían acabar siendo demasiado dependientes de proveedores de terceros países⁷⁵. En efecto, la proyección internacional comunitaria parece minada en un ámbito especialmente

73 China necesita, en el caso mejor, de dos a tres años para que sus empresas de fabricación de semiconductores radicadas en China, sobre todo SMIC, sean capaces de proveer de los circuitos integrados avanzados necesarios para Huawei.

74 PUJOL, F.; MANERO, C.; CARLE, B & REMIS, S. (2020). 5G Observatory Quarterly Report #8 Up to June 2020, European Commission - DG Communications Networks, Content & Technology.

75 EIT DIGITAL (2020). European Digital Infrastructure and Data sovereignty. A policy perspective, European Institute of Innovation & Technology. Disponible en: <https://www.eitdigital.eu/newsroom/publications/> (fecha de consulta 2/07/2020).

sensible. A ello se agrega la impronta norteamericana que insiste en una definición taxativa de los europeos en la actual disputa. Históricamente los países occidentales han actuado en conjunto en estos temas, pero ahora se trata de cuestiones que exceden ampliamente las especificaciones técnicas de las redes y dispositivos 5G.

Como dice Luis Simón, Europa es simultáneamente «sujeto y objeto» de la tensión en aumento entre Estados Unidos y China, convirtiéndose de nuevo en el «*campo de batalla para la competición entre grandes potencias*», según Constanze Stelzenmüller. Sin ser una gran potencia o un Estado siquiera, sino más bien algo diferente, la UE y sus Estados miembros están viéndose sometidos a presiones desde varios frentes: Estados Unidos, que promueve una disociación o distanciamiento respecto a China; Rusia, cercana geográficamente a Europa, pero envuelta en competición con la OTAN; y China, que emplea diferentes medios con el fin de agudizar la dependencia económica del continente europeo. Stelzenmüller señala que el gobierno chino es consciente de que, para Europa, desacoplarse de la globalización «*no es una opción, pues es existencialmente dependiente de la integración económica global*». Rusia y China son ahora jugadores en el espacio europeo, siendo ambos «*despiadadamente efectivos a la hora de identificar y explotar sus debilidades*»⁷⁶.

El Director General de la OMPI (Organización Mundial para la Propiedad Intelectual), Francis Gurry ha declarado que «*Asia es ahora la región que más solicitudes de patentes internacionales presenta a través de la OMPI, lo que constituye un hito importante para esa región económicamente dinámica y pone de relieve el histórico desplazamiento geográfico de la actividad innovadora de Occidente a Oriente*»⁷⁷. Los regímenes de propiedad intelectual adquieren especial importancia en la cadena de valor de los semiconductores, en la que los incentivos para invertir en I+D dependen en gran medida del nivel de protección.

Por otra parte, Europa dispone de un ecosistema único de organizaciones de desarrollo tecnológico e industrias de semiconductores, en particular proveedores de líneas piloto y fabricantes de equipos, materiales y herramientas (de diseño). Su presencia es significativa, especialmente en lo concerniente a imágenes de alta resolución, depósitos de capas atómicas, ensamblaje y empaquetado. También en los mercados mundiales de sensores y actuadores basados en tecnología MEMS, semiconductores de potencia y sistemas embebidos, mientras que la tecnología FD SOI⁷⁸, está permitiendo el desarrollo de procesadores de potencia ultra baja. Las organizaciones de investigación públicas europeas que poseen capacidades tecnológicas de frontera son IMEC (Bélgica), CEA

76 ORTEGA, A. (2020). La carrera entre EE. UU. y China y el futuro de las relaciones transatlánticas, Documento de trabajo 12/2020, Real Instituto Elcano.

77 World Intellectual Property Organization (2019). WIPO 2018 IP Services: Innovators File Record Number of International Patent Applications, With Asia Now Leading, PR/2019/830. Disponible en: www.wipo.int/pressroom/en/articles/2019/article_0004.html (echa de consulta 21/06/2020).

78 FD-SOI (*Fully Depleted Silicon On Insulator*), es un proceso tecnológico planar de fabricación que permite geometrías en silicio más pequeñas y simplifica el proceso de fabricación.

LETI (Francia) y los Institutos Fraunhofer (Alemania).

La UE produce el 27% de la electrónica automotriz mundial. Es la primera región del mundo por delante de China (21%), y América del Norte (17%). También mantiene posiciones fuertes en la electrónica industrial, la electrónica aeroespacial de defensa y seguridad, y en la electrónica de salud, donde ocupa el segundo lugar mundial en estos tres segmentos de la electrónica, por delante de China y los EE. UU. Las empresas europeas mantenían el 9% del mercado global de semiconductores en 2017. En subproductos de electrónica analógica posee, sin embargo, el 24% de la capacidad mundial y es la tercera región después de América del Norte (35%) y Japón (25%)⁷⁹.

Los principales segmentos de usuarios finales de productos analógicos son, en efecto, los segmentos de electrónica profesional en los que Europa ocupa grandes posiciones. La producción mundial de aparatos electrónicos en 2018 alcanzó los 2.018 millones de euros, de los cuales Europa fue responsable del 14%. Pero si nos centramos en el campo de los sistemas integrados y profesionales, la cuota de Europa salta al 22%, casi cuatro veces más que la producción de productos electrónicos autónomos y de consumo (alrededor del 6%).

Dentro del territorio de la UE, los grandes polos regionales de investigación, diseño y producción se concentran en Dresde, Grenoble y Eindhoven-Lovaina. En Irlanda, la región de Dublín cuenta con un gran centro de fabricación europea de microprocesadores. Se añaden agrupaciones relativamente pequeñas, aunque muy innovadoras y especializadas en Austria (Graz y Viena), Italia (Milán y Catania) y Finlandia (Helsinki).

Desde la definición de la estrategia europea sobre electrónica en 2013, el ecosistema europeo de investigación e innovación relativo a los dispositivos semiconductores se ha ampliado a la investigación, el desarrollo y la fabricación de componentes y sistemas electrónicos (ECS). Gracias a ello logró recuperar lugares que abarcan toda la cadena de suministro, desde los RTO hasta las empresas de sistemas. Con todo, la capacidad de fabricación de obleas para la fabricación de circuitos integrados está disminuyendo para Europa. De hecho, se estima una participación de alrededor del 5,3% de la capacidad de fabricación mundial prevista para 2022, lo cual supone una disminución desde el 8,1% en 2010.

Los productores europeos de semiconductores han deslocalizado sus fábricas fuera de la UE con el objetivo de centrarse en segmentos especializados. Junto a esto, la significativa disminución de la cuota de mercado para la producción de electrónica redujo los incentivos para invertir en nuevos laboratorios tecnológicos en el territorio. A pesar de ello, las empresas líderes europeas, Infineon, ST Microelectrónica, NXP y X-Fab, continúan bien posicionadas en ciertas tecnologías avanzadas. El mayor

.....

79 European Commission (2020). Study on the Electronics Ecosystem. Overview, developments and Europe's position in the world, DG Communications Networks, Content & Technology, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

riesgo, al menos a medio plazo, no derivaría de la falta de conocimientos técnicos sino en temas vinculados a la producción masiva y a las dificultades de entrada en otros mercados.

En relación con los microprocesadores, en 2018 se lanzó la Iniciativa Europea de Procesadores (EPI en inglés), un proyecto integrado por 27 socios, cuyo objetivo es desarrollar chips para la informática de alto rendimiento (HPC, por sus siglas en inglés), la inteligencia artificial (IA) y la ingeniería automotriz. El chip de propósito general para la ejecución de un sistema operativo se robustecerá con otras tecnologías para el procesamiento vectorial.

Este sueño de soberanía europea en el desarrollo de un procesador avanzado tiene límites, más allá de su futuro éxito comercial o no. En primer lugar, ya no puede hablarse de ARM como una empresa «europea»; además, desde el punto de vista tecnológico, la arquitectura será fabricada por TSMC, lo cual significa una dependencia de Taiwán, en un nodo de 6 nanómetros (N6 EUV). Será un paso positivo, pero la UE no tiene ganada la batalla.

Situación y opciones de la UE

En entornos supranacionales, esta dependencia tecnológica no debe considerarse de forma aislada para un país en concreto en la medida en la que exista un marco de referencia político legislativo en el que el acceso al conocimiento tecnológico de los estados participantes esté mutuamente asegurado. Un ejemplo en este sentido es el de la Unión Europea, tanto por la vía de sus políticas de investigación e innovación, como por las de industria y comercio exterior. En todos los casos apoyada con posibles modificaciones legislativas (p.ej. con la aprobación de regulaciones o directivas europeas a las que los potenciales suministradores externos deben supeditarse si desean introducir sus productos en el mercado europeo)⁸⁰.

Pero no basta con una visión intraeuropea y cabe preguntarse en el panorama descrito en las secciones anteriores cuál es y cuál debería ser la posición de la UE. La unión (tecnológica) de fuerzas entre países ligados por acuerdos a largo plazo de gran alcance (ámbitos temáticos muy amplios) como sería el caso de la UE⁸¹ puede ayudar a reducir el grado de dependencia tecnológica conjunta, pero no lo elimina.

80 PARDO DE SANTAYANA, J. (2020). Mientras Asia se abre paso, Occidente se mira el ombligo. Documento Análisis 26/2020. Instituto Español de Estudios Estratégicos. 2 de septiembre de 2020.

81 La política de investigación e innovación se ha contemplado en el Tratado de Funcionamiento de la UE (TFUE) como una política «compartida» por lo que tanto la Unión, financiada a través del presupuesto comunitario, como los estados miembros, a través de sus presupuestos nacionales, pueden actuar tanto aislada como conjuntamente.

En nuestra opinión, Europa ha perdido actualmente la batalla tecnológica en algunos ámbitos en los que será muy difícil que tenga un papel dominante a corto plazo en la escena mundial: los casos de desarrollo de sistemas operativos genéricos (tanto para ordenadores como para dispositivos móviles), la fabricación de circuitos integrados para aplicaciones genéricas (p.ej. microprocesadores o memorias RAM), la fabricación de células solares de alto rendimiento y de bajo coste, la construcción de baterías de automoción con tecnología propia⁸², muchas aplicaciones en inteligencia artificial, etc. son ejemplos que demuestran esta debilidad. Ello no implica que no se puedan desarrollar en la UE sistemas tecnológicos avanzados, de hecho, lo hace de manera recurrente en muchos sectores, pero requiere acceder a componentes y subsistemas desarrollados en otras zonas geográficas.

Ante esta situación, el punto de partida de la UE no es muy positivo. Como indican Arteaga y Simón «*los Estados miembros de la UE no están en condiciones de afrontar los retos industriales asociados con la incipiente revolución tecnológico-militar (digitalización, robotización, automatización e inteligencia artificial). Ni disponen de presupuestos elevados como los de EEUU, Rusia, la India y China para apoyar sus industrias, ni sus empresas disponen del capital suficiente para investigar y desarrollar esas tecnologías –o comprarlas donde se pueda– por su cuenta como hacen las empresas privadas estadounidenses o las públicas de los otros países*»⁸³.

En el caso de las comunicaciones móviles la UE se enfrenta a diversos riesgos interrelacionados que pueden acrecentarse en la medida en que las soluciones se conciben aisladas. La carencia de ciertas capacidades se entrelaza con las características técnicas de las redes móviles en las que la posibilidad de incursiones no deseadas o incluso ataques, a través de la infraestructura digital constituye un asunto de preocupación política de primer orden. Las consecuencias podrían materializarse por innumerables vías y afectar a cualquier esfera que podría comprometer sistemas y causar daños muy graves⁸⁴.

Ahora bien, el escenario podría plantear una oportunidad para que Europa contribuya a la consolidación de las dos grandes empresas europeas, Ericsson y Nokia, favoreciendo su posición en la UE, lo cual merece una discusión en sí misma porque ello significaría apartarse de los acuerdos vigentes y renegociar la política de la competencia. De todos modos, son varios los elementos a ponderar.

Primero, la incertidumbre que plantea la capacidad de Ericsson y Nokia de satisfacer el incremento en la demanda. Por ahora, ambas han manifestado estar en condiciones

82 La gigafábrica de baterías que Tesla instala actualmente en Alemania es importante para el despegue del vehículo eléctrico, pero no implica transferencia de tecnología.

83 Félix Arteaga y Luis Simón. ¿Más allá del multilateralismo? COVID-19, autonomía estratégica europea y política exterior española. ARI 61/2020 - 5/5/2020. Real Instituto Elcano.

84 European Commission (2019). EU-China – A strategic outlook, Joint Communication to the European Parliament, the European Council and the Council, JOIN (2019) 5 final, Strasbourg.

de comenzar a trabajar en Reino Unido. La firma sueca ha declarado que puede aumentar su producción en la medida que sea necesario⁸⁵. Por cierto, la ralentización del despliegue es un factor favorable: les permitirá ganar tiempo en Europa, aunque pierdan terreno en Asia. Mientras tanto, Estados Unidos facilita el duopolio de estas compañías⁸⁶.

Segundo, la fabricación mundial de hardware TIC está muy concentrada. Diez economías representan hasta el 93% del valor añadido global de este subsector. Alemania es el único país europeo en la lista. En lo que respecta a la proporción del valor añadido en la fabricación de TIC en el PIB, las ocho economías principales se encuentran todas en Asia oriental. Muchas de las fuentes de provisión europeas se sitúan en China. La mayor parte de la cadena de valor de los semiconductores se encuentra fuera de Europa, que a su vez no tiene la capacidad de producir por debajo de 22 nm. En este ámbito tendrá que hacer valer su excelente posición en equipamientos avanzado de fabricación de semiconductores.

Tercero, las interdependencias de la UE y de sus estados miembros con China no solo son múltiples y heterogéneas, sino que exceden en mucho a las comunicaciones móviles 5G. Por lo tanto, es razonable especular que decisiones técnico-políticas que comprendan únicamente la sustitución de equipos e infraestructuras de un proveedor por otro difícilmente sea lo que suceda. Es decir, lo que ocurra en el sector de las comunicaciones móviles probablemente tenga repercusiones de tipo sistémico, con resultados asimétricos en función del vínculo bilateral, como le preocupa seriamente a Alemania.

En definitiva, la transversalidad de las decisiones sobre proveedores de tecnología 5G, inteligencia artificial y semiconductores exige una planificación capaz de gestionar adecuadamente la transición hacia un mejor posicionamiento tecnológico del bloque europeo.

En cuanto al capital humano especializado, la contratación de expertos en TIC plantea un desafío que atraviesa las tres redes tecnológicas analizadas. Las estimaciones prevén una escasez de hasta 900.000 profesionales de la tecnología de la información y las comunicaciones. Por lo tanto, la educación y el desarrollo de aptitudes y «*hacer de la educación un producto específico para todos los proyectos de la UE*» son pilares fundamentales de la estrategia de la UE para la transformación digital de la sociedad y

85 CHAFFIN, Z. Sans Huawei, la 5G coûtera très cher aux opérateurs, *Le Monde* 7/06/2019. Disponible en: https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/06/07/sans-huawei-la-5g-couterait-tres-cher-aux-operateurs_5473150_3234.html (fecha de consulta 12/07/2020).

86 The Economic Times (14/07/2020). Huawei's biggest competitors, Ericsson, Nokia say ready to step in after UK ban. Disponible en: <https://economictimes.indiatimes.com/news/international/business/huaweis-biggest-competitors-ericsson-nokia-say-ready-to-step-in-after-uk-5g-huawei-ban/articleshow/76964711.cms> (fecha de consulta 1/08/2020); The Economist (16/07/2020). America's war on Huawei nears its endgame. Disponible en: <https://www.economist.com/briefing/2020/07/16/americas-war-on-huawei-nears-its-endgame?frsc=dg%7Ce> (fecha de consulta 24/07/2020).

como parte de la estrategia del mercado único digital. El déficit crece; en 2018, el 9% de las empresas de la UE contrató o intentó contratar especialistas y el 58% manifestó dificultades para cubrir las vacantes -en 2011 había sido el 40%⁸⁷.

La economía basada en la información y la competición tecnológica implícita se están convirtiendo en factores críticos en la futura relación EE.UU.-UE. En efecto, el fortalecimiento de la «soberanía digital» europea le apartaría de China, pero su expansión entrará en competencia con las empresas norteamericanas.

Esta confrontación entre EE.UU. y la UE se observa, por ejemplo, en el sector de «computación en la nube» («cloud computing»). En este ámbito, una vez que la integración de las redes 5G e IoT se complete y el uso de algoritmos de IA se generalice, la capacidad de absorber datos de los usuarios por parte de las empresas estadounidenses y chinas se acelerará. Esto a su vez va a resultar en algoritmos más precisos que transforman los insumos en productos de datos con mayor valor añadido. Estos datos residirán en servidores situados fuera de la UE si no se crean campeones europeos alrededor de servicios en la nube promovidos desde Europa.

La ubicación del almacenamiento y la propiedad de los datos figura entre las preocupaciones de Europa⁸⁸. En una época en la cual han cobrado una valorización creciente, las implicaciones en términos de protección y seguridad en relación con su potencial impacto económico es una cuestión distinta pero indudablemente vinculada.

En lo concerniente a la red de semiconductores y circuitos integrados menores de 7nm, la centralidad que ocupa dentro de las arquitecturas informáticas y los equipos 5G lo constituyen en el «objetivo simbólico en el camino hacia la soberanía tecnológica de Europa». Esta idea es la que expresó el expresidente eslovaco Andrej Kiska (2014-2019) al reclamar la necesidad de que las redes 5G queden «en manos de los europeos». Su relevancia estratégica también se extiende hacia la Inteligencia Artificial⁸⁹.

Este movimiento estratégico de la UE hacia una soberanía tecnológica europea implica superar las carencias existentes en términos de capital humano que reflejan un persistente y creciente déficit en áreas científicas y tecnológicas como se ha señalado. En todo caso, aunque un especialista en inteligencia artificial o un científico de datos deba tener competencias específicas, la transversalidad entre los perfiles requeridos por

87 Este fenómeno no es exclusivo de los EEMM menos innovadores como Rumania, donde sólo el 3% de las empresas contrató o intentó contratar ese año, aunque el 90% de ellas tuvo problemas. La situación se repite en la República Checa (80%), Austria (74%) y Suecia (72%). Según Eurostat, el escenario inverso ocurrió en España (27%) y Grecia (38%) (Eurostat 'Hard-to-fill ICT vacancies'). Fabrowsky, J. (2019). IPCEI on Microelectronics - a strong European Microelectronics industry for the digital future in Europe. https://www.ipcei-me.eu/wp-content/uploads/2020/06/191119_Helsinki_IPCEI_Fabrowsky_final_150dpi_ST-1-1.pdf (fecha de consulta 26/06/2020).

88 Los proveedores de infraestructuras para la computación en la nube no pertenecientes a la UE representan al presente alrededor del 80% del mercado mundial.

89 ALBRYCHT, I. & ŚWIĄTKOWSKA, J. (2019). The future of 5G or Quo Vadis, Europe? Kosciuszko Institute, Policy Brief.

las tres tecnologías y las redes que integran analizadas, es evidente. En una sociedad profundamente digitalizada, estos perfiles especialista se necesitan en multitud de sectores.

Europa no puede pretender cubrir sus necesidades de circuitos integrados con fabricación propia; seguirá dependiendo de otros proveedores externos⁹⁰. Aun así, conseguir un nivel europeo de producción de circuitos integrados que alcance un porcentaje superior al 20% de sus necesidades, acompañado de la capacidad de plena de integración de sistemas, y atender a las necesidades derivadas de recursos humanos que permitan asegurar la plena capacidad de diseño avanzado, constituirá un elemento fundamental de la soberanía tecnológica posible.

Ese objetivo, analizado desde aproximaciones que ponderen otros factores diferentes al económico, permite inferir que las empresas europeas estimularán importaciones y puestos de trabajo, pero, más importante aún, en función de las características transversales de esta tecnología, constituirá una suerte de *reserva estratégica europea* que permita incrementar los volúmenes de producción en caso de necesidad⁹¹. En el sector de semiconductores se trata de correlacionar la relevancia de esta tecnología para las capacidades innovadoras de la UE, con las características y dinámicas de la base industrial instalada y el impacto potencial de una interrupción de suministros.

Conclusiones

Mantener la supremacía tecnológica de un país o región geográfica en sectores clave durante periodos prolongados de tiempo mes supone un desafío múltiple; no únicamente por la inevitable obsolescencia tecnológica en la que se basa esa supremacía (más tarde o más temprano serán sustituidas por otras), sino por el creciente flujo de conocimiento tecnológico tácito y explícito que existe entre países y cuya protección se ha convertido en un factor clave en las estrategias institucionales y nacionales. Por ello, es esencial incrementar el esfuerzo en capacidades de desarrollo de tecnologías emergentes (con bajos niveles de madurez tecnológica) que permita, en un momento dado, acelerar el desarrollo realizando un esfuerzo económico superior y asignando un mayor número de recursos humanos. Se trata de asegurar los «*almacenamientos estratégicos de capacidades en tecnologías emergentes clave*» no solo a nivel nacional sino, en lo posible, supranacional, como es el caso de la UE.

90 Como referencia, en el caso de Estados Unidos mientras que cerca de la mitad de toda la capacidad de fabricación de su industria de semiconductores tiene su base en su propio territorio y se extiende por 18 estados, la fabricación nacional solo representa el 12,5% del total de la fabricación de semiconductores instalados.

91 Lógica similar a la que motivó, en el caso del petróleo, la decisión de establecer una reserva permanente a la cual apelar en caso forzoso.

Actualmente, el desarrollo de tecnologías emergentes requiere un continuo intercambio de información entre investigadores de todo el mundo; más que nunca, es un proceso en el que los avances se logran subiéndose «a hombros de gigantes» para ver más lejos, como así ha ocurrido en el desarrollo científico y tecnológico a lo largo de la historia. En los niveles inferiores de madurez tecnológica el recurso a las comunicaciones científicas abiertas (publicaciones, congresos, seminarios, etc.) constituye un elemento clave para la difusión de las ideas y su contraste entre pares (investigadores en el dominio científico correspondiente) en un modelo de ciencia abierta que la UE está impulsando y que seguirá en el futuro; pero obliga también a disponer de infraestructuras científicas y tecnológicas, recursos humanos suficientes y una capacidad de asumir riesgos tecnológicos por parte del Estado asumiendo un papel «emprendedor» en el sentido expuesto por Mariana Mazzucato⁹², utilizado ahora como elemento clave en la renovación de la política tecnológica de la UE.

Muy posiblemente, reducir la dependencia tecnológica en un área puede implicar no mejorar en otras. Al fin y al cabo, los recursos humanos y materiales son limitados, y las relaciones internacionales exigen contraprestaciones. Lo que sí ocurrirá es que esta discusión se ha convertido en sí misma en un elemento clave de la definición de la política tecnológica e industrial de todos los países. El objetivo estratégico es evitar dependencias unilaterales en tecnologías clasificadas como críticas por su relevancia desde determinadas perspectivas socioeconómicas y de seguridad.

Tan importante como complejo es determinar la criticidad cuando se trata de tecnologías habilitadoras ampliamente difundidas o tecnologías emergentes cuyo desarrollo y relevancia futura se encuentra indefectiblemente asociado a incertidumbre; para eso, es necesaria una estrategia de preservación de opciones que integre el desarrollo y el mantenimiento de capacidades propias con asociaciones estables sin limitaciones que reduzca y mutualice el riesgo de desarrollo tecnológico.

En virtud del volumen y tipo de importaciones -desde materias primas críticas hasta componentes y equipos- la UE está expuesta a interdependencias asimétricas desfavorables, más allá de las causas que las originen. Planteado de otra manera, las perturbaciones en las cadenas globales pueden ser deliberadas o como efecto colateral de situaciones exógenas, pero en cualquier caso existirá perjuicio. Desde una dimensión temporal, la caracterización y valoración entre los cuellos de botella en la provisión a corto plazo de las dependencias estructurales es un punto esencial para la toma de decisiones⁹³.

Lejos de constituir un ejercicio intelectual sin anclaje empírico, el horizonte está atravesado por la incertidumbre, en el cual las novedades más significativas se centran en procesos estrechamente interrelacionados. Por un lado, el incremento exponencial

92 Mariana Mazzucatto, *El estado emprendedor. Mitos del sector público frente al privado*. Ed. RBA 2019 (versión original por Anthem Press, 2014). ISBN 978-84-9187-277-1.

93 Edler et al., 2020

de la tasa de cambio tecnológico en sectores con potencialidades disruptivas⁹⁴. Por el otro, las dinámicas derivadas de ese proceso exceden la competencia comercial y no pueden disociarse de la redefinición de los equilibrios entre las potencias mundiales⁹⁵.

Las previsiones indican que los desarrollos en comunicaciones móviles, circuitos integrados avanzados de la mano de la nanoelectrónica y la inteligencia artificial serán parte de un conjunto más amplio de sectores que transformarán el patrón de las operaciones de los sectores público y privado⁹⁶. Por ello, aunque estas tecnologías poseen características individuales, su carácter transversal configura su mayor potencialidad en tanto todas son tecnologías habilitadoras. Dicho de otra manera, no son los atributos de cada una en sí misma sino su combinación para modernizar la economía lo que proyecta sus rasgos innovadores con mayor impacto. Esto no comprende únicamente la tecnología básica sino también los activos complementarios -habilidades, datos, diseño de productos y capital organizativo-.

La batalla (tecnológica) por el control de las tecnologías emergentes consideradas claves continuará en el futuro entre las grandes potencias en un mundo multipolar como el actual en el que los efectos pueden verse a diez años vista. El futuro tecnológico se construye sobre las inversiones presentes en tecnologías emergentes. De forma aún más intensa esta batalla provoca y está provocada por una aceleración del proceso de desarrollo de esas tecnologías y, al mismo, tiempo, por una reducción del ciclo de vida útil de los sistemas desarrollados con la misma. Las decisiones de carácter tecnológico de gobiernos, empresas e instituciones serán más frecuentes en el futuro; las veremos cada vez más presentes en las agendas de los organismos en los que se adoptan decisiones políticas, económicas y de defensa y seguridad.

Centrándonos en la UE, el conjunto de posibles escenarios futuros que se abre para la UE con el desarrollo de tecnologías emergentes se incrementa. En la formulación de escenarios futuros plausibles la dimensión tecnológica influye, no solo debido a la información objetiva que lo alimenta, sino también por la percepción y el deseo como ciudadano de asegurar un uso racional de la tecnología en un contexto estable de relaciones internacionales en el que la UE ya no puede imponer.

94 World Economic Forum – WEF (2019). Top 10 Emerging Technologies 2019. Disponible en: <https://es.weforum.org/reports/top-10-emerging-technologies-2019> (fecha de consulta 08/06/2020); Tuck, C. (2018). The future of land operations: The role and challenges of technology, Revista de Ciencias Militares Vol. VI, Nº 2, Centro de Investigação e desenvolvimento, Instituto Universitário Militar, Lisboa, Portugal.

95 GACHO CARMONA, I. La Unión Europea frente al ascenso de China como potencia tecnológica: el caso del 5G. Documento de Opinión IEEE 23/2020. http://www.ieee.es/contenido/noticias/2020/03/DIEEEO23_2020ISAGAC_5G.html (fecha de consulta 27/03/2020); Petricevic, O. & Teece, D. J. (2019). The structural reshaping of globalization: Implications for strategic sectors, profiting from innovation, and the multinational enterprise. Journal of International Business Studies.

96 DUTTON, T. An Overview of National AI Strategies, Disponible en: <https://medium.com/politics-ai/an-overview-of-national-ai-strategies-2a70ec6edfd> (fecha de consulta 07/10/2020.)

En este panorama la UE debe realizar un esfuerzo para lograr un grado de soberanía tecnológica suficiente que le permita reequilibrar sus relaciones tecnológicas con otros países en un contexto de interdependencia, y disponer, asimismo, de una reserva estratégica de capacidades, recursos y mercados que le permita, si fuera necesario, incrementar su posición a corto plazo. Las tecnologías emergentes prometen avances significativos en un amplio abanico de áreas. Con todo, la constante competición por mantenerse en la vanguardia respecto a las tecnologías de interés de la defensa y seguridad solo es posible a partir de una estructura científica-tecnológica-productiva capaz de sostener los procesos inherentes durante periodos prolongados.

La relevancia que se está dando a un ámbito como es la «*diplomacia científica y tecnológica*», hasta hace muy poco reservada al ámbito diplomático tradicional, demuestra el valor que se presta a la tecnología como factor clave en las relaciones internacionales. El análisis realizado en este documento para 5G, IA y circuitos integrados señala las limitaciones, y también las posibilidades para la UE en un contexto muy cambiante.

La mejor alternativa para Europa -tal vez su única opción- es fortalecer la integración del mercado único y el posicionamiento como bloque para competir en el escenario global incrementando la relevancia de la ciencia y la tecnología en la configuración de las relaciones internacionales. Las respuestas nacionales no solo son insuficientes, sino que pueden ser contraproducentes. El futuro de la UE está por construir, y es una labor colectiva.

