

DISCURSO DE INGRESO

Soberanía e interdependencias tecnológicas en el contexto geopolítico: hacia una gobernanza tecnológica inteligente*

Technological sovereignty and interdependences in the geopolitical context: towards an intelligent technology governance

Gonzalo León Serrano**

Académico Correspondiente de la Sección de Ingeniería de la Real Academia de Doctores de España
gonzalo.leon@upm.es

RESUMEN

Disponer de una gobernanza tecnológica inteligente en un contexto geopolítico inestable y de confrontación es un factor esencial para asegurar su correcto desarrollo y uso, y proteger al ciudadano en un mundo con crecientes interdependencias. La gobernanza tecnológica está relacionada con el concepto de “soberanía tecnológica” ligado a conseguir la máxima capacidad de decisión industrial, comercial y militar en determinadas tecnologías sin depender (excesivamente) de otros países.

La relevancia de las tecnologías consideradas “habilitadoras” hace que su gobernanza se haya convertido en un campo de batalla entre grandes potencias. Es el caso de la tecnología de semiconductores cuya relevancia geopolítica está motivada por la concentración de capacidades en pocos países y empresas, por las grandes inversiones necesarias y por la gestión de largas cadenas de provisión. Su conjunción con la inteligencia artificial para disponer de chips específicos es otro factor crucial añadido.

Muchos países desarrollados han creado programas nacionales con grandes subvenciones para incrementar sus capacidades de fabricación y crear ecosistemas innovadores en semiconductores como forma de reducir su debilidad actual. Además, el acceso a semiconductores de potencial utilidad militar ha derivado en restricciones de acceso impuestas por Estados Unidos y otros países occidentales a China o a Rusia, evitar su acceso a tecnología puntera y reducir su competitividad. Sus consecuencias se dejan notar en un mercado internacional menos global y fragmentado.

El artículo razona sobre el marco de gobernanza tecnológica en tres planos de discusión no disjuntos. El plano tecnológico, en el que se desarrollan normas técnicas y el uso de “ciencia abierta”; el plano legislativo y regulatorio que establece la forma de usar la tecnología en la sociedad; y el plano geopolítico en el que el énfasis se sitúa en cómo la tecnología es utilizada por los países para mejorar su posicionamiento global.

Este es el contexto en el que la UE debe reafirmar su soberanía tecnológica y contribuir a una gobernanza de la tecnología eficaz y basada en un conjunto de principios y valores compartidos para lo que deberé pensar en profundas reformas.

PALABRAS CLAVE: Geopolítica; globalización; soberanía tecnológica; gobernanza tecnológica inteligente; dimensión ética; marco de actuación; reforma de la UE.

* Discurso pronunciado por el Dr. D. Gonzalo León Serrano en su Toma de Posesión como Académico Correspondiente de la Real Academia de Doctores de España el día 30-11-2022.

** Catedrático de Ingeniería de Sistemas Telemáticos. Profesor emérito de la Universidad Politécnica de Madrid

ABSTRACT

The setting-up of a smart technological governance in an unstable and conflictive geopolitical context is an essential factor to ensure its correct development and use, and to protect citizens in a world with increasing interdependencies. Technological governance is related to the concept of "technological sovereignty" related to achieving maximum industrial, commercial, and military decision-making capacity in certain technologies without (excessively) depending on other countries.

The relevance of "enabling" technologies means that their governance has become a battlefield between great powers. This is the case of semiconductor technology whose geopolitical relevance is motivated by the concentration of capacities in a few countries and companies, by the necessary large investments, and by the management of long supply chains. Its conjunction with artificial intelligence to develop specific chips is another crucial factor added.

Many developed countries have created national programs with large subsidies to increase their manufacturing capacities and create innovative semiconductor ecosystems to reduce their current weakness. In addition, access to semiconductors with potential military use has led to access restrictions imposed by the United States and other Western countries on China or Russia to prevent their access to cutting-edge technology and reduce their competitiveness. Its consequences are felt in a less global and fragmented international market.

The article reasons about the framework of the governance of the technology in three non-disjoint levels of discussion. The technological level, in which technical standards and the use of "open science" are developed; the legislative and regulatory level that establishes how to use technology in society; and the geopolitical level in which the emphasis is placed on how technology is used by countries to improve their global positioning.

This is the context in which the EU must reaffirm its technological sovereignty and contribute to effective technology governance based on a set of shared principles and values, for which it will have to think about far-reaching reforms.

KEYWORDS: Geopolitics; globalization; technological sovereignty; smart technology governance; ethical dimension; action framework; EU reform.

Con el comienzo del siglo XXI hemos entrado de lleno en una sociedad tecnológica, globalizada y fuertemente asimétrica en rentas y capacidades en la que el desarrollo, fabricación y acceso a productos y servicios tecnológicos está sometido a múltiples condiciones: habilidades personales, económicas, regulatorias, sociales y políticas con complejas interacciones entre gobiernos, entidades públicas y privadas, y usuarios ubicados en cualquier lugar del mundo.

Además, como signo distintivo de esta época, la complejidad inherente al desarrollo de productos y servicios tecnológicos, al mismo tiempo que la constatación de una aceleración en el ritmo de generación, madurez y convergencia de tecnologías emergentes y disruptivas, hace muy difícil que una única entidad posea en un momento dado todos los conocimientos requeridos para desarrollarlos en base a sus recursos y capacidades propias. Es necesario, por tanto, incrementar la interacción con entidades ubicadas en el mismo país o en otros, ya sea para adquirir los componentes requeridos o para cooperar con aquellas otras entidades que posean los conocimientos tecnológicos complementarios necesarios para generar nuevos productos y servicios competitivos con tecnologías avanzadas; todo ello, en un entorno de globalización imperfecta como es el actual.

Esa situación de interdependencia tecnológica creciente conduce de manera natural no solo a la necesidad de emplear modelos de innovación abierta para penetrar a tiempo y de forma competitiva en los mercados globales de productos y servicios tecnológicos, sino también a la necesidad de analizar las consecuencias y condicionantes que las interdependencias tecnológicas puedan tener en el contexto geopolítico actual en el que el conflicto y la búsqueda de la supremacía frente a otros países tienen una componente tecnológica que debe insertarse sólidamente en los procesos de toma de decisiones.

No es extraño, por ello, que tanto gobiernos como instituciones multilaterales estén prestando una atención creciente a definir e implementar una manera de controlar el desarrollo y uso de la tecnología que sea, a la vez, inteligente, eficaz, realista y flexible; requisitos que se aplican, sobre todo, a las denominadas tecnologías emergentes y disruptivas en las que se basará la superioridad futura de los países en las próximas décadas. Un marco de análisis englobado en el concepto de *“gobernanza tecnológica”*.

El contexto en el que se desenvuelve la gobernanza tecnológica dista, sin embargo, de ser estable. La evolución de la situación mundial derivada del encadenamiento de la crisis económica de 2008, la pandemia de la COVID-19 desde 2020, y la guerra entre Rusia y Ucrania desencadenada en 2022 en el este de Europa por citar tres eventos relevantes ha alterado la estabilidad de los ecosistemas tecnológicos mundiales al fragilizar la cooperación internacional, reducir la resiliencia de las rutas de suministro de materias primas, componentes, y sistemas, y generar consecuencias relevantes sobre la estructura

de los mercados tecnológicos derivados de la aplicación de sanciones y restricciones cruzadas de todo tipo.

Acontecimientos como el bloqueo del Canal de Suez en 2021 por un buque portacontenedores acumulando más de 400 buques retenidos a un lado y otro del canal con consecuencias relevantes en fábricas de muchos países, o el atentado al gasoducto NordStream 2 en el Mar del Norte en 2022 con el encarecimiento del precio del gas y reducciones en el suministro de gas a varios países son ejemplos de las dificultades de la globalización ya sea por la ocurrencia de hechos fortuitos o provocados.

Este proceso de globalización no se reduce exclusivamente al intercambio de productos físicos transportados en contenedores por rutas marítimas, terrestres y aéreas, sino que depende, en gran medida, del creciente intercambio de datos. De hecho, el flujo de datos correspondientes al uso de Internet y de múltiples aplicaciones financieras, de comercio electrónico, de redes sociales, de entretenimiento, de educación, etc., empleadas diariamente por miles de millones de usuarios de todo el mundo constituyen la columna vertebral y el “combustible” de la sociedad digital.

Este ingente flujo de comunicaciones a nivel internacional se mueve básicamente empleando múltiples cables submarinos de fibras ópticas¹ que cruzan continentes. Son cables financiados en muchos casos por empresas privadas, pero que afectan a los gobiernos. La “Ruta de la Seda Digital” puesta en marcha por China ha estado también basada en el tendido de estos cables entre muchos países creando dependencias significativas².

Hoy día, los más de 500 cables submarinos internacionales de datos que rodean el mundo se consideran una infraestructura crítica global. Una rotura de algunos de estos cables principales ya sea intencionada (p.ej. un atentado o un sabotaje) o accidental tendrá consecuencias muy graves en el funcionamiento de la economía mundial³. De hecho, por el mismo cable circula información civil y de defensa, pública y privada.

Parecería que eventos de gran impacto como los citados, denominados generalmente de “cisne negro” por usar la metáfora de Nassim Taleb⁴ referida a la sorpresa en Europa de la existencia de este tipo de cisnes cuando a finales del siglo XVII fueron traídos desde Australia, son imprevisibles y sobre los que poco se puede hacer. Personalmente, prefiero considerar al

1 También mediante redes satelitales, pero en volumen los cables submarinos son los responsables del 90% del tráfico internacional de datos.

2 He, A. (2022). The Digital Silk Road and China’s Influence on Standard Setting. Centre for International Governance Innovation. CIGI Papers No. 264 — April 2022.

3 Bueger, C., Liebetrau, T., Franken, J. (2022). Security threats to undersea communications cables and infrastructure – consequences for the EU. PE 702.557 EP/EXPO/SEDE/FWC/2019-01/LOT4/1/C/12. June 2022.

4 Nassim Taleb. El cisne negro: El impacto de lo altamente improbable. Ed. Paidós. (2011). ISBN 978-84-08-00854-5

tipo de eventos referidos anteriormente del tipo de “*rinoceronte gris*” en referencia a la metáfora empleada años más tarde por Michele Wucker en 2013, para referirse a aquellos eventos de gran impacto derivados de riesgos de alta probabilidad y gran impacto (como los ambientales o tecnológicos) que, a pesar de ser reconocidos y evaluados, se ignoran hasta que es demasiado tarde (en términos de la metáfora de Wucker, veríamos al rinoceronte pastar en la pradera, pero nos sorprendemos cuando, sin saber por qué, finalmente embiste).

No se puede negar que eventos sanitarios, medioambientales o políticos como es el riesgo a la emergencia de una pandemia vírica, las consecuencias del aumento de la temperatura global, o también la posible invasión de Ucrania por Rusia, esta última al menos desde 2014, no hayan sido identificados como riesgos posibles. Pero, en términos de teoría de sistemas, la sociedad da respuestas débiles a señales fuertes.

Situaciones como las indicadas han llevado a repensar las frágiles bases en las que la globalización se ha llevado a cabo y la necesidad de fortalecerla⁵ asumiendo que para ningún país es posible alcanzar la autarquía: todos los países requieren acceder a materiales críticos del exterior y la Unión Europea no es inmune a esa restricción⁶. Lo que sí es deseable y posible es incrementar su resiliencia.

Muchos de estos eventos de gran impacto tienen, además, una base tecnológica muy relevante sobre la que la sociedad debe actuar anticipadamente y de forma colectiva para impedir su emergencia o, al menos, para reducir su impacto en el caso de que sucedan. Ello obliga a actuar sobre las condiciones y la forma en la que la tecnología se debe y puede desarrollar y utilizar, al mismo tiempo que debemos aceptar que el contexto de desarrollo y aplicación es y será más complejo; para ello, la sociedad necesita disponer de una *gobernanza tecnológica inteligente*.

Existen muchos sectores y tecnologías que demuestran cómo las interdependencias tecnológicas han modificado los planteamientos iniciales de países o grupos de países acomodándolos a los requisitos de una sociedad globalizada y a un mundo caracterizado por una situación volátil, incierta, compleja y ambigua (factores que, en conjunto, definen un entorno denominado VUCA⁷) en el que la toma de decisiones y la anticipación al futuro

5 Sapir, A. (2022). Is globalisation really doomed? Bruegel Blog, 3 November 2022. <https://www.bruegel.org/blog-post/globalisation-really-doomed>

6 European Commission (2022a). Roadmap on critical technologies for security and defence. Communication From the Commission to The European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions. COM(2022) 61 final. Strasbourg, 15.2.2022

7 El origen del término procede de 1986 cuando el Colegio de Guerra del Ejército de los Estados Unidos decidió usar el acrónimo VUCA como una forma de caracterizar la turbulencia que enfrentarían al asumir posiciones de liderazgo cada vez más estratégicas. El concepto se ha extendido a muchas otras situaciones del mundo civil.

por parte de gobiernos e instituciones es difícil y compleja y se ven obligadas a repensar y adaptar continuamente las decisiones adoptadas.

Tecnologías ligadas al proceso de digitalización como son la de semiconductores, la inteligencia artificial o las plataformas de servicios digitales muestran claramente cómo todas las perspectivas indicadas se combinan en una feroz lucha por la supremacía ideológica y de mercado. Los países reaccionan mediante la adopción de regulaciones nacionales y compromisos internacionales que pretenden preservar valores y principios no necesariamente compartidos globalmente, e influir así en el comportamiento de millones de personas.

No es extraño tampoco que esta situación haya influido también en la actividad diplomática internacional en la que puede hablarse del fortalecimiento de una *“diplomacia científica y tecnológica”* cada vez más necesaria, focalizada en las áreas tecnológicas más relevantes a la que los países más avanzados dedican esfuerzos crecientes como parte del ejercicio de su poder e influencia en el mundo.

En las páginas que siguen desbrozaré la forma en la que esta *gobernanza tecnológica inteligente* toma forma al comienzo del siglo XXI. Comenzaré partiendo de las razones que la justifican, analizando sus ingredientes básicos, y profundizando en la forma en la que influye y se ve influida por consideraciones geopolíticas. El calificativo de *“inteligente”* aplicado a la gobernanza tecnológica pretende subrayar la necesidad de que los instrumentos de gobernanza empleados sepan combinar la protección en el uso de tecnologías emergentes con el impulso a la innovación, y la realidad de los condicionantes geopolíticos pensando en los beneficios para el ciudadano.

Ese análisis permitirá establecer las condiciones en las que la gobernanza tecnológica podrá llevarse a cabo de forma eficiente desde la perspectiva de la Unión Europea (UE), y cuáles son los desafíos a los que debe hacer frente para que en la próxima década siga siendo un jugador clave frente a otras grandes potencias tecnológicas como China o Estados Unidos. Coincido aquí en el deseo y el reto de que la UE debe ser *“un jugador y no un campo de juego de otros”* como decía hace poco Charles Michel, presidente del Consejo Europeo.

GOBERNANZA TECNOLÓGICA

El planteamiento presentado en la sección previa parte de una premisa supuestamente aceptada universalmente: el reconocimiento de que el desarrollo tecnológico debe ser *“gobernado”* por administraciones nacionales e instituciones multilaterales para que sea eficaz y cumpla sus fines previstos protegiendo al ciudadano de consecuencias inadecuadas de su uso,

al mismo tiempo que fomente y no impida el proceso de innovación alentando el desarrollo de tecnologías emergentes con soluciones disruptivas frente a los retos globales actuales.

Expresado de manera más simple: el desarrollo y uso de la tecnología es demasiado importante en la sociedad actual como para asumir la suficiencia de una autorregulación por parte de los propios actores implicados.

La gobernanza tecnológica se configura, por tanto, como un concepto ligado al uso correcto de bienes y servicios generados por la tecnología en una sociedad. Más concretamente, la OCDE define la gobernanza tecnológica como *“el proceso de ejercer la autoridad política, económica y administrativa en el desarrollo, difusión y operación de la tecnología en las sociedades.... En su más amplio sentido, representa la suma de las muchas formas en las que individuos y organizaciones conforman la tecnología y cómo, en sentido inverso, la tecnología conforma el orden social”*.

Desde el punto de vista gubernamental la gobernanza tecnológica se relaciona estrechamente con el denominado *“principio de precaución”* utilizado por las administraciones públicas para asegurar que un nuevo tipo de producto o servicio tecnológico pueda ser comercializado en un espacio geográfico y durante un tiempo determinado sin generar problemas a las personas o al medio ambiente, así como extender su uso mediante la adopción de estándares o normas técnicas acordadas para asegurar su interoperabilidad con otros productos o componentes comercializados como base para la consolidación de mercados tecnológicos globales.

Actualmente, el interés sobre la gobernanza tecnológica también incluye el interés de delimitar el riesgo del producto a abordar también en su proceso de generación desde las etapas iniciales. Con ello, se pretende incluir en la gobernanza tecnológica temas como la justificación de la conveniencia de financiar una determinada tecnología, el acceso a la información necesaria y la anticipación de riesgos potenciales; elementos clave si la sociedad desea evitar consecuencias indeseadas de tecnologías que no deberían haberse generado, o, al menos, no de esa manera. Los casos concretos de las consecuencias de un uso no bien gobernado de la inteligencia artificial (IA), de los sistemas autónomos o del aumento de capacidades humanas están en discusión.

A esta visión, construida desde la perspectiva de la reducción de los riesgos al ciudadano, pero también de los riesgos medioambientales y de la preservación de la biodiversidad que puede suponer el uso de una nueva tecnología en una sociedad, visión muy asentada en el dominio de la medicina o de los productos químicos o alimentarios, se ha sumado también la necesidad de incorporar una *perspectiva ética de la tecnología* que permita asegurar la satisfacción de principios y valores comunes del ser humano en su desarrollo y uso.

Enuncio algunos ámbitos concretos relacionados con el desarrollo y uso de la tecnología en forma de pregunta para clarificar su relevancia: ¿tenemos derecho como especie humana a la mejora tecnológica permanente de nuestras capacidades físicas y mentales?, ¿debemos desarrollar tecnologías para la modificación del clima mediante la denominada geoingeniería como plan alternativo a la reducción de gases de efecto invernadero?, ¿en qué condiciones y cómo? En el momento actual se trata de tecnologías inmaduras con impactos potenciales muy relevantes que afectarían al conjunto de la humanidad, pero que aún no conocemos plenamente.

Sin embargo, adoptar simplemente una actitud conservadora tendente a impedir el desarrollo y, sobre todo, el uso de tecnologías emergentes limitará el proceso innovador y, cuando el rinoceronte gris corra hacia nosotros, no estaremos preparados. Aplicado retroactivamente, si se hubiese empleado ese enfoque no se hubiera desarrollado ninguna tecnología en la forma en la que hoy usamos de manera habitual; entonces: ¿cuál es el equilibrio deseable entre la eliminación de los riesgos tecnológicos y el proceso de innovación? En un mundo globalizado ¿qué ocurriría si algunos países no pusieran trabas a su desarrollo y otros sí lo hicieran? ¿se requiere alcanzar un consenso a nivel internacional? ¿a quién compete lograrlo?

La dimensión ética de la gobernanza de la tecnología incorpora un conjunto de condiciones para su desarrollo y uso basado en su alineamiento con un conjunto compartido de principios y valores que aseguren el uso apropiado de la tecnología desde el punto de vista de la cohesión social de la sociedad. Si bien puede estarse de acuerdo en los principios generales, su aplicación real en el desarrollo normativo dista de ser consensuado porque su elaboración e interpretación se hace en contextos culturales, sociales y políticos muy diferentes entre conjuntos de países con sociedades diversas.

Un dominio clásico de aplicación de la gobernanza tecnológica que ha facilitado el desarrollo y la expansión de nuevas tecnologías en muchos países ha sido el establecimiento de normas (estándares) acordadas internacionalmente que permitan a los fabricantes desarrollar sus productos sabiendo que, si satisfacen las especificaciones técnicas de la norma, podrán ser aceptados y comercializados en múltiples países, con las consiguientes ventajas derivadas de volúmenes elevados de producción o de su rápida expansión para proporcionar servicios a millones de usuarios en todo el mundo.

El proceso de normalización (o estandarización) parecería tratarse exclusivamente de una actividad técnica en búsqueda de las mejores especificaciones genéricas de la aplicación de una tecnología para que empresas de múltiples sectores fuesen capaces de desarrollar posteriormente sistemas compatibles e interoperables en un mercado global. Muchas de las

tecnologías consolidadas actualmente se rigen en su uso por normas aceptadas internacionalmente, aunque de manera imperfecta⁸.

Este es el contexto de los denominados estándares (o normas) “*de iure*” en el que operan diversos organismos internacionales de normalización. En ámbitos como el químico, el industrial, el eléctrico o el de las tecnologías de información y las comunicaciones, estos organismos presentan una larga trayectoria de éxitos durante décadas en las que se ha ido consolidando un mercado tecnológico internacional interoperable.

A ellos se han sumado otras veces estándares propuestos por grandes empresas, o asociaciones u organizaciones industriales, buscando la aceptación “*de facto*” de sus propias soluciones a nivel internacional fundamentado por la calidad y cuota de mercado de sus productos. En ellos, es la realidad de los hechos y no los acuerdos adoptados en un organismo internacional la que ha servido de base para expandir una determinada solución tecnológica en los mercados⁹.

Obviamente, esta visión, muy ligada a los intereses de países que albergan grandes empresas multinacionales, históricamente en gran parte con base en Estados Unidos o Europa, ha obligado a su adopción por muchas pequeñas y medianas empresas que forman parte de su cadena de valor; situación que refleja también una posición estratégica de los gobiernos occidentales que basaban en el fortalecimiento de grandes empresas nacionales buena parte de su supremacía tecnológica mundial.

Independientemente de su valía científica y técnica a nivel personal, no discutible, la estrategia de copar los organismos internacionales de normalización con personas procedentes de las grandes empresas tecnológicas, en muchos casos muy ligadas o apoyadas por los gobiernos de sus matrices, ha sido un elemento clave para favorecer la supremacía tecnológica de Estados Unidos, y en mucha menor medida, de la UE durante mucho tiempo. Conseguir que un estándar internacional refleje la solución procedente de una empresa concreta confiere a ésta una ventaja competitiva frente a otras que deberán

⁸ Baste para entender esta imperfección prestar atención a una tecnología consolidada como es la distribución de energía eléctrica en los hogares. Tras más de un siglo, coexisten distintas frecuencias de red en la distribución de corriente alterna (50 Hz o 60 Hz dependiendo del país), y una larga variedad de tipología de los enchufes empleados en todo el mundo. Simplemente, ya se ha llegado tarde para resolver el problema. Incluso, en el caso de productos tecnológicos más recientes como son los cargadores de teléfonos móviles nos encontramos con una situación de diversidad similar y costosa que la UE desea canalizar con una regulación que obligue a los fabricantes a emplear un único sistema en un par de años.

⁹ En algunos casos, se ha producido un acercamiento o convergencia entre los estándares de facto y de iure, haciendo que algunos de los primeros acaben siendo, en la mayor parte de su contenido, incorporados finalmente en estándares adoptados por los organismos internacionales.

adaptar sus productos o procesos con costes y retrasos significativos para poder entrar en el mercado internacional¹⁰.

Era evidente que, tarde o temprano, otras grandes potencias tecnológicas iban a reaccionar provocando que la pertenencia a estos órganos haya entrado también en la dinámica de la confrontación geopolítica internacional¹¹... mientras que las grandes empresas tecnológicas radicadas en esos países aceleran el desarrollo de sistemas acordes con futuros estándares.

La relevancia geopolítica de este problema se ha puesto de manifiesto con la voluntad de China de incrementar su presencia en los organismos internacionales de normalización que definen la forma en la que las nuevas normas sobre tecnologías emergentes serán aprobadas y expandidas en todo el mundo. Con ello, China como nueva potencia tecnológica pretende anticipar normas técnicas que preparen o faciliten su mayor influencia en el futuro.

El aspecto novedoso que aparece en la discusión sobre los estándares internacionales es la confrontación con un nuevo conjunto de valores diferentes del habitualmente ligado a las denominadas democracias liberales. Los ganadores son los que determinarán la forma en la que las tecnologías emergentes de hoy serán utilizadas mañana como tecnologías maduras por el conjunto de la sociedad.

La batalla se ha desencadenado ya hace años con fuerza en el ámbito de las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC). En la medida en la que la digitalización ha penetrado tan profundamente en todos los aspectos de la sociedad, es difícil separar las especificaciones técnicas de los principios y valores subyacentes. Las implicaciones técnicas, económicas y sociales de los estándares digitales representan un enfoque estratégico alineado con el alcance geopolítico de los mismos, colocándolos en el centro de gravedad de las estructuras de gobernanza de las tecnologías emergentes^{12 13}.

Un ámbito concreto de las TIC en el que la discusión en torno a la gobernanza tecnológica ha alcanzado cierta virulencia es el que se ha venido en denominar la *“gobernanza de Internet”*. En ella, se contraponen una visión orientada al mercado con pocas reglas, pero condicionada por la seguridad nacional, preconizada por Estados Unidos, con otra basada

10 Gualtieri, F. (2019). Regulate to Dominate: The Geopolitics of Standard-Setting in Digital Technologies and its Strategic Implications for the EU. Policy Brief. No.8. UNU.CRIS. Institute on Comparative Regional Integration Studies. United Nations University. 2019.

11 La situación no es conceptualmente distinta de la producida en otros foros u organismos multilaterales alejados de la tecnología, como ocurre en muchas de las discusiones en el seno de las Naciones Unidas.

12 Sophie Faaborg-Andersen Lindsay Temes. The Geopolitics of Digital Standards Separating Hype from Reality. Belfer Center for Science and Technology Affairs. Harvard Kennedy School. Julio 2022.

13 Faaborg-Andersen, S. and Temes, L. (2021). The Geopolitics of Digital Standards. Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School. Julio 2022. <https://www.belfercenter.org/publication/geopolitics-digital-standards>

en enfatizar la protección al ciudadano mediante un conjunto de reglas cohesionadas, preconizada por la Unión Europea, y con otra que es la adoptada por China en la que el Estado asume mayores responsabilidades y se convierte en el vigilante del uso de Internet como herramienta para la estabilidad y cohesión del Estado eliminando interferencias internas y externas a sus objetivos¹⁴.

Tras estas diferentes visiones emerge no solo la necesidad de acordar la mejor gobernanza técnica de Internet sino la incorporación de una dimensión más dentro de la confrontación política e ideológica internacional en la que todos los países con relevancia en la tecnología verán necesario posicionarse atendiendo a principios y valores aceptados mayoritariamente por su sociedad¹⁵.

La visión general preconizada por China en su reciente documento estratégico “*China Standards 2035*” (octubre de 2021) va más allá de una visión limitada a un ámbito técnico para el correcto uso de unas tecnologías. Se trata de establecer la agenda de normas que configuren la próxima década alineando estas normas con las visiones e intereses de los países que participan en la nueva *Ruta de la Seda* promovida por China (*Belt and Road Initiative*, BRI) y fortalecer el diálogo sobre nuevos estándares entre los países denominados BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica). La alineación con los objetivos de iniciativas regionales podría facilitar que la tecnología china se convierta, más o menos voluntariamente, en el estándar *de facto* en los países que emprenden proyectos financiados en el contexto de BRI.

Es pronto para conocer si este enfoque geopolítico de la gobernanza tecnológica conllevará una traslación de la política de bloques al ámbito tecnológico¹⁶, pero, en mi opinión, es una señal más de la incipiente “*Guerra Fría Tecnológica 2.0*” a la que nos acercamos, y cuyas consecuencias apenas vislumbramos en la actualidad.

Para entender cómo se implementa la gobernanza tecnológica es necesario comprender que los mecanismos habituales de gobernanza sobre una determinada tecnología suelen tener dos limitaciones básicas. Por un lado, se trata de un *enfoque reactivo*, en el que se desarrolla y establece una normativa cuando los problemas de una determinada tecnología están sobre el terreno y los ciudadanos reclaman a los poderes públicos una

14 Teleanu, S. (2021). The geopolitics of digital standards: China’s role in standard-setting organisations Published by DiploFoundation/Geneva Internet Platform and Multilateral Dialogue Konrad Adenauer Foundation Geneva.

15 Filippo Gualtierio Blancato. Regulate to Dominate: The Geopolitics of Standard-Setting in Digital Technologies and its Strategic Implications for the EU. Policy Brief. No. 8. 2019. United Nations University Institute on Comparative Regional Integration Studies, 2019.

16 Ya lo ha hecho claramente en el ámbito comercial con sanciones y contra-sanciones entre las grandes potencias como demuestra el caso de los componentes para el sistema de comunicaciones móviles 5G entre China y Estados Unidos, seguidos por posiciones alineadas con algunos de ellos por otros países situados en la órbita de los primeros.

“solución” inmediata; por otro lado, se aplica desde un *enfoque competencial*, en el que los órganos gubernamentales responsables de la definición de un marco regulatorio tienen una potestad normativa limitada geográficamente, en muchas ocasiones, al territorio de un único país¹⁷.

Esta doble limitación, temporal y geográfica, ha impulsado diversos intentos de buscar una *“gobernanza anticipatoria”* que extienda su periodo de eficacia, y procurar un ámbito geográfico de aplicación mayor mediante consensos internacionales que impliquen asumir en su uso un conjunto de valores comunes. En definitiva, el objetivo es ser capaces de establecer una *“gobernanza tecnológica inteligente”*.

La idea que subyace tras el concepto de gobernanza anticipatoria es proporcionar una oportunidad para trabajar de la manera más productiva y pragmática posible dentro de los límites del llamado dilema de Collingridge¹⁸ mediante la creación de tres capacidades: *anticipación o previsión* sobre la necesidad de regular la tecnología cuando aún no está madura, *integración multidisciplinar* para entender su interacción con otras tecnologías en diversos dominios, y *extensión de la participación pública* para escuchar a todos los actores y crear un clima propicio a la aceptación generalizada de la estructura de gobernanza que se acuerde, y de las decisiones que emanen de ella.

La gobernanza anticipatoria no sucede únicamente en el seno de instituciones gubernamentales formalmente constituidas, sino que también debe tener lugar en la sociedad través de la interacción de los usuarios de todas las edades y condiciones con las nuevas tecnologías y a través de los objetivos y opciones que los investigadores toman en los centros de investigación. Se trata de asegurar un diálogo permanente entre la tecnología y la sociedad que permita anticipar y reducir riesgos.

Debemos ser conscientes de que no es posible incluir en una normativa aspectos que dependen de una predicción segura sobre la evolución futura de una innovación tecnológica, sino más bien, anticipar preguntas sobre futuros plausibles para que se pueda actuar hoy y ayudar con ello a conformar el tipo de escenarios futuros deseados¹⁹.

17 También puede ser de un grupo de países, entre los que exista un vínculo jurídico de competencias compartidas, como es el caso de los estados miembros de la Unión Europea.

18 El llamado dilema de Collingridge enunciado en 1980 por David Collingridge sostiene que, al principio del proceso de innovación, cuando las intervenciones y las correcciones de rumbo aún pueden resultar fáciles y baratas, la consecuencia de la tecnología y, por lo tanto, la necesidad de cambio podría no ser completamente evidente. Por el contrario, cuando la necesidad de intervención se hace evidente, cambiar de rumbo puede llegar a ser muy costoso, difícil y lento. *The Social Control of Technology* (New York: St. Martin's Press; London: Pinter) ISBN 0-132-73168-X. 1980.

19 Un ejemplo de esta discusión sobre el futuro y la necesidad de analizar posibles escenarios futuros se ha planteado en la convergencia entre la robótica y la inteligencia artificial. No se trata de imaginar las capacidades de futuros robots inteligentes en los próximos diez años, sino de concebir el tipo de gobernanza robótica que es necesario acordar e implementarla de forma tal que se proteja al usuario y no se inhiba la innovación durante los procesos de desarrollo.

El dominio actual de la reflexión sobre la “*gobernanza tecnológica inteligente*” empieza antes y es más amplio y profundo de lo que ha sido habitual en el pasado. La gobernanza tecnológica necesaria debe ser capaz de adaptarse a una realidad que evoluciona rápidamente lo que choca con la lentitud de los procesos legislativos característicos de las sociedades democráticas. Tras ella se esconde la definición de las reglas de juego de la sociedad tecnológica del futuro.

El informe que presenta anualmente el Foro Económico Mundial (*World Economic Forum, WEF*) sobre la gobernanza tecnológica repasa esta situación fragmentada en un conjunto de tecnologías emergentes señalando en 2021 lo que, a su juicio, son las “*brechas de gobernanza*” actuales. Estas brechas se agrupan según el WEF en 1) regulación inexistente o limitada, 2) efectos adversos de las tecnologías por un uso inadecuado o no pretendido, 3) responsabilidad y rendición de cuentas, 4) privacidad y compartición de datos, 5) ciberseguridad y otros factores de seguridad, 6) supervisión humana, y 7) inconsistencias fronterizas y restricciones al flujo de información. La relevancia de cada una de estas siete brechas es diferente en función de cada tecnología considerada y la percepción de la sociedad en las que se apliquen.

Muchos países, incluyendo la UE, han asumido colectivamente la necesidad de disponer de una regulación tecnológica protectora del ciudadano que imponga condiciones a fabricantes y a entidades usuarias, y obligue a aquellas otras que deseen entrar en el mercado interior regulado a cumplirlas. La capacidad y potencia regulatoria de la UE ha generado éxitos incontestables como ha sucedido con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) o las leyes relativas a los servicios digitales aprobadas por el Consejo de la UE en julio de 2022 que muchas otras empresas han tenido que aceptar para poder entrar en el regulado mercado de la Unión. La fuerza de los 400 millones de ciudadanos europeos con un alto nivel adquisitivo medio era demasiado importante para que pudieran ignorarlo y a eso se le ha denominado “efecto Bruselas”²⁰.

Me temo, sin embargo, que se asume en esta valoración un cierto *eurocentrismo regulatorio optimista* cuyo éxito a nivel mundial cuando se focaliza la atención en tecnologías emergentes no está asegurado en el futuro. Baste considerar que el peso relativo de la UE está disminuyendo en términos demográficos y de contribución al PIB mundial, y que, en algunas tecnologías emergentes y disruptivas, la UE parte en la carrera en una situación de debilidad. Nada asegura que, en el futuro, los principios y valores regulatorios de la Unión sean los que se impongan internacionalmente y, mucho menos, en el caso de tecnologías

20 Anu Bradford. The Brussels effect. How the European Union rules the world. Oxford University Press 2020. ISBN 9780190088583.

alejadas hoy día de las capacidades industriales de la UE en las que, hasta ahora, se ha realizado un esfuerzo presupuestario menor.

Por otro lado, el proceso de maduración de una tecnología, incluso su aceleración y los actores intervinientes, está también condicionada por decisiones de supremacía geopolítica que se superponen a planteamientos de defensa y seguridad al tratarse, en casi todos los casos, de *tecnologías duales*, aptas para su uso en aplicaciones civiles y militares de gran relevancia para el desarrollo de sistemas de armas de alta tecnología cuyo acceso, desarrollo, comercialización y uso no es ni debería ser libre en un contexto de preservación de la seguridad mundial.

Por lo indicado hasta ahora, la gobernanza tecnológica actual es fragmentada y reactiva, y las brechas identificadas por el Foro Económico Mundial, aun siendo ciertas, no abordan la totalidad de la complejidad del problema. Intervienen nuevas variables de carácter geopolítico que influyen en la forma en la que los países cooperan en el desarrollo de tecnologías emergentes en los que se requiere alcanzar un alto nivel de confianza mutua y en el que las consideraciones económicas no son las fundamentales.

No existe, en mi opinión, una solución completa del dilema de Collingridge mencionado anteriormente cuándo, además, se ha acelerado el proceso de innovación tecnológica, con la emergencia de nuevas tecnologías que, al final de esta década, pueden transformar sectores enteros.

Tampoco existe un consenso internacional sobre lo que es bueno o malo para la sociedad que permita consensuar una regulación tecnológica aceptada internacionalmente. Lo que para algunas sociedades es válido respecto a la tecnología, para otras no lo es, y todas consideran que “ceder” significa en este contexto perder posiciones potenciales de preeminencia futura, reducir la capacidad de imponer sus criterios, y quedar inermes ante decisiones de acelerar el desarrollo de una tecnología emergente tomadas por países competidores (o aliados poderosos) sin esperar a la adopción de acuerdos internacionales.

PERSPECTIVA GEOPOLÍTICA DE LA GOBERNANZA DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES: SOBERANÍA TECNOLÓGICA

En las páginas anteriores he presentado una visión de la situación de la gobernanza tecnológica actual calificándola como lenta, fragmentada y reactiva. Aunque los avances en la discusión sobre la gobernanza tecnológica desarrollados en las últimas dos décadas reflejan una visión optimista hacia la anticipación y reducción de brechas, no me parece que la evolución de los condicionantes geopolíticos vaya a facilitar la búsqueda conjunta de una solución. Se requerirá una gobernanza tecnológica más inteligente de la actual.

Repasando algunas de las tecnologías emergentes y disruptivas que están en el núcleo de la discusión actual podemos realizar, a los efectos de este documento ligado a la gobernanza tecnológica, una simple clasificación en dos tipos principales:

- 1) Aquellas tecnologías sobre las que ha empezado a establecerse una primitiva gobernanza tecnológica en su uso civil (p.ej. la inteligencia artificial, la nanoelectrónica, el uso de sistemas autónomos, los gemelos digitales, la neurotecnología), aunque no esté consolidada ni aceptada internacionalmente,
- 2) Otras en las que el relativamente bajo grado de madurez²¹ alcanzado hasta el momento no lo ha permitido, pero cuya gobernanza sí será necesario abordar durante la presente década (p.ej. tecnologías cuánticas, energía de fusión, sistemas hipersónicos, minería espacial o geoingeniería) para que no sea demasiado tarde en un escenario de desarrollo acelerado, y el coste de retardar la generación de un marco de gobernanza consensuado haga imposible abordarlo frente a hechos consumados.

Las tecnologías emergentes comercializadas del primer tipo indicado, aunque sometidas a un proceso de evolución muy rápido con emergencia de nuevas prestaciones de forma continua, presentan un conjunto de características comunes:

- Requieren grandes inversiones para alcanzar su madurez durante muchos años (aunque estos plazos se van acortando en las últimas décadas) en los que el esfuerzo económico es fundamentalmente público en las etapas iniciales, incorporándose posteriormente la financiación privada.
- Requieren el empleo de un conjunto de tecnologías habilitadoras cuyo acceso e integración es necesaria, en el que las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) juegan un papel fundamental.
- Obliga a disponer de personal científico y tecnológico con un alto grado de especialización que constituye un cuello de botella para la participación en su desarrollo de muchos países sentando las bases para una “batalla global por la atracción del talento tecnológico”.
- Constituye una oportunidad para la emergencia de empresas de base tecnológica (*start-ups*) capaces de generar productos y servicios disruptivos con capacidad de transformar la estructura de sectores industriales.

²¹ El nivel de disponibilidad tecnológica (Technology Readiness Level TRL), comúnmente denominado nivel de madurez responde a una escala de nueve niveles, desde la formulación conceptual (TRL 1) al despliegue del sistema tecnológico en los mercados (TRL 9). La escala fue propuesta por la NASA en los años setenta del siglo pasado para reducir los riesgos asociados al uso de tecnologías en misiones espaciales.

- Su uso es dual, para aplicaciones civiles y militares, una vez superados los primeros niveles de madurez en los que puede hablarse de “neutralidad tecnológica”, para atender los requisitos de mercados civiles o de defensa.
- En tecnologías de producto físico las cadenas logísticas son largas, implicando a un número elevado de actores de muchos países con puntos críticos que reducen su resiliencia.
- El mercado está controlado por un número reducido de empresas incumbentes con una cuota de mercado elevada y que dominan determinados procesos de fabricación.

Todas las grandes potencias tecnológicas, incluyendo también conjuntos de países vinculados legalmente como es el caso de los estados miembros de la UE, han definido programas estratégicos multianuales de desarrollo de estas tecnologías emergentes dotados de cuantiosos recursos humanos y materiales, priorizando aquellas tecnologías en las que su posición de partida es comparativamente mejor con otras potencias.

El objetivo declarado con ello es el de ocupar o mantenerse en una situación de privilegio en el desarrollo y despliegue de aquellas tecnologías emergentes y disruptivas consideradas prioritarias para la competitividad futura del país o países en cuestión.

La forma en la que un país se relaciona con otros está directamente relacionada con los conceptos de “*autonomía estratégica*” y de “*soberanía tecnológica*” que han adquirido gran relevancia en los últimos años. Ambos conceptos están ligados al objetivo de conseguir la supremacía industrial, comercial y militar en determinadas tecnologías sin depender (excesivamente) de otros países.

Dada la relevancia del dominio de la tecnología, disponer del nivel más amplio posible de soberanía tecnológica se ha convertido en un elemento fundamental para conseguir la anhelada autonomía estratégica, entendida para la UE como “*la capacidad de un país de actuar de forma autónoma cuando y donde sea necesario y, en la medida de lo posible, con los países aliados*”.

Concretamente, la soberanía tecnológica se ha definido como la “*capacidad de un territorio, estado o grupo de estados para proveerse de aquellas tecnologías que considere críticas para su bienestar y competitividad, ya sea mediante la generación de estas tecnologías por sí mismo*”.

o garantizando su suministro desde otros territorios sin que ello implique relaciones unilaterales de dependencia”^{22, 23}

La consecución de estos objetivos va a depender de múltiples factores, tanto de la disponibilidad de recursos económicos e inversiones, como de recursos humanos y de vectores internos y externos. Personalmente, he participado en un esfuerzo de definición de un “Índice de soberanía tecnológica” cuantitativo aplicado al caso europeo y para una tecnología relevante en la batalla tecnológica como es 5G que permite analizar los puntos débiles de la situación europea ²⁴.

Dados los condicionantes geopolíticos expuestos previamente, conseguir esta soberanía tecnológica para un país concreto en una determinada tecnología sin depender de otros no es sencillo. Además, la existencia de objetivos contrapuestos entre potencias competidoras como es el caso de Estados Unidos y China hace que la colaboración tecnológica internacional esté matizada, cuando no claramente limitada, a su ejecución entre actores que compartan un elevado nivel de confianza mutua²⁵. Este hecho influye decisivamente en la configuración geopolítica de alianzas tecnológicas internacionales.

Como no es posible en estas páginas analizar la situación de todas las tecnologías emergentes y la aplicación de los conceptos indicados desde una visión estratégica²⁶ me centraré en el caso de la tecnología de semiconductores sobre la que gira una parte significativa de la discusión geopolítica tecnológica actual.

5.- MARCO GEOPOLÍTICO DE LA TECNOLOGÍA DE SEMICONDUCTORES

Una de las tecnologías que más ha penetrado profundamente en todos los sectores económicos de la sociedad es la denominada “tecnología de semiconductores y

22 Edler J, Blind K, Kroll H, Schubert T (2021). “Technology Sovereignty as an Emerging Frame for Innovation Policy-Defining Rationales, Ends and Means”. Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis n. 70. Karlsruhe July 2021.

23 El concepto de soberanía es más amplio y está ligado también a otros ámbitos más allá de la tecnología como es el caso de la soberanía digital, la soberanía industrial, la soberanía energética, etc., aunque en todos ellos la soberanía tecnológica se ha convertido en un elemento clave para hacerlas realidad.

24 Da Ponte, A., León, G., Álvarez, I. (2022). Technological sovereignty of the EU in advanced 5G mobile communications: An empirical approach. Telecommunications Policy. 19 de octubre 2022. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102459>

25 Téngase en cuenta que, para terceros países, las preocupaciones sobre la supremacía de China, habituales en Europa y Estados Unidos, se contrapesan con preocupaciones similares de terceros países ante la supremacía de Estados Unidos. Un ejemplo de búsqueda de un posicionamiento de neutralidad ante la batalla tecnológica empieza a emerger. El caso de Indonesia está tratado en Jun-E Tan. Geopolitics of AI: The Rise of China, the US as Alternative? Engamedia. 25 January 2022. <https://engamedia.org/2022/artificial-intelligence-geopolitics/>

26 Para una visión general de tecnologías emergentes véase: León, G. (2020). Repercusiones estratégicas del desarrollo tecnológico. Impacto de las tecnologías emergentes en el posicionamiento estratégico de los países. Cuadernos de Estrategia 207, Instituto Español de Estudios Estratégicos. Ministerio de Defensa.

microelectrónica” base para el diseño y fabricación de los omnipresentes circuitos integrados (comúnmente denominados “chips”). Desde la invención del “transistor” en los Bell Labs (laboratorio industrial en los Estados Unidos) en 1948 hasta la situación actual se ha producido un sinfín continuado de innovaciones de producto y proceso que han permitido disponer de circuitos integrados que albergan un número increíblemente elevado de esos transistores²⁷ en una compleja arquitectura cuyo diseño y fabricación solo está al alcance de un número reducido de empresas y centros de investigación situados en un puñado de países.

Actualmente, los dispositivos integrados constituidos por semiconductores, en su mayor parte fabricados empleando silicio purificado, como memorias, microprocesadores, sensores, emisores y receptores, aceleradores gráficos y otros muchos tipos, constituyen la clave de la funcionalidad de multitud de productos esenciales en nuestra sociedad. Se emplean en teléfonos inteligentes, ordenadores, relojes, juguetes, automóviles, robots, sistemas de comunicaciones, electrodomésticos, aviones, satélites espaciales o misiles, por citar sólo algunos ejemplos.

Además, sobre los sistemas microelectrónicos de propósito general se ejecutan algoritmos sobre los que descansan servicios esenciales para la sociedad como son los empleados por el sistema financiero, la administración pública, la sanidad, la distribución de energía, los transportes aéreos y terrestres, la logística, los medios de comunicación, los videojuegos, o la producción industrial automatizada. No es concebible la sociedad actual sin ellos y, por ello, se considera a la tecnología de semiconductores como una *“tecnología habilitadora”* esencial.

Dada la enorme concentración de capacidades humanas y materiales que existe alrededor de la tecnología de semiconductores y el diseño microelectrónico, así como el impacto que sus productos y servicios tienen en el desarrollo económico mundial no es extraño que su gobernanza, es decir, el establecimiento de condiciones para el control del desarrollo, acceso y uso de esta tecnología se haya convertido en un elemento estratégico de primer orden. Actualmente, una potencia tecnológica, si desea mantener su supremacía, requiere dominar la tecnología de semiconductores de la que dependen muchas otras y asegurar completamente su acceso a otras tecnologías habilitadoras dependientes de ella y también requeridas.

Si hubiese que describir de manera sucinta la situación actual de la tecnología de semiconductores desde un punto de vista estratégico para comprender las consecuencias geopolíticas derivadas, existen, en mi opinión, cuatro factores básicos que deben tenerse en cuenta:

- Extremada concentración de capacidades en los diferentes eslabones de la cadena de valor de los semiconductores en un número muy reducido de países y empresas con una

²⁷ Como ejemplo, se estima que uno de los circuitos integrados con la función de microprocesador más modernos, el Intel Core i9 9900K posee unos 3.052.000 transistores.

posición dominante de Estados Unidos en el diseño de circuitos integrados y de Asia (Taiwán, Corea del Sur, China) en su fabricación.

- Grandes barreras de entrada para la incorporación de entidades de terceros países puesto que ello implica realizar grandes inversiones, disponer de recursos humanos muy cualificados, y asegurar el acceso a la propiedad intelectual e industrial que se encuentra concentrada en pocas manos.
- Existencia de cadenas logísticas muy largas para muchos países con rutas de suministro de materias primas y componentes procedentes de zonas de alta conflictividad real o potencial lo que obliga a gestionar riesgos elevados y pensar en rutas alternativas o más cortas.
- Débil posición de la UE en la fabricación de circuitos integrados a pesar de su buena posición en diseño y excelente posición en equipos de fotolitografía extrema para la producción, lo que implica una alta dependencia de proveedores externos por parte de sectores industriales críticos en Europa como son los de la automoción, la robótica, el aeroespacial o el de defensa.

Los intentos por parte de las grandes potencias de mantener la supremacía nacional en la industria de los semiconductores no son nuevos y desde finales del siglo XX se han basado en aprovechar las fortalezas y reducir las debilidades en los aspectos citados anteriormente para definir estrategias de mejora continua que aseguren una situación de privilegio frente a competidores.

El apoyo público a la industria de semiconductores, inicialmente por parte de contratos militares, ha sido esencial para nutrir esa industria durante los años de la Guerra Fría. La historia ha demostrado, sin embargo, las dificultades de mantener esa ventaja en el tiempo ante una evolución muy rápida de la tecnología como describe Miller²⁸ al explicar las dificultades de Estados Unidos para competir con Japón y, posteriormente, con Corea del Sur en la provisión de circuitos integrados avanzados en los mercados internacionales.

El potencial beneficio para una potencia tecnológica derivado del control del proceso de diseño y fabricación de circuitos integrados avanzados proviene de que es una fuente fundamental para asegurar la superioridad industrial en muchos otros sectores dada su enorme penetración. Sin embargo, no es sencillo tener éxito en ese proceso: implica asegurar una voluntad política continuada, asignar cuantiosos recursos humanos y materiales, repetidos en pocos años según avanza la tecnología, establecer alianzas para facilitar la

28 Miller, C. (2022). Chip war. Simon&Schister UK Ltd.2022. ISBN: 978-1-3985-0409-7.

cooperación internacional entre aliados, y disponer del tiempo suficiente para consolidarse en una tecnología de proyección global, antes de que lo hagan los competidores²⁹.

Desde el punto de vista tecnológico los países occidentales, fundamentalmente los Estados Unidos, cuentan con una posición de partida muy favorable en el proceso de diseño de circuitos integrados avanzados tanto por su conocimiento como por el volumen de su mercado lo que les ha permitido establecer políticas asertivas muy efectivas frente a sus competidores. La situación no es la misma en la fase de fabricación en la que las capacidades existentes en Europa y Estados Unidos son limitadas, con problemas logísticos elevados para asegurar la resiliencia de las cadenas de provisión.

Del valor estratégico dual del dominio de la tecnología de semiconductores se deriva claramente su plena introducción en el conflicto geopolítico entre grandes potencias tecnológicas. No es extraño, por ello, el reiterado recurso a la aprobación de sanciones políticas a la importación y exportación de circuitos integrados en situaciones de crisis aprovechando la alta concentración y cuellos de botella en el proceso de fabricación y el reconocimiento de su potencial uso dual. El objetivo es limitar a los sectores industriales de países competidores el acceso a los componentes necesarios para fabricar sus productos, fundamentalmente, aquéllos de uso dual³⁰.

Como ejemplo, sin acceso a tecnología puntera, la competitividad tecnológica real de China en los semiconductores más avanzados será casi imposible. No es sencillo valorar la efectividad a corto plazo de las recientes sanciones impuestas a la importación y exportación de chips, recuérdese el caso de las comunicaciones móviles 5G y las sanciones a empresas chinas como Huawei por parte de Estados Unidos, aunque sí existen señales claras de ello³¹.

Prestaré seguidamente atención a las iniciativas emprendidas en este ámbito por Estados Unidos y la Unión Europea desde 2020 para respaldar su capacidad nacional de fabricación de circuitos integrados. Ambas potencias eran conscientes del riesgo extremo al que estaban sometidas en una situación pandémica vivida desde 2020 con cierres de fábricas, puertos y ciudades perturbando la fabricación y la distribución de circuitos integrados, y

29 Como referencia, una fábrica de circuitos integrados avanzados puede costar 20.000 millones de euros, requiere cinco años para su puesta en marcha, personal muy especializado para su operación, y necesita mercados estables y de tamaño suficiente para que se pueda recuperar la inversión antes de que la tecnología empleada sea obsoleta.

30 Estados Unidos impuso por primera vez sanciones a las empresas tecnológicas chinas, especialmente a Huawei, privándolas del suministro de chips de alta gama. Después de una fuerte presión por parte de los Estados Unidos, el gobierno holandés ha impuesto una prohibición de exportación a la venta de la última generación de máquinas de fabricación de la empresa ASML a empresas chinas. En el verano de 2022 las restricciones de Estados Unidos a China se han extendido para impedir el uso de los circuitos integrados más avanzados en servidores de datos y supercomputadores.

31 Asimismo, parece que el embargo de chips a Rusia impuesto por Estados Unidos, la UE, el Reino Unido, Japón, Taiwán y Canadá tras la invasión de Ucrania ha interrumpido parte de su producción de misiles con sistemas de guiado de precisión.

obligando a paralizar la fabricación de muchos otros productos que dependían de ellos. Los actuales conflictos en Europa han agravado los riesgos inherentes a situaciones de bloqueo y a establecer planes de contingencia.

La denominada “*Ley CHIPS*” (*Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America*), presentada por el gobierno de Estados Unidos en 2020 (pero aún no aprobada), prevé realizar inversiones públicas de 52.000 millones de dólares de Estados Unidos durante 5 años, una cantidad que la “*Ley Europea de Chips*” presentada por la Comisión Europea en febrero de 2022 (aún en discusión) intenta contrarrestar con una movilización similar a la de Estados Unidos de 48.000 millones de euros.

El objetivo esencial de ambos programas es aumentar la capacidad de fabricación de dispositivos semiconductores, incrementando las capacidades de fabricación (“fundiciones”) de vanguardia existentes en Estados Unidos y Europa, hasta ahora ubicadas básicamente en Estados Unidos, Corea del Sur, Taiwán, China y Japón. La construcción de nuevas fábricas en Estados Unidos y Europa permitiría mitigar los riesgos económicos y políticos al aliviar los cuellos de botella alrededor de Taiwán y Corea del Sur. Veremos si esta estrategia llega a buen puerto ante la creciente amenaza de conflictos en el Mar de China a pesar de la estrecha interdependencia existente entre todos los países de la región con Europa y Estados Unidos³².

Centrando el análisis en el caso de la UE el éxito de esta iniciativa va a depender no solo de los recursos comunitarios puestos en juego, sino también del acompañamiento político y presupuestario que puedan realizar los estados miembros con sus propios recursos. Para ello, la estrategia seguida por Europa ha sido la de favorecer estas inversiones desde dos perspectivas complementarias: modificaciones de la regulación europea, y asignación de recursos económicos adicionales de forma coordinada.

Concretamente, la “*Ley Europea de Chips*” presentada por la Comisión Europea en febrero de 2022³³ tiene como objetivo aumentar la producción de chips de la UE para alcanzar una cuota del 20% del mercado mundial (se parte de un escaso 10%), con énfasis en la última generación de circuitos integrados con resoluciones inferiores a 10 nm. Este esfuerzo se enmarca en un proceso más amplio de “(re)industrialización de la UE” que, en la situación actual de crisis energética no parece sencilla a corto plazo. La propuesta de la UE consta de tres pilares: 1) apoyar la I+D en Europa y llevar la innovación “del laboratorio a la fábrica”; 2) proporcionar la base jurídica para que los Estados miembros de la UE utilicen subvenciones para atraer a los fabricantes de vanguardia a instalar fábricas en Europa; y 3) un marco regulatorio con medidas específicas para intervenir en la cadena de suministro en

32 Como demostró la eclosión de la I Guerra Mundial en agosto de 2014, la intensa interrelación económica existente entre Alemania, Francia y Gran Bretaña no fue suficiente para impedir el desencadenamiento del conflicto.

33 A Chips Act for Europe. Commission Staff Working Document Part 1/4. SWD (2022) 147 final Brussels, 11.5.2022.

casos de emergencia y poder poner en marcha adquisiciones conjuntas de semiconductores (de forma similar a lo que se hizo en el caso de las vacunas de COVID-19).³⁴

La primera acción de relieve adoptada ha sido la de relajar la estricta legislación europea existente de ayudas de Estado, base de la construcción del mercado único europeo, para que los estados miembros puedan conceder recursos públicos a empresas, europeas o no, consideradas esenciales para satisfacer los objetivos marcados en este ámbito. Este camino ya se inició con los denominados “*Proyectos Importantes de Interés Europeo Común*” de los cuales uno de ellos se focaliza en el ámbito de los semiconductores con liderazgo de la industria europea.

Desde el punto de vista de la financiación juega un papel relevante la utilización por parte de los Estados miembros de los recursos asignados en el programa de recuperación y resiliencia (*Next Generation EU*) para la puesta en marcha de iniciativas industriales alrededor de los semiconductores. Se ha abierto con ello una “competición” entre los estados miembros por atraer a las grandes empresas mundiales con capacidad de fabricación de circuitos integrados avanzados para, a cambio de la asignación de grandes sumas de recursos públicos europeos, instalen una fábrica de circuitos integrados avanzados en la UE³⁵.

Cabría preguntarse si la estrategia europea es realmente efectiva para incrementar su soberanía tecnológica en el dominio de los semiconductores. Conseguirlo, supondría incrementar la capacidad de diseño, fabricación y empaquetado de semiconductores avanzados en industrias europeas ³⁶.

No me parece que vaya a ser el caso. Realmente, disponer de una fundición avanzada de semiconductores en Alemania tiene ventajas innegables en la reducción de los riesgos de suministro de semiconductores para la industria europea (p.ej. la automovilística); sin embargo, se trataría de “comprar” a un coste público elevado una mejora en la cadena de suministros, pero no un incremento de las capacidades en manos europeas si la transferencia de conocimiento fuese limitada. Situación parecida se producirá en otros estados miembros de la Unión en el caso de llegar a acuerdos similares con otros fabricantes de dispositivos semiconductores avanzados si eso no conlleva la creación de potentes

34 Ciano, A., Nardo, M. (2022). The position of the EU in the semiconductor value chain: evidence on trade, foreign acquisitions, and ownership JRC Working Papers in Economics and Finance. JRC Technical Report. 2022/3. Ispra, 2022, JRC129035. European Union 2022.

35 Como ejemplo, el gobierno alemán está dispuesto a financiar un 40% del coste de instalación de una fábrica de semiconductores de Intel en Magdeburgo con un coste inicial de 17.000 millones de euros, y el gobierno español ha puesto en marcha un programa específico (PERTE) en el ámbito de los semiconductores dotado de una inversión pública de 12.250 millones de euros hasta 2027. https://planderrecuperacion.gob.es/sites/default/files/2022-05/PERTE_Chip_memoria_24052022.pdf

36 Ragonnaud. G. (2022). The EU chips act: Securing Europe's supply of semiconductors. Briefing. EU legislation in progress. EPRS | European Parliamentary Research Service PE 733.596. July 2022.

ecosistemas innovadores con la participación de otros actores como start-ups, centros de investigación públicos, universidades, incubadoras, y entidades de capital riesgo.

Es significativo resaltar que los tres países claves en las negociaciones de la UE para lograr una reestructuración de la capacidad global de fabricación (Estados Unidos, Taiwán y Corea del Sur) poseen una trayectoria democrática con los que la UE mantiene acuerdos de todo tipo y una intensa colaboración científica, tecnológica, comercial y defensiva lo que, en un contexto geopolítico como el actual, es una ventaja³⁷.

Otro elemento de gran transcendencia geopolítica pertinente en la discusión actual procede de la rápida convergencia entre la tecnología de semiconductores y la inteligencia artificial (IA). Ambas son tecnologías duales que se potencian mutuamente.

La relevancia disruptiva de la convergencia tecnológica en este caso no se refiere únicamente a la obvia necesidad de ejecutar los algoritmos de IA utilizando ordenadores de propósito general basados en circuitos integrados como sucede con cualquier otro sistema software, sino en la posibilidad de hacerlo en hardware específicamente diseñado para la ejecución eficiente de esos algoritmos. La diferencia en el tiempo de ejecución y en el consumo de energía puede ser crucial en muchas aplicaciones; sobre todo, cuando consumo, velocidad y tamaño son factores dominantes. Es el dominio de los aceleradores especializados o el de la *computación neuromórfica* con arquitecturas de procesamiento que mimetizan el funcionamiento de circuitos neuronales del cerebro, altamente eficientes, y que se encuentra en proceso de maduración.

Los análisis geopolíticos del impacto de la IA asumen, a menudo, la existencia de una competición tecnológica ("carrera") entre países para dominar esta tecnología porque ello determinará qué país estará a la vanguardia del desarrollo y despliegue de aplicaciones avanzadas con IA y dominará con productos y servicios disruptivos los sectores socioeconómicos más dinámicos del futuro. En consecuencia, al igual que ha ocurrido con la tecnología de semiconductores, todas las grandes potencias tecnológicas han establecido programas para dominar la IA convencidas de su relevancia estratégica.

En 2017, el presidente ruso, Vladimir Putin, comentó que el país que se convierta en el líder en el desarrollo de la IA *"será el gobernante del mundo"*. Estados Unidos no fue a la zaga. En un discurso de 2019, por ejemplo, el entonces secretario de Defensa de Estados Unidos, Mark Esper, declaró que *"los avances en IA tienen el potencial de cambiar el carácter de la guerra para las generaciones venideras"*³⁸. China, por su parte, aprobó su plan de IA en

37 En mi opinión, el escenario complementario de intensificación de la cooperación de la UE con China (competidor sistémico de la UE) y Rusia en tecnología de semiconductores en la situación actual de enfrentamiento militar y aplicación de sanciones, continuará congelada durante bastante tiempo.

38 International competition over artificial intelligence. FREE LONG READ Strategic Comment. IISS. May 2022.

2017³⁹ con tres fases. El objetivo en 2025 se expresaba así: *Para 2025, China debería haber logrado grandes avances en las tecnologías y la teoría de la IA, convirtiéndose en un líder mundial en IA. China debe contar con el establecimiento inicial de leyes y regulaciones, normas éticas y evaluaciones de seguridad de IA.* No parece necesario insistir en la importancia concedida a su relevancia geopolítica.

Generalmente, los factores críticos para alcanzar esa supremacía incluyen priorizar el gasto en I+D, disponer de los recursos humanos más cualificados y en volumen suficiente, asegurar los avances en investigación, y la rápida maduración y adopción de sus resultados. En el caso de la IA su uso masivo va a depender también de la capacidad de resolver algunos desafíos técnicos no resueltos que permitan al ciudadano confiar plenamente en las decisiones asociadas a la ejecución de esos algoritmos⁴⁰. De hecho, la prioridad entre las grandes potencias tecnológicas es desarrollar mejores técnicas para la seguridad y la confiabilidad de los sistemas basados en IA.

Las sanciones occidentales impuestas a Rusia desde su invasión de Ucrania fueron diseñadas para evitar que pueda importar tecnología avanzada de semiconductores, y limitar la capacidad de Rusia en este campo. Sin acceso a circuitos integrados avanzados, será más difícil para Rusia construir hardware de IA dedicado e incorporarlo a productos de interés militar como drones impulsados por algoritmos de IA⁴¹.

La eficacia de las restricciones a la exportación de circuitos integrados a Rusia y China dependerá, a corto plazo, de la capacidad de almacenamiento de semiconductores afectados que posean previamente y del grado en que puedan sustituirlos por circuitos integrados de la generación anterior sin afectar gravemente a las prestaciones. Desde luego, estimulará, sobre todo al gobierno chino, a acelerar el desacoplamiento de su cadena de diseño y producción de circuitos integrados de los países occidentales con la generación de tecnología propia.

La UE, por su parte, deberá tener en cuenta cómo estas sanciones le afectan y si le es posible, o no, mantener una política propia en el contexto de la gobernanza digital entre las otras grandes potencias tecnológicas⁴². Es significativo que para ASML, la gran empresa europea

39 <https://datagovhub.elliott.gwu.edu/china-ai-strategy/>

40 Uno de los más relevantes es el de la explicabilidad de los algoritmos de IA artificial empleados para poder reproducir la lógica que le ha llevado a proponer una solución determinada (fenómeno de “caja negra de la IA”). En áreas en las que está en juego la vida humana como puede ser en el ámbito de la medicina, en los vehículos autónomos, o en los sistemas de defensa y seguridad, es necesario, en aras del principio de precaución mencionado anteriormente, disponer de la mayor confianza y seguridad en los algoritmos de IA empleados.

41 Igualmente, las sanciones impuestas en octubre de 2022 por Estados Unidos a China para que no pueda usar circuitos integrados avanzados como los empleados en supercomputadores pretenden impedir que tampoco los pueda usar en aplicaciones militares que los utilicen.

42 Bendiek, A. y Stürzer, I. (2022). Advancing European Internal and External Digital Sovereignty. German Institute for International and Security Affairs. SWP Comment 2022/C 20, 11.03.2022, 8 Pages doi:10.18449/2022C20 <https://www.swp-berlin.org/en/publication/advancing-european-internal-and-external-digital-sovereignty>

puntera fabricante de máquinas de fotolitografía extrema, las sanciones de Estados Unidos le han cerrado el mercado chino.

En mi opinión, la alianza de Rusia con China en el ámbito de las tecnologías de semiconductores e IA y sus repercusiones en el ámbito de la defensa debe preocupar más a los países occidentales a medio plazo que el acceso o no a una materia prima como el gas o el petróleo para el próximo invierno.

HACIA UNA GOBERNANZA TECNOLÓGICAMENTE INTELIGENTE

La necesidad de establecer un nuevo marco consensuado y realista de gobernanza tecnológica inteligente, más allá del mero establecimiento de estándares técnicos y de reglas de protección y transferencia de la información, conocidas y asentadas desde hace varias décadas, es aceptada actualmente como un valor esencial y una necesidad imperiosa de una sociedad tecnológica como la nuestra.

El problema para su formulación deriva del reconocimiento de la relevancia de la tecnología en la batalla por la supremacía a nivel mundial. Es obvio, por tanto, que a los conceptos puramente técnicos sobre los que puede llegarse a establecer consensos, se superponen otros enmarcados en los posicionamientos geopolíticos en los que el margen de maniobra para alcanzar acuerdos es mucho menor. En mi opinión, nos encontramos en un punto de inflexión en el que la futura gobernanza tecnológica, centrada en las tecnologías emergentes, a la que me gustaría calificar de “inteligente” supone establecer tres planos de discusión diferentes, pero entrelazados.

El *primer plano* es el que denomino “tecnológico” en el que se pretende establecer un conjunto de reglas sobre una tecnología emergente que delimite su marco de desarrollo, favorezca su correcto uso, asegure su interoperabilidad, reduzca los riesgos de seguridad inherentes a su desarrollo y uso, y permita su rápida adopción por la sociedad siguiendo unas pautas de evolución previsibles en mercados globales.

Es el plano más sencillo para poder llegar a acuerdos a nivel internacional, puesto que, más allá de los intereses de actores incumbentes con soluciones preexistentes que les gustaría ver avaladas, y el apoyo que a ellos pueden prestar determinados gobiernos, la discusión puede centrarse en un marco tecnológico y de reducción de riesgos. Esto no implica que se llegue rápidamente a un consenso, pero la discusión está conceptualmente acotada.

Las herramientas básicas en este plano son los estándares técnicos, procedimientos de prueba obligatorios para la reducción de riesgos (p.ej. ensayos clínicos para fármacos y dispositivos médicos) y los sistemas de certificación de su cumplimiento por parte de los productos tecnológicos que se vayan a comercializar y que se han acordado previamente. Es la base para la consolidación de mercados tecnológicos globales seguros e interoperables.

También en este plano se encuentra la aplicación del concepto de “*ciencia abierta*” como base para una expansión rápida del conocimiento científico y tecnológico en las primeras etapas alejadas del mercado. Con ella, las instituciones se comprometen a compartir los resultados de la investigación, incluyendo datos de los experimentos, entre investigadores públicos y privados de todo el mundo. Hoy día, la investigación básica se publica abrumadoramente de forma abierta⁴³.

El *segundo plano*, más difícil de implementar que el anterior, se focaliza en establecer el marco de aplicación correcta de la tecnología en la sociedad. En este plano, asumiendo el cumplimiento de los acuerdos técnicos del primer plano, se trata de establecer las reglas que permitan controlar cómo debe utilizarse la tecnología por individuos e instituciones, buscando la máxima protección del individuo, tanto física como de su información personal, el establecimiento de responsabilidades derivadas del mal uso de la tecnología, y la satisfacción de un conjunto de valores sociales asociados directamente como pueden ser los medioambientales o para evitar su uso para destrucción masiva.

El terreno de juego por excelencia para implementar este segundo plano es el “*desarrollo legislativo y reglamentario*” derivado del establecimiento de un conjunto de derechos y deberes para desarrolladores y usuarios como pueden ser las regulaciones de protección de datos, las de aplicación de un modelo de ciencia abierta, las de fiscalidad tecnológica, las de priorización de desarrollo tecnológico establecidas en las leyes de ciencia, tecnología e innovación, las de asignación presupuestaria, las formativas, las de propiedad intelectual, las de limitaciones en entornos hospitalarios, etc. En este plano también es posible modular los flujos de atracción de talento especializado e inversiones internacionales hacia determinados países y tecnologías.

Las dificultades en la implementación de este segundo plano surgen de la diferente percepción entre los países respecto al necesario equilibrio entre individuos, instituciones y gobiernos en el uso de la tecnología, lo que alude de forma directa a planteamientos ideológicos en la creación del modelo de estado y el papel del individuo, así como sus capacidades y situación de partida. No es extraño, por tanto, que, a la hora de plasmar este equilibrio en la legislación tecnológica nacional, estos enfoques difieran sustancialmente de un país a otro y, rara vez, sean homologables.

La consecuencia derivada es una fragmentación del marco legislativo de la gobernanza de la tecnología que conlleva la fragmentación del propio mercado tecnológico con productos autorizados para su comercialización en un país y prohibidos en otros.

La experiencia de las dificultades y retrasos con las que se enfrenta la Unión Europea para acordar democráticamente una legislación tecnológica comunitaria (las de semiconductores e inteligencia artificial, o las medioambientales o energéticas, entre ellas) al tener que conjugar intereses contrapuestos de sus estados miembros, así como los retrasos para transponer al marco nacional las directivas tecnológicas acordadas por los

43 El desarrollo de vacunas para la COVID-19 a partir de la información abierta del genoma de los virus o los resultados de los ensayos clínicos realizados en todo el mundo avalan la utilidad social de este enfoque.

órganos comunitarios, incluidas las que se derivan de estándares, expresan la necesidad de largos periodos de adaptación y, en muchos casos, una reducción drástica de los objetivos más ambiciosos planteados inicialmente en aras de lograr un consenso.

Esta preocupación se ha manifestado en el uso de la IA porque la retórica de los diferentes países sobre su uso refleja diferentes formas de pensar sobre su control. Entre las principales potencias, los países occidentales han puesto más énfasis en el uso de la IA para aumentar las capacidades en lugar de reemplazar a los operadores humanos y garantizar procesos adecuados de prueba y aseguramiento. Tanto China como Rusia, por otro lado, han priorizado el empleo de sistemas autónomos basados en IA lo más rápido posible. Algunos observadores interpretan esto como una ventaja para China y Rusia en su despliegue en el mundo real de tecnologías inmaduras y vulnerables en entornos de alto riesgo al que seguirán el resto de los países. El uso de drones letales en Ucrania es un ejemplo de las dificultades para establecer restricciones efectivas y el reconocimiento de la rápida adopción de sistemas tecnológicos que confieren superioridad a pesar de las reticencias preexistentes sobre barreras éticas a su uso.

Esta situación es el síntoma evidente de los límites de disponer de una débil gobernanza tecnológica global jurídicamente vinculante. Si esas dificultades ya suceden entre países que comparten un mismo marco legislativo con competencias transferidas a órganos comunes como es el caso de los estados miembros de la UE, se puede intuir la dificultad en extenderla voluntariamente a otros países.

Finalmente, el *tercer plano* de la gobernanza tecnológica nos adentra de manera directa en la batalla geopolítica aludida repetidamente en las páginas anteriores. En este plano la tecnología ya no es el objeto directo y único de discusión, sino que el énfasis se sitúa en la forma en la que la tecnología es utilizada por países e instituciones multilaterales como un instrumento al servicio de una mejora relativa de su posicionamiento geopolítico global.

En este tercer plano de gobernanza tecnológica, los instrumentos asociados no son técnicos (como sí lo eran los estándares internacionales del primer plano), ni legislativos (como las leyes y reglamentos del segundo plano), sino los derivados de decisiones políticas en función de los intereses de las grandes potencias tecnológicas y de sus países aliados en un marco geopolítico que evoluciona de forma continua.

El instrumento empleado por excelencia en este tercer plano es el establecimiento de acuerdos o alianzas estratégicas internacionales para el desarrollo y uso de las tecnologías, posiblemente con connotaciones en defensa y seguridad, anclados y complementados por otros múltiples acuerdos en ámbitos conexos. Estos acuerdos serán firmados por países y grupos de países como herramienta de defensa colectiva y de presión sobre otros países fuera del bloque como son el empleo de sanciones o las restricciones en importación y exportación de bienes y servicios tecnológicos con objeto de salvaguardar intereses nacionales.

Por definición, nos encontramos en un plano en el que la fragmentación en la gobernanza tecnológica es consustancial con planteamientos geopolíticos de bloques que no pueden resolverse fácilmente en instituciones multilaterales, como las Naciones Unidas, sin capacidad ejecutiva para decidir (ejercicio del veto por parte de las grandes potencias), ni para ejecutar eficazmente lo decidido (mandatos limitados y presupuestos reducidos para cumplir los objetivos señalados).

Los tres planos de gobernanza tecnológica indicados no son independientes. Al final, las potencias tecnológicas establecen sus objetivos geopolíticos alrededor de una determinada tecnología crítica buscando los aliados necesarios (dominio del tercer plano), promoviendo las legislaciones adecuadas a ellos, si es posible compartidas con los países aliados a los que se supone una alineación de principios y valores (dominio del segundo plano), y apoyados en normas internacionales y reglas de acceso abierto a la información que aseguren un uso interoperable, seguro y eficiente de la tecnología acorde con los intereses de sus grandes empresas tecnológicas que les permita acelerar el proceso innovador (dominio del primer plano).

La correcta conjugación de estos planos, anticipando la evolución de la tecnología y su adopción por la sociedad, así como la capacidad de adaptación flexible y continua de la gobernanza a principios y valores éticos compartidos refleja informalmente el concepto de gobernanza tecnológica inteligente introducido previamente.

Teniendo presente el marco de gobernanza tecnológica multinivel presentado, los países deben dotarse de un conjunto de instrumentos políticos de diverso tipo con los que apoyar su soberanía tecnológica en un mundo globalizado. Estos instrumentos con los que los países ejercen acciones sobre otros países pueden ser coercitivos, o de *poder duro*, o simplemente de influencia, o de *poder blando*, combinados de manera inteligente para conseguir el efecto deseado⁴⁴.

Este es el contexto en el que la UE debe reafirmar su soberanía tecnológica y contribuir a una gobernanza de la tecnología eficaz y basada en un conjunto de principios y valores compartidos⁴⁵. No será sencillo puesto que, para ello, deberá incrementar su acción colectiva y su voz unificada en el mundo; tarea que exigirá un nivel de integración mayor que el actual. Abordar las dificultades de la UE en esta confrontación mundial exige un rearme ideológico, competencial, regulatorio, militar y diplomático que, como Borrell, el Alto Representante de la UE, indica, supone navegar “*manteniendo el rumbo en aguas turbulentas*” en referencia al título de su libro publicado en 2022⁴⁶.

44 Nye, J. (2009). “Get Smart: Combining Hard and Soft Power”, *Foreign Affairs*. Vol. 88, No. 4, July/August 2009.

45 Ringhof, J., Torreblanca, J.I. (2022). *The Geopolitics of Technology: How the EU Can Become a Global Player*. Policy brief. European Council on Foreign Relations. ECFR/450. May 2022. <https://ecfr.eu/wp-content/uploads/2022/05/The-geopolitics-of-technology-How-the-EU-can-become-a-global-player.pdf>

46 Borrell, J. (2022). *Staying on course in troubled waters. EU Foreign policy in 2021*. European Union External Action. ISBN 978 92-9463-089-6.

En resumen, la tecnología en una sociedad avanzada necesita ser gobernada de forma consensuada en beneficio del ciudadano. Contribuir a la construcción de este marco de gobernanza tecnológica inteligente en el caso de la UE es una responsabilidad colectiva que deberá desarrollarse y adaptarse de forma continua desde una visión integrada entre los órganos comunitarios y los estados miembros.

Ello requiere, en mi opinión, un esfuerzo decidido para disponer de una Europa más integrada, redefiniendo, incluso, el equilibrio competencial existente entre los órganos comunitarios y los estados miembros. Seamos conscientes de que de su éxito dependerá el devenir de una sociedad tecnológica como la nuestra.