

Capítulo duodécimo

La batalla por la supremacía tecnológica. EE. UU. vs China

Francisco Márquez de la Rubia

«*You come at the king, you best not miss*» Omar Little (The Wire)

(Si atacas al rey, mejor no fallar)

Resumen

A lo largo de la historia, la ventaja tecnológica ha sido un factor decisivo en el resultado de conflictos y guerras. Desde la invención del arco y la flecha hasta la llegada de la pólvora y, más recientemente, las armas nucleares, aquellos que han logrado desarrollar y dominar tecnologías avanzadas han obtenido una clara superioridad en el campo de batalla. Esta supremacía tecnológica no solo ha permitido a los ejércitos superar a sus adversarios en enfrentamientos directos, sino que también ha influido en la estrategia militar y en la capacidad de los Estados para proyectar poder más allá de sus fronteras.

La Revolución Industrial marcó un punto de inflexión, ya que las potencias que lograron industrializarse rápidamente pudieron producir en masa armas, vehículos y otras herramientas de guerra, superando a aquellos que quedaron rezagados en el desarrollo tecnológico. Durante la Segunda Guerra Mundial, por ejemplo, la capacidad de Estados Unidos y sus aliados para innovar en áreas como la aviación, la criptografía y, finalmente, la energía nuclear, desempeñó un papel crucial en la derrota de las potencias del Eje. La superioridad tecnológica se tradujo no solo en

victorias militares, sino también en la consolidación del poder político y económico a nivel global.

En nuestros días, se libra una cruda batalla por la supremacía en el campo de los semiconductores, un componente esencial en prácticamente todos los aspectos de la tecnología moderna. Estos diminutos chips son el núcleo de los dispositivos electrónicos que impulsan las economías digitales, desde *smartphones* hasta centros de datos y sistemas avanzados de defensa. La competencia por dominar la producción de semiconductores ha escalado a un nuevo nivel, con Estados Unidos, China y otras naciones invirtiendo miles de millones de dólares en investigación y fabricación, conscientes de que la hegemonía en este sector podría determinar el liderazgo económico y militar en el siglo XXI.

Sin embargo, esta carrera por la supremacía tecnológica también plantea nuevos desafíos y riesgos. La dependencia de tecnologías avanzadas y la interconexión global aumentan la vulnerabilidad de las naciones a ciberataques y otros tipos de sabotaje digital. Además, la proliferación de tecnologías disruptivas, como la inteligencia artificial autónoma o las armas hipersónicas, podría desestabilizar aún más el orden internacional, creando escenarios en los que el poder militar y económico esté concentrado en manos de aquellos que lideren esta nueva era tecnológica. En este contexto, la carrera por la supremacía tecnológica es tan vital como lo fue en épocas pasadas, pero con implicaciones que podrían ser aún más profundas y de mayor alcance.

Palabras clave

EE. UU., China, Orden mundial, Chips, Semiconductores, Competencia tecnológica, Soberanía digital, Huawei, CHIPS Act, Restricciones, sanciones, Control a la exportación.

The battle for technological supremacy. The U.S. vs. China

Abstract

Throughout history, technological superiority has been a decisive factor in the outcomes of conflicts and wars. From the invention of the bow and arrow to the advent of gunpowder and, more recently, nuclear weapons, those who have developed and mastered advanced technologies have consistently gained a clear upper hand on the battlefield. This technological supremacy has not only enabled armies to defeat their adversaries in direct confrontations but has also shaped military strategy and the ability of states to project power beyond their borders.

The Industrial Revolution marked a turning point, as the nations that industrialized rapidly could mass-produce weapons, vehicles, and other war tools, outpacing those that lagged in technological development. During World War II, for instance, the ability of the United States and its allies to innovate in areas such as aviation, cryptography, and, ultimately, nuclear energy played a crucial role in defeating the Axis powers. Technological superiority translated not only into military victories but also into the consolidation of political and economic power on a global scale.

In our time, a fierce battle is being waged for supremacy in the realm of semiconductors, a critical component in virtually all aspects of modern technology. These tiny chips are the heart of the electronic devices that drive digital economies, from smartphones to data centers and advanced defense systems. The competition to dominate semiconductor production has escalated to new heights, with the United States, China, and other nations pouring billions of dollars into research and manufacturing, fully aware that leadership in this sector could determine economic and military dominance in the 21st century.

However, this race for technological supremacy also presents new challenges and risks. The reliance on advanced technologies and global interconnectedness increases the vulnerability of nations to cyberattacks and other forms of digital sabotage. Moreover, the proliferation of disruptive technologies, such as autonomous artificial intelligence or hypersonic weapons, could further destabilize the international order, creating scenarios where military and economic power becomes concentrated in the hands of those

leading this new technological era. In this context, the race for technological supremacy is as vital as it was in past eras, but with implications that could be even more profound and far-reaching.

Key words

US, China, World order, Chips, Semiconductors, Technological competition, Digital sovereignty, Huawei, CHIPS Act, Restrictions, Sanctions, Export control.

1. Introducción

La pugna tecnológica entre Estados Unidos y la República Popular China se ha convertido en una batalla crucial del siglo XXI. Ambos colosos luchan por dominar las tecnologías emergentes que darán forma al futuro, buscando obtener la ventaja de ser los primeros en innovaciones disruptivas y en liderar la comercialización a gran escala de dichas tecnologías. Así lo constata en nuestro país la Estrategia de Seguridad Nacional 2021 (Departamento de Seguridad Nacional, 2021)¹.

Durante décadas, Estados Unidos ostentó la supremacía indiscutible en la creación y expansión de nuevas tecnologías, mientras que China se mantenía rezagada. Sin embargo, el panorama ha cambiado drásticamente. China ha emergido como el principal candidato a superar la hegemonía tecnológica de Estados Unidos.

Con la administración Trump, la relación económica entre ambas potencias entró en una nueva fase de hostilidad, marcada por una política centrada en la aprobación de aranceles y de estrictos controles de exportación. La administración Biden ha continuado en gran manera con estas políticas, intensificando las medidas para evitar que China acceda a tecnologías críticas. De hecho, la posibilidad de restringir las inversiones estadounidenses en China se ha convertido en una herramienta más de la estrategia de contención.

Washington se enfrenta a tres desafíos estratégicos fundamentales: preservar su ventaja en desarrollo e innovación tecnológica frente a China, armonizar su estrategia con la de sus aliados y atraer el apoyo de naciones no alineadas y mantener la cooperación internacional en comercio y ciencia.

2. Estado de la cuestión: Del optimismo al desafío

El escenario en el que China pueda superar a Estados Unidos a partir de la próxima década no es inevitable, pero tampoco se

¹ ESN2021 Cap. 1. «La disputa es particularmente intensa en el ámbito tecnológico, donde se está produciendo una carrera por la supremacía mundial, que incluye el control de exportaciones de tecnologías críticas y de doble uso. China, que ha logrado un gran desarrollo en la tecnología 5G y la Inteligencia Artificial, busca alcanzar una posición de preeminencia que le permita definir los estándares y protocolos técnicos e industriales, así como ostentar el liderazgo en inversiones extranjeras directas en los operadores de redes y servicios». Disponible en: https://www.dsn.gob.es/sites/default/files/documents/ESN2021%20Accesible_1.pdf

puede descartar. En los últimos años ambas potencias han intensificado su carrera por dominar áreas tecnológicas clave, como los semiconductores avanzados, la inteligencia artificial y la computación cuántica. Estados Unidos, que hasta ahora ha sido líder indiscutido, se enfrenta ahora a un competidor formidable como China, que ha enfocado sus esfuerzos en lograr la autosuficiencia tecnológica y superar a su rival.

El sector de los semiconductores abarca el conjunto de actividades industriales dedicadas al diseño y fabricación de microprocesadores y otros componentes electrónicos esenciales que constituyen la columna vertebral de los productos y servicios tecnológicos que sostienen la economía digital moderna. Son fundamentales para aplicaciones transversales que incluyen el sector energético, las telecomunicaciones y los centros de datos que sustentan internet y sus innumerables plataformas digitales.

En esencia, los semiconductores se han convertido en el elemento básico de todos los sectores tecnológicos, lo que les confiere una importancia geoestratégica crucial en un mundo cada vez más dependiente de la transformación digital.

La reciente escasez mundial de semiconductores, provocada en parte por las interrupciones en las cadenas de suministro globales a raíz de la pandemia, ha puesto de manifiesto la dependencia occidental. Este déficit forzó el cierre de fábricas en una amplia gama de sectores, desde la automoción hasta los dispositivos

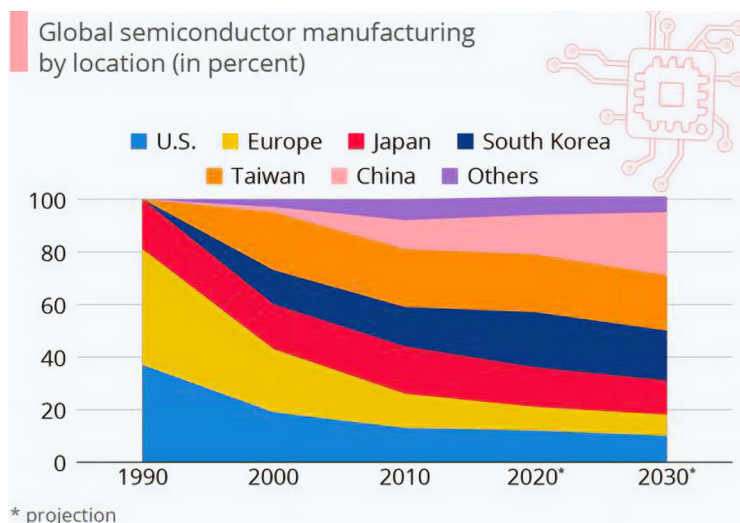


Figura 1: Dónde se localiza % la producción de semiconductores.

Fuente: INE2022 annuary

médicos. Esto subrayó la vulnerabilidad ante un número limitado de proveedores para sectores esenciales en un entorno geopolítico complejo.

La relación entre China y los EE. UU. ha evolucionado desde la cooperación cautelosa tras la Guerra Fría hasta la actual competencia abierta y estratégica. En la década de 2000, el ingreso de China en la Organización Mundial del Comercio apoyado por los EE. UU. fue visto como un paso hacia su integración en el actual orden global basado en normas. Sin embargo, las últimas dos décadas han demostrado que esta visión era, en el mejor de los casos, ingenua. China aspira a cambiar el orden internacional otorgándose el papel del que se cree merecedora. Revisionismo de la mano de la tecnología.

En esa arena de la competencia global, el líder chino Xi Jinping ha mantenido que «la innovación tecnológica se ha convertido en el principal campo de batalla» (Jing Qian, 2024). En 2015, Pekín lanzó su ambicioso plan Made in China 2025², una política diseñada para transformar a China en una potencia de tecnologías avanzadas y reducir su dependencia de la tecnología y las importaciones extranjeras. Paralelamente, China presentó la Ruta de la Seda Digital, un programa que vincula las inversiones en infraestructura china con la adopción de sus tecnologías por parte de los países receptores, como parte de la Iniciativa de la Franja y la Ruta (*Silk Road Economic Belt*)³. En el Foro de la Franja y la Ruta (Grötsch, 2023) en Pekín, en octubre de 2023,

² Made in China 2025 es un plan industrial cuyo objetivo es transformar a China de ser un fabricante de productos de bajo costo a un líder mundial en manufactura de alta tecnología. Este plan se centra en diez sectores clave, como la tecnología de la información, robótica, biotecnología, vehículos de nueva energía, entre otros. El propósito es reducir la dependencia de China de la tecnología extranjera y fomentar la innovación y el desarrollo de productos de alta calidad dentro del país.

El plan también tiene como meta aumentar el contenido doméstico en componentes y materiales clave al 70 % para el año 2025. Es un esfuerzo para posicionar a China no solo como un competidor global, sino como un líder en industrias tecnológicas avanzadas, con miras a tener una posición dominante en el mercado global para el año 2049, en el centenario de la República Popular China. Véase: <https://fdichina.com/blog/made-in-china-2025-plan-to-dominate-manufacturing/>

³ Iniciativa de la Franja y la Ruta de China (BRI). El BRI es un plan ambicioso para desarrollar nuevas rutas comerciales que conectan a China con el resto del mundo. La iniciativa es mucho más que infraestructura. Es un esfuerzo por desarrollar un mercado ampliado e interdependiente para China, hacer crecer el poder económico y político de China y crear las condiciones adecuadas para que China construya una economía de alta tecnología. Véase: <https://www.chathamhouse.org/2021/09/what-chinas-belt-and-road-initiative-bri>

Xi anunció un nuevo programa de «gobernanza de la inteligencia artificial» y reiteró su apoyo a la cooperación internacional en ciencia y tecnología.

De alguna manera, se puede afirmar que Estados Unidos está persiguiendo objetivos similares a China. Washington se ha propuesto acelerar la innovación y mantenerse lo más adelante posible de Pekín en capacidades de inteligencia artificial y semiconductores avanzados.

2.1. Una ofensiva legal con lagunas

Con el objetivo literal de «impulsar la innovación y la producción doméstica» y el objetivo real de reducir la cuota global desproporcionada de semiconductores (90 %) que se fabrican actualmente en Taiwán dado el elevado riesgo de suministro que podría resultar de un conflicto con China sobre la isla en disputa, Washington aprobó en 2022 la Ley CHIPS y Ciencia (The White House, 2023) y comprometió 52 700 millones de dólares para la investigación, desarrollo, producción y capacitación laboral en el sector de los semiconductores en el país.

Esta ley incluye un amplio abanico de prohibiciones, restricciones y prevenciones con relación a la exportación a China de chips, equipamiento para su producción, tecnología para el diseño... e incluso afecta a los ciudadanos estadounidenses que quisieran trabajar en el sector tecnológico chino.

La nueva ley implicaba que, en sus políticas tecnológicas hacia el exterior, Washington reaccionaba adoptando lo que se ha denominado un enfoque de *patio pequeño, valla alta*, es decir, utilizando controles de exportación y herramientas similares para limitar la capacidad de las empresas chinas de acceder a tecnologías fundamentales como los chips para Inteligencia Artificial (IA) y los equipos de fabricación de semiconductores.

En los dos últimos años, Estados Unidos viene intensificando esta postura, endureciendo los controles, cerrando lagunas advertidas en el conjunto anterior de limitaciones a la exportación, ampliando los requisitos de licencia y sometiendo a más empresas chinas a restricciones comerciales, ampliando así una política que China ya había calificado como de bloqueo tecnológico y que ahora describe como *guerra económica*. Esta descripción no es realmente una sobreactuación: el objetivo principal del conjunto de controles a la exportación no es tanto proteger

a la industria americana o frenar la fuga de propiedad intelectual a su competidor, sino que es doblegar a la industria de semiconductores del país asiático ralentizando así (o impidiendo si esto fuera posible) el camino trazado por China hacia su autosuficiencia tecnológica.

Sin embargo, esta política de subsidios a la investigación y la producción y de controles de exportación conlleva amplios riesgos. China ha respondido imponiendo sus propias restricciones a la exportación de materiales clave en la producción de semiconductores y vehículos eléctricos y a su vez ha limitado el acceso al mercado chino a fabricantes de semiconductores estadounidenses.

Además, los esfuerzos de Estados Unidos por repatriar la producción se ven obstaculizados por su propia burocracia. Con problemas legales sobre el impacto ambiental de los nuevos emplazamientos de producción y la falta de personal para procesar cientos de propuestas de proyectos, ninguno de los fondos asignados por la Ley CHIPS y Ciencia había sido desembolsado un año después de su aprobación (The White House, 2022).

Merece la pena destacar el aspecto de la prohibición a sus nacionales de trabajar en tecnológicas chinas porque realmente ahí se encuentra un elemento crucial. China venía reclutando personal especializado en los EE. UU., Corea, Taiwán y Japón. Este personal altamente cualificado es esencial en la producción y al cortar esta posibilidad se pretende evitar también la transferencia de *know-how*. La prohibición sin embargo solo alcanza a ciudadanos norteamericanos por lo que el sistema tiene evidentes lagunas.

Mientras tanto, la industria doméstica de semiconductores se enfrenta a un problema de personal cualificado: no son suficientes los estadounidenses que poseen el nivel de formación necesario en campos STEM⁴ y para hacer más grave la cuestión, Estados Unidos pierde muchos de los estudiantes internacionales que forma con ese perfil en favor de Australia, Canadá, el Reino Unido y otros países cuyas Visas de Talento (Talent VISA) son más generosas y menos engorrosas en su tramitación que las que ellos ofrecen.

⁴ STEM es un acrónimo que se refiere a las disciplinas académicas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Estas áreas de estudio abarcan una amplia gama de campos que se enfocan en la resolución de problemas, la innovación y el avance tecnológico y son fundamentales para el progreso en la sociedad y la economía moderna.

La estrategia tecnológica de Washington se centra de manera solo limitada en la inversión doméstica, ignorando el hecho de que la competencia real se está desarrollando más allá de las fronteras de Estados Unidos y de China. Son los ecosistemas tecnológicos, no las industrias nacionales, los verdaderos competidores. El éxito de Estados Unidos, por tanto, depende no solo de la innovación y producción interna, sino también de las decisiones que tomen las empresas y los inversores en Alemania, India, Israel, Japón, México, Arabia Saudita, Corea del Sur y otros países del mundo. Para fortalecer e integrar estos componentes críticos de su ecosistema más amplio, Washington necesita tanto invertir directamente como fomentar la inversión privada en el desarrollo tecnológico en el extranjero; se necesitan fondos para construir asociaciones de investigadores, cadenas de suministro resilientes y una red con los recursos y la capacidad de innovación para liderar el mundo en las tecnologías del futuro. Esta diferencia con el modelo chino es a la vez fortaleza y debilidad para los norteamericanos.

3. Evolución de la competencia tecnológica por el liderazgo

Hasta hace poco, realmente hasta el final de la anterior década, EE. UU. lideraba cómodamente en innovación y desarrollo tecnológico, mientras China parecía contentarse con seguirle los pasos. Pero el ascenso vertiginoso de China, iniciado con las reformas de Deng Xiaoping y consolidado bajo Xi Jinping, ha reconfigurado el tablero. Aunque persisten las dudas sobre la verdadera magnitud de los avances tecnológicos chinos, lo que es innegable es que China ha pasado a ser el mayor desafío a la continuidad de la primacía estadounidense.

Este cambio marca una nueva era en las relaciones sino-estadounidenses. Tras la caída del Muro de Berlín, Washington buscó incorporar a Pekín en un sistema global basado en reglas y apoyó su ingreso en la OMC. Pero con el tiempo, las diferencias ideológicas y estratégicas han avivado las tensiones, transformando lo que alguna vez fue una relación constructiva en una rivalidad implacable.

Durante años, múltiples voces, desde ex altos mandos del ejército de Estados Unidos hasta una plétora de informes de *think tanks* independientes, han advertido sobre el creciente poderío tecnológico de China. La conclusión es unánime: China está superando a Estados Unidos en áreas estratégicas que podrían convertirla en

la primera potencia en defensa, robótica e inteligencia artificial en un futuro cercano.

Un nuevo y exhaustivo estudio realizado por el Australian Strategic Policy Institute (ASPI)⁵ ha puesto cifras a estas preocupaciones: China ya aventaja a Estados Unidos en 37 de las 44 tecnologías estratégicas analizadas, abarcando sectores tan diversos como el espacio, la energía y la computación cuántica. Estas no son solo tecnologías actuales, sino que son aquellas en las que sus avances definirán las próximas décadas.

El informe de ASPI, que analiza la investigación y producción científica de alto nivel realizada en varios países entre 2018 y 2022, ofrece un panorama inquietante para los americanos. Según los autores, las democracias occidentales están perdiendo la competencia tecnológica global. China ha sentado las bases para convertirse en la superpotencia tecnológica dominante, con una sorprendente ventaja en la mayoría de las disciplinas emergentes.

Ese liderazgo chino se está consolidando en áreas especialmente sensibles, como el desarrollo de tecnología militar hipersónica. El país alberga siete de los diez institutos de investigación más avanzados en este campo, un hecho que subraya su intención de desafiar la superioridad militar de Estados Unidos.

El Departamento de Defensa de Estados Unidos ya alertó sobre este asunto en su informe anual de 2022 (U.S. Department of Defense, 2022) sobre los desarrollos militares y de seguridad de China. Según el informe, la capacidad hipersónica china está extremadamente avanzada, un hecho que se observa con el despliegue del misil balístico de alcance medio DF-17 equipado con un vehículo planeador hipersónico (HGV), capaz de transformar la Fuerza de Misiles del Ejército Popular de Liberación Chino. Este sistema, operativo desde 2020, está diseñado para atacar bases y flotas militares en el Pacífico Occidental.

En su intento por frenar el ascenso tecnológico de China, Estados Unidos ha implementado una serie de medidas destinadas a cortar el acceso de Pekín a tecnologías clave, particularmente en el

⁵ Australian Strategic Policy Institute (ASPI) El Australian Strategic Policy Institute (ASPI) es un importante *think tank* con sede en Australia que se enfoca en cuestiones de política de seguridad, defensa y estrategia internacional. ASPI realiza investigaciones, análisis y aboga por la formulación de políticas en temas relacionados con la seguridad nacional de Australia, la geopolítica regional y global y otros asuntos estratégicos.

ámbito de los semiconductores y de la inteligencia artificial como se ha detallado en el capítulo anterior. El núcleo de esta estrategia es la restricción del acceso chino a microchips de última generación, esenciales para cualquier avance en estos campos. Si bien las sanciones y listas negras han demostrado ser efectivas en casos puntuales, como el de Huawei⁶ (ver epígrafe siguiente), hasta ahora no han logrado detener el progreso tecnológico de China y de sus principales empresas.

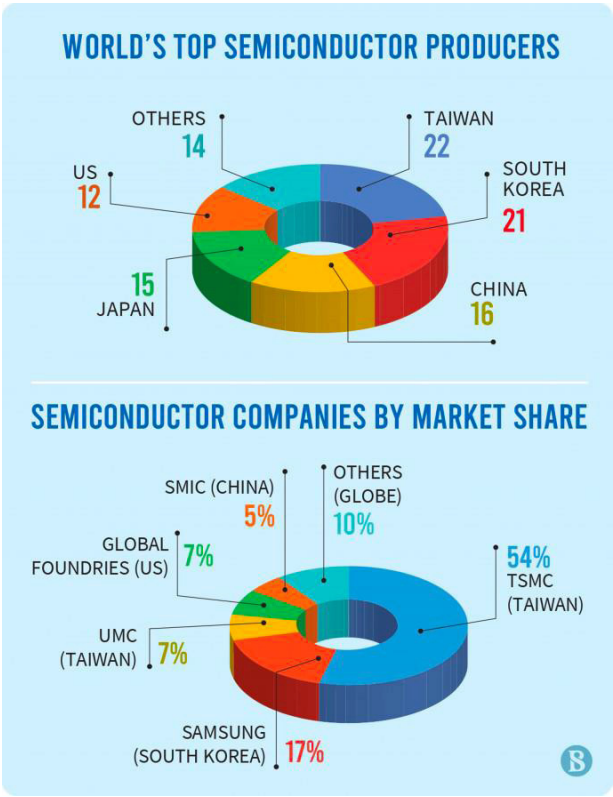


Figura 2: Who´s who en el mundo de los semiconductores.
Fuente: Brooking Institution

La administración estadounidense se ha centrado en limitar la exportación de maquinaria necesaria para la producción de microchips avanzados. En el otoño del pasado 2023, Washington aprobó como complemento a la Ley de CHIPS y Ciencia una serie de restricciones entre las que se encuentran la de la prohibición a las empresas estadounidenses de la fabricación de chips con

⁶ Ver apartado 4 en este mismo capítulo

nodos inferiores a los veintiocho nanómetros en China y Rusia durante la próxima década. Esta medida es crucial, dado que los chips más avanzados se fabrican en escalas de tres a cinco nanómetros. Estas restricciones y limitaciones a China y Rusia podrían volverse aún más efectivas tras haber logrado la adhesión de Japón y Países Bajos a las mismas.

					Overlay (nm)			Lens		Resolution (nm) @ λ=7	
					SMO	MMO	MMO to EUV	NA	0.35	0.25	
no longer offered	XT:1700		45nm					1.2	56	40	
	XT:1900		32nm		4.6			1.35	50	36	
	NXT:1950	2009	20nm			5.5					
	NXT:1965C	2013	20/14nm	3D NAND	2.5	4.5					
blocked	NXT:1970	2013	14nm			3.5					
	NXT:1980D	2015/6	10nm	18nm DRAM	1.6	2.5					
	NXT:2000	2018	7nm			2.5					
	NXT:2050	2021	5nm				2.5				
	NXT:2100	2023/4	2nm		0.9	1.3					

Figura 3: Equipos ASML prohibidos/autorizados para export China. Fuente: Reuters

3.1. El papel crítico de Japón y Países Bajos

La importancia de estos nuevos aliados no radica tanto en el tamaño de sus economías, sino en las empresas tecnológicas clave que albergan. Países Bajos es la sede de ASML⁷, la única compañía en el mundo capaz de construir equipos de litografía ultravioleta extrema, indispensables para la producción de microchips de última generación. Sin acceso a esta tecnología, la capacidad de China para fabricar chips por debajo de los diez nanómetros se ve severamente limitada, lo que afecta a su capacidad para desarrollar tecnologías cruciales como teléfonos móviles, ordenadores y, especialmente, los centros de datos y supercomputadoras necesarios para el desarrollo de la inteligencia artificial.

Japón, aunque superado en el mercado de semiconductores por Corea del Sur, sigue siendo un actor clave en la producción de equipos de litografía ultravioleta profunda, la segunda tecnología más avanzada en esta área. Además, empresas japonesas como Nikon y Lasertec son cruciales en este sector, al igual que el grupo Ajinomoto, que es el único proveedor mundial de una

⁷ ASML es una empresa multinacional neerlandesa que se especializa en la fabricación de equipos de litografía utilizados en la producción de chips de silicio. Sus sistemas de litografía son esenciales en la fabricación de semiconductores avanzados y son utilizados por importantes fabricantes de chips en todo el mundo. ASML es una de las empresas líderes en el suministro de equipos para la industria de semiconductores.

resina esencial para la producción de semiconductores, Ajinomoto Build-up Film (ABF)⁸

Si bien es previsible que tanto Tokio como La Haya endurezcan sus posturas en cuanto a la exportación tecnológica en relación con China, no está claro si estos controles alcanzarán el nivel de dureza aplicado por Estados Unidos.

4. El despertar estratégico de Estados Unidos

Aunque el negocio de 5G de Huawei parece haber resistido, la administración de Biden ha ampliado las sanciones a otras empresas. Esto se debió a advertencias de los servicios de inteligencia de que China estaba utilizando inteligencia artificial y supercomputación para desarrollar armas hipersónicas y para poder descifrar el sistema de mensajería más secreto del Gobierno estadounidense.

A principios de octubre de 2022, el Departamento de Comercio de EE. UU. (DoC) anunció que ampliaría el ámbito de las restricciones. En diciembre, se añadieron 36 nuevas empresas a la Lista de Entidades, incluidas Yangtze Memory Technologies (YMTC), el mayor productor de chips de memoria de China; Cambricon, una destacada empresa de diseño de chips, junto con nueve de sus filiales y Shanghai Microelectronics Equipment Group, un fabricante de herramientas para chips. Según el DoC, las entidades incluidas en la lista «son importantes en la investigación, desarrollo, fabricación y venta de chips de inteligencia artificial (IA)... [con] estrechos vínculos con organizaciones gubernamentales que apoyan al ejército chino y la industria de defensa».

Además, una nueva «regla de exportación» emitida en octubre de 2022 introdujo varios cambios adicionales. Se agregaron más artículos a la Lista de Control de Comercio (CCL), incluyendo microchips más avanzados, productos que contienen dichos chips

⁸ ABF es un tipo de material de resina utilizado en la producción de chips semiconductores. Es un componente crucial en el proceso de construcción de capas en el sustrato de un chip, que es esencial para la miniaturización y el aumento de la complejidad de los circuitos integrados modernos. ABF sirve como una capa aislante y un material dieléctrico que ayuda en el cableado y el embalaje de chips semiconductores, lo que permite el desarrollo de procesadores más potentes y eficientes. Este material ha sido y es fundamental en el avance de la tecnología informática, especialmente en la producción de CPU y GPU para ordenadores y otros dispositivos electrónicos.

y más equipos de fabricación de semiconductores. La «regla de producto directo extranjero», utilizada contra Huawei en 2020, se amplió aún más para cubrir una gama más amplia de artículos destinados a China, incluidos aquellos para su uso en supercomputación y en el desarrollo o producción de semiconductores o equipos para fabricarlos. Se prohibió expresamente que las empresas estadounidenses apoyaran la producción de microchips en China. Esta medida se tomó en respuesta a la noticia en julio de 2022 de que el desarrollador chino de chips, SMIC⁹ había producido un microchip que competía con los complejos chips fabricados en Taiwán por TSMC, lo que llevó a la administración de Biden a buscar una mayor restricción en las exportaciones a China.

Las empresas estadounidenses afectadas incluyen a los líderes en diseño de chips, Nvidia y AMD y a fabricantes de herramientas como Applied Materials y Lam Research. En cuanto a las empresas chinas, los controles afectarán a SMIC, YMTC y Chang Xin Memory. La justificación se basaba en «preocupaciones de seguridad nacional directas».

La administración Biden está afinando una regulación aún más estricta según la información que reproducen Reuters y Bloomberg (Swanson, 2024). Un borrador preliminar propone incluir alrededor de 120 empresas chinas en la lista de entidades, lo que obligaría a otras compañías a obtener una licencia especial para exportarles productos desde Estados Unidos. Este listado se centraría en firmas involucradas en la fabricación de chips, maquinaria para su producción y servicios de apoyo.

Además, ciertas fábricas chinas de chips podrían enfrentarse a restricciones internacionales que limitarían el acceso a equipos fabricados con tecnología o componentes estadounidenses, incluso si provienen de terceros países. Entre las empresas potencialmente afectadas figuran fábricas chinas supuestamente vinculadas a Huawei, como SwaySure, Shenzhen Pensun Technology, Pengxinwei IC y Qingdao Si'En.

⁹ Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC) es una empresa líder en la fabricación de semiconductores con sede en China. SMIC es una de las mayores fundidoras de circuitos integrados del mundo y ofrece servicios de fabricación de chips para una amplia variedad de aplicaciones, desde electrónica de consumo hasta equipos industriales. La empresa ha sido un actor importante en el sector de semiconductores y ha jugado un papel crucial en la cadena de suministro global de chips.

También se estarían examinando restricciones adicionales sobre los envíos de chips de memoria, cruciales para entrenar modelos de inteligencia artificial. Entre otras se han considerado umbrales más estrictos para los chips de inteligencia artificial producidos por Nvidia y otras compañías.

La revisión normativa buscaría cerrar lagunas que permiten a empresas estadounidenses sortear restricciones enviando productos a China desde filiales en países como Israel, Malasia y Singapur.

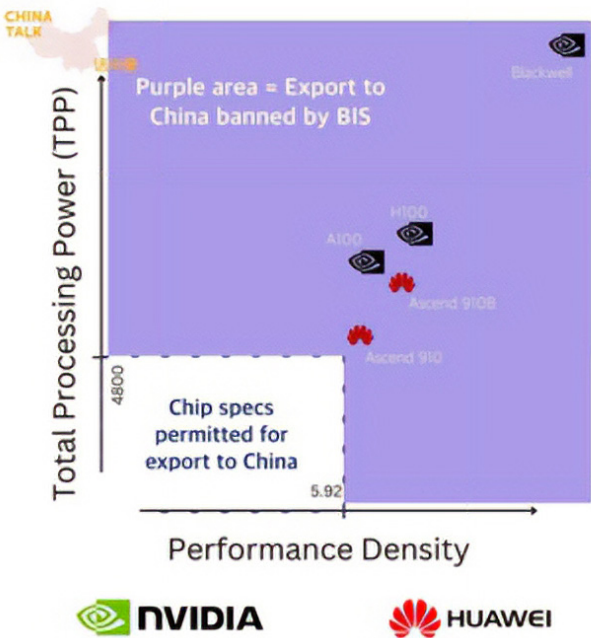


Figura 4: Reparto de capacidades de procesamiento NVIDIA/Huawei.
Fuente: Statista

4.1. La efectividad y los riesgos de las restricciones

Las restricciones impuestas, aunque dirigidas a frenar el avance chino, podrían tener efectos adversos. Si estos nuevos controles resultan plenamente efectivos, podrían obstaculizar significativamente la capacidad de China para desarrollar herramientas o instalaciones informáticas avanzadas necesarias para entrenar sistemas de inteligencia artificial. Sin embargo, estas medidas probablemente harán que China redoble sus esfuerzos por alcanzar la autosuficiencia tecnológica.

Lo cierto es que China ya ha demostrado ser capaz de avanzar en la producción de chips a pesar de las restricciones. Un informe de TechInsight¹⁰ de 2022 afirmaba que la empresa SMIC que es la mayor fundición de chips de China, podría estar produciendo en secreto componentes en el nodo de siete nanómetros. Esto generó honda preocupación en Occidente (Foster, 2022). Si China logra consolidar este avance, podría autoabastecerse de la tecnología más avanzada y mantener su competitividad en la carrera por la inteligencia artificial, a un menor coste de rendimiento.

Las restricciones también son un arma de doble filo para la industria de semiconductores en general. La última ronda de medidas restrictivas de Estados Unidos provocó una caída en el valor de las empresas estadounidenses involucradas, reduciendo su capitalización en 240 000 millones de dólares. La Asociación de la Industria de Semiconductores norteamericana (SIA)¹¹ ha advertido que las empresas de este sector necesitan invertir una quinta parte de su facturación en investigación y desarrollo, una de las tasas más altas en cualquier industria, lo que hace que las restricciones afecten directamente su capacidad de innovar.

A pesar de los esfuerzos de Washington, el éxito de esta estrategia aún está por verse. El mercado secundario sigue siendo una vía de escape para que China obtenga componentes avanzados. En enero de 2023 el *Wall Street Journal* reveló cómo la Academia Militar China, fundamental en el programa nuclear del país, logró adquirir componentes de Intel y Nvidia, a pesar de llevar bajo sanciones durante más de dos décadas (Lin, 2023). Este hecho subraya las dificultades de implementar controles efectivos en un entorno tan complejo.

China no solo lidera en tecnología militar, sino también en ocho campos clave de la industria energética, incluyendo la generación de electricidad a partir de hidrógeno, supercapacitores, baterías eléctricas, energía fotovoltaica, gestión de residuos nucleares,

¹⁰ TechInsights es un proveedor canadiense de servicios de análisis y propiedad intelectual relacionados con semiconductores para empresas de tecnología y otros suscriptores. Es conocido por su capacidad de ingeniería inversa.

¹¹ La Semiconductor Industry Association (SIA) es una asociación comercial que representa a empresas fabricantes de semiconductores en los Estados Unidos. La SIA aboga por políticas gubernamentales favorables a la industria de semiconductores, promueve la innovación tecnológica y proporciona datos e información sobre tendencias en la industria de semiconductores. La organización juega un papel crucial en la defensa de los intereses de las empresas de semiconductores y en la promoción del crecimiento y la competitividad en este sector.

biocombustibles, energía nuclear y tecnología de energía directa (láseres, microondas y ondas de sonido). Aunque Estados Unidos sigue siendo líder en computación cuántica, China ya lo ha superado en criptografía cuántica, comunicaciones y sensores cuánticos. La estrategia de contención de Estados Unidos es una respuesta directa a esta realidad y a la creciente amenaza en otros sectores.

5. La estrategia china: capitalismo de estado, talento repatriado y el provecho de las fuentes abiertas

5.1. Agudizando el ingenio

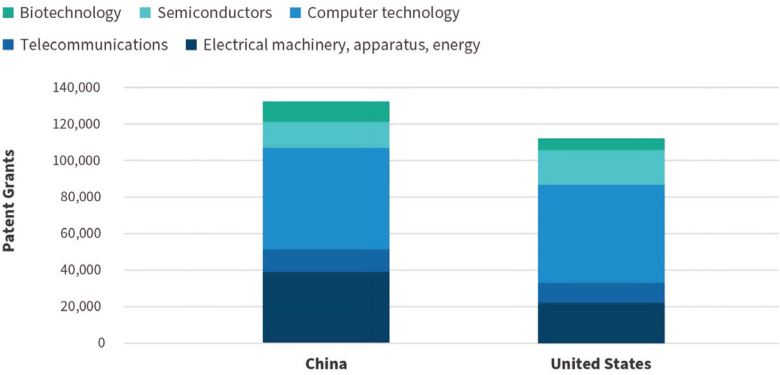
El rápido avance de China en la última década se ha basado en una fórmula clara: una inversión masiva en investigación tecnológica y el desarrollo de talento necesario para materializar estos avances. Desde 2011, China supera a Estados Unidos en el número anual de patentes y diez años después, según datos de CSIS¹² (Kersten *et al.*, 2022), ya duplica a su rival. Además, Pekín ha lanzado una agresiva campaña de repatriación de científicos e investigadores formados en el extranjero. En 2021, más de 1400 científicos abandonaron sus puestos en Estados Unidos para regresar a China (Lu y Rathi, 2023).

Sin embargo, el camino desde la investigación hasta la comercialización es largo y complejo y China aún debe resolver multitud de problemas hasta poder convertir sus patentes en productos viables y comercialmente exitosos. A pesar de ello, Washington tiene motivos para preocuparse. La colaboración público-privada en China es menos complicada que en muchos países occidentales y el capitalismo de estado chino está demostrando ser capaz de innovar, a veces con mayor eficacia que el capitalismo de mercado.

En la industria tecnológica china, existe una creciente convicción de que la tecnología de código abierto podría ser un catalizador para su desarrollo, incluso frente a las restricciones impuestas por Estados Unidos. De hecho, si los reguladores estadounidenses

¹² El Center for Strategic and International Studies (CSIS) es un *think tank* con sede en Washington, D. C., que se enfoca en temas de política exterior, seguridad nacional y asuntos internacionales. CSIS realiza investigaciones, análisis y ofrece recomendaciones políticas en una amplia gama de áreas, incluyendo seguridad cibernética, economía global, seguridad energética y estabilidad internacional. Es una institución reconocida por su influencia en el ámbito de la política exterior y la seguridad.

Patent Grants by Selected Technologies, 2020



Source: "WIPO IP Statistics Data Center," World Intellectual Property Organization Statistics Database, last modified November 2021, <https://www3.wipo.int/ipstats/keyindex.htm>.

CSIS | RENEWING AMERICAN INNOVATION PROJECT

ses decidieran frenar el avance de proyectos de código abierto liderados por su país, China podría obtener una ventaja estratégica significativa. En tal escenario, si las tecnologías de código abierto más avanzadas provinieran de China, los desarrolladores estadounidenses podrían verse obligados a construir sus sistemas sobre bases tecnológicas chinas (France 24, 2024).

Estados Unidos forjó su liderazgo en inteligencia artificial gracias a la colaboración entre empresas y académicos, un modelo que China podría replicar. La inteligencia artificial de código abierto, considerada la base del desarrollo en este campo, juega un papel crucial en esta dinámica. Si bien cualquier persona con un ordenador puede modificar el código de un software de código abierto, alterar fundamentalmente un sistema de inteligencia artificial requiere vastos recursos en términos de datos, habilidades y capacidad de computación. En el contexto de la inteligencia artificial, el código abierto implica que los componentes básicos de un sistema actúan como una plataforma que permite a otros construir sobre ella.

El dominio chino en inteligencia artificial es evidente: empresas como Tencent y Baidu lideran el número de patentes en este campo, superando con creces a gigantes occidentales como IBM, Microsoft y Alphabet (Google). Según el mencionado informe de ASPI, China ya aventaja a Estados Unidos en siete de las diez disciplinas más relevantes en IA, incluyendo *machine learning*,

análisis avanzado de datos y algoritmos de IA. Aunque Estados Unidos mantiene la delantera en supercomputadoras, procesadores de última generación y procesamiento de lenguaje natural, el margen es cada vez más estrecho (Tobin y Metz, 2024).

El ascenso tecnológico de China no es solo una cuestión de números y patentes, sino un cambio de paradigma que desafía las suposiciones occidentales sobre la innovación y el progreso. La capacidad de China para combinar el poder del Estado con la creatividad del mercado está reconfigurando el mapa tecnológico global y Estados Unidos tendrá que adaptarse rápidamente si quiere mantener su posición de liderazgo.

5.2. Innovación con control estatal

Pekín, consciente de que la tecnología es el nuevo campo de batalla, ha redoblado sus esfuerzos para reducir su dependencia de Occidente. Bajo la estrategia «Made in China 2025» y la iniciativa «Ruta de la Seda Digital», el Gobierno chino ha diseñado un ambicioso plan para convertirse en una superpotencia tecnológica reteniendo el liderazgo interno del sector.

Analicemos estas políticas con más detalle a través de sus líneas más significativas:

1. Incremento de la base tecnológica: frente a la presión estadounidense, China ha adoptado una estrategia integral, fomentando el crecimiento de miles de *pequeños gigantes*: empresas especializadas con el potencial de dominar tecnologías críticas. Esta táctica, gestionada por el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información, busca resolver los cuellos de botella tecnológicos y asegurar el liderazgo en diversos sectores clave.

Los programas de apoyo estatal de China no son una novedad, pero su enfoque se ha vuelto más sofisticado y ambicioso en los últimos años. Desde 2016, Pekín ha acelerado sus esfuerzos para fortalecer la autosuficiencia tecnológica, en respuesta a las directrices de Xi Jinping para reducir la dependencia del país en tecnología extranjera. Estos programas, inspirados en el concepto de *campeones ocultos*

del académico alemán Hermann Simon¹³, han sido adaptados para fomentar pequeñas y medianas empresas que se perfilen como líderes globales en nichos tecnológicos.

En este contexto los dos programas estrella: los *pequeños gigantes* y los *campeones individuales* son interdependientes y tienen como objetivo identificar y apoyar a empresas que ya tienen, o están en camino de alcanzar, una posición dominante en tecnologías clave. Estas iniciativas benefician actualmente a unas 10 000 empresas.

Alrededor del 30 % de los *campeones individuales* identificados en los últimos años surgieron del programa de *pequeños gigantes*, lo que sugiere que la estrategia está dando frutos. China se ha enfocado en sectores donde ya posee capacidades significativas y donde puede obtener ventajas competitivas más rápidamente.

2. Refuerzo del control estatal sobre la tecnología: a pesar del éxito de gigantes tecnológicos privados como Alibaba y Tencent, el Gobierno chino ha intensificado su control sobre la dirección tecnológica del país. El enfoque de Pekín prioriza la seguridad industrial y la influencia global, a menudo por encima de la eficiencia económica, un cambio que refleja la creciente desconfianza hacia la globalización en áreas tecnológicas críticas y que le ha permitido incrementar sus esfuerzos según una dirección única.

Algunos ejemplos sirven para ilustrar la puesta en práctica del modelo chino:

Uno de los beneficiarios destacados es GRIPM Advanced Materials Co., una empresa especializada en polvos metálicos avanzados, cruciales para la fabricación de componentes aeroespaciales mediante impresión 3D. Controlada por una empresa estatal china, GRIPM domina casi el 38 % del mercado global de estos polvos, un logro que ha sido

¹³ El concepto de *campeones ocultos* fue introducido por el académico alemán Hermann Simon para referirse a empresas relativamente desconocidas que son líderes mundiales en sus respectivos mercados, a menudo en segmentos de nicho. Estas empresas suelen tener un desempeño excepcional en cuanto a innovación, calidad y exportaciones, a pesar de no ser famosas a nivel internacional. Los *campeones ocultos* suelen tener un enfoque de larga duración, enfoque en la excelencia y un compromiso con la innovación continua. Hermann Simon ha estudiado y documentado estos tipos de empresas exitosas en varios sectores industriales.

posible gracias a la adquisición estratégica de la empresa británica Makin Metal Powders en 2015.

Otro ejemplo es Ningbo Yongxin Optics Co., que produce lentes utilizadas en satélites y en experimentos de micro-gravedad a bordo de la estación espacial china. ComNav Technology Ltd., por su parte, se ha convertido en un actor clave en la fabricación de chips y placas de circuito para sistemas de navegación por satélite, compitiendo directamente con proveedores extranjeros. Ambas están controladas por empresas gubernamentales.

Como se puede ver, la estrategia de China va más allá de simplemente competir; se trata de crear un ecosistema tecnológico autosuficiente controlado por el Estado y que pueda desafiar el dominio occidental en sectores críticos.

3. Apuesta por la autosuficiencia: la apuesta de China por la autosuficiencia en el sector tecnológico es una estrategia deliberada para asegurar su posición como líder en la economía global del futuro. Este enfoque no solo busca proteger al país de las fluctuaciones en las relaciones internacionales y las tensiones geopolíticas, sino que también aspira a poner a China a la vanguardia de la innovación global, redefiniendo el equilibrio de poder en el siglo XXI.

Un ejemplo es Aluminum Corp. Of China Ltd., uno de los mayores productores de aluminio del mundo. La empresa ha incrementado su producción de aluminio de alta gama, crucial para la industria de defensa, un área donde China sigue siendo un importador neto. Esta apuesta por la autosuficiencia en sectores clave refleja la estrategia de Pekín de reducir su dependencia de las importaciones en tecnologías críticas.

5.3. La expansión global de la tecnología china

China ha logrado, a través de una estrategia de implicación comercial directa, promover la adopción de su tecnología en todo el mundo, especialmente en los países del llamado sur global. El Estado chino ha desplegado una combinación de ayuda financiera y asistencia técnica para impulsar la compra de *hardware* y *software* chinos, con un éxito particular en África, América Latina, el Sudeste Asiático y el Medio Oriente.

Este avance no ha sido meramente comercial; ha tenido profundas implicaciones políticas. En muchas de estas regiones, la tecnología china ha sido instrumental para que sus Gobiernos fortalezcan el control sobre el acceso a la información y la vigilancia de sus poblaciones. En consecuencia, el ideal de un internet global y abierto ha sido reemplazado en muchas partes del mundo por un sistema fragmentado, controlado por Estados autoritarios que han adoptado las herramientas digitales de China.

Para la próxima década, incluso las empresas tecnológicas más grandes de Estados Unidos encontrarán difícil competir con sus rivales chinos. Aunque siguen siendo punteras, tanto en el ámbito doméstico como internacional, las compañías occidentales se ven en una creciente desventaja. Las prácticas comerciales desleales de China, que incluyen subsidios masivos, apoyo regulatorio y transferencia forzada de tecnología, han dado a sus empresas una ventaja significativa, incluso también en mercados desarrollados y ricos.

El ascenso cualitativo de las capacidades tecnológicas chinas ha llevado a una situación en la que, en sector tras sector, las empresas chinas están capturando una porción cada vez mayor del bienestar global:

En abril de 2024, G42, una gran empresa de IA con sede en los Emiratos Árabes Unidos, firmó una asociación de \$1.5 mil millones con Microsoft. Este acuerdo siguió a meses de presión discreta por parte de funcionarios de seguridad nacional de EE. UU., quienes presionaron a la empresa para reducir sus vínculos con China y mantener el acceso a tecnología crítica de EE. UU., incluidos los chips de Nvidia. Posteriormente, una entidad de inversión bajo la supervisión del Asesor de Seguridad Nacional de los Emiratos asumió el control del fondo G42, que posee participaciones en gigantes tecnológicos chinos como ByteDance y JD.com. En mayo, el fondo de capital de riesgo de Saudi Aramco participó en una ronda de financiación de \$400 millones para Zhipu AI, la mayor *startup* china de IA generativa, que aspira a competir con OpenAI.

Estos movimientos ilustran un cambio en el panorama geopolítico, en el que las potencias medias influyentes rechazan cada vez más la noción de que mantener relaciones sólidas tanto con Occidente como con sus adversarios estratégicos sea mutuamente excluyente.

6. El impacto del conflicto: desde la gobernanza tecnológica global a la fragmentación normativa

El creciente poder de China también ha hecho que sea casi imposible para las democracias occidentales imponer sus preferencias en la gobernanza tecnológica global. La influencia de China en el desarrollo de estándares técnicos dentro de organizaciones internacionales ha crecido significativamente, desafiando la capacidad de Occidente para liderar en esta área.

Desde principios de la década de 2020, la falta de interés en la cooperación científica ha impedido que Estados Unidos, Europa y China lleguen a acuerdos sobre las normas y principios básicos que deberían guiar el desarrollo de tecnologías de alto riesgo. Esto ha resultado en una arquitectura de gobernanza fragmentada e incompleta, en la que países, empresas y laboratorios individuales avanzan sin un marco ético-normativo común.

En áreas como la inteligencia artificial, China ha intensificado el uso de aplicaciones que socavan los derechos individuales y las libertades, como las tecnologías de reconocimiento facial controladas por el Estado para monitorear las actividades de los ciudadanos, no solo en China, sino también en partes del mundo que han adoptado sus tecnologías.

Pero esta lista de preocupaciones no se detiene aquí. La colaboración científica entre Estados Unidos y China y por extensión entre China y muchos de los aliados de Estados Unidos, ha disminuido drásticamente desde 2023. La cooperación transfronteriza que alguna vez fue un pilar del progreso científico global ha sido reemplazada por un ambiente de desconfianza y hostilidad, donde el intercambio de conocimientos científicos está severamente limitado.

Esta fragmentación ha debilitado el avance científico en áreas cruciales, desde la investigación sobre el cáncer hasta las innovaciones en energía, poniendo en riesgo el progreso global.

El escenario descrito plantea dos riesgos principales:

En primer lugar, el riesgo de una desconexión excesiva entre las economías y sistemas tecnológicos de Estados Unidos y China, lo que podría llevar a un conflicto más amplio entre los objetivos geopolíticos y económicos de ambos países.

Y además el riesgo de dañar la gobernanza global. Si la competencia estratégica entre Estados Unidos y China sigue en su curso actual, la arquitectura global que guía el desarrollo tecnológico podría verse seriamente comprometida, con consecuencias negativas para la cooperación internacional y la innovación.

7. La competencia por la supremacía: un entorno crítico para la industria aeroespacial y de defensa

Los semiconductores avanzados desempeñan un papel fundamental en la industria aeroespacial y de defensa (A&D), ya que estos chips realizan funciones altamente especializadas que requieren priorizar el rendimiento sobre otros criterios comunes en el sector comercial, donde la rapidez en el mercado, la simplicidad de fabricación y el costo suelen ser las prioridades. Las diferencias, por lo tanto, son numerosas y significativas. La primera diferencia no es tecnológica ni funcional: el valor total del mercado de semiconductores en A&D representa solo entre el 1 % y el 2 % del mercado global, que ronda los seiscientos mil millones de dólares, lo que implica una influencia limitada en ese mercado.

Debido a las exigencias de alto rendimiento, el diseño de estos semiconductores es generalmente muy complejo. Además, las especificaciones militares y espaciales son mucho más rigurosas debido a los requisitos operacionales, lo que implica que los parámetros de diseño, como la temperatura, la radiación (especialmente en el espacio), la humedad y los golpes, deben abarcar rangos más amplios. Asimismo, la vida útil esperada de los chips de A&D es considerablemente mayor que la de los chips comerciales.

Aunque la producción de chips para A&D sigue los mismos pasos básicos que la de otros chips, cada etapa tiene requisitos y desafíos distintos que exigen un control más riguroso y recursos superiores. Por ejemplo, a menudo se utilizan empaques de cerámica-metal para aumentar la fiabilidad, lo que también añade complejidad y costo. Además, las pruebas de estos chips requieren más tiempo y atención, ya que deben ser certificados o cualificados según estándares muy exigentes. Otro ejemplo de diferencia es la elección del sustrato de los chips: mientras que los chips comerciales generalmente utilizan silicio, los de A&D requieren una variedad de sustratos

según la aplicación. Además del silicio y el carburo de silicio, los chips de A&D a menudo requieren materiales más exóticos para un mejor rendimiento, como el galio y sus compuestos (arseniuro, nitruro, etc.), indio y sus compuestos (fosfuro, etc.), antimonuros y otros. Por lo tanto, se necesitan fundiciones especializadas y a pesar de la existencia de muchas fundiciones industriales y grandes programas nacionales, como la Iniciativa Trusted Foundry de EE. UU.¹⁴, gran parte de la producción de estos materiales aún se realiza en Asia (más del 80 % de la producción mundial de arseniuro de galio, por ejemplo, se lleva a cabo hoy en Taiwán por empresas como WIN o TSMC).

Debido a la complejidad de los chips de A&D, la red de proveedores es más especializada, lo que limita la disponibilidad de opciones. Además, la seguridad es una preocupación constante en el proceso de fabricación de chips de A&D, ya que las amenazas cibernéticas están presentes en todas las fases del proceso y requieren contramedidas adecuadas. Como se mencionó anteriormente, la red de proveedores es aún más especializada que la de los chips comerciales, lo que añade un nivel crítico al proceso de producción.

Otro riesgo importante para las industrias europeas y asiáticas de A&D radica en que, al igual que muchas otras industrias cuyos ingresos dependen significativamente de la exportación, se verán afectadas por la actual tendencia en las decisiones de los Estados Unidos a repatriar elementos de la cadena de suministro. Esta tendencia podría restringir las opciones de los compradores e incrementar la proporción de componentes fabricados en Estados Unidos en sus productos, lo que, a su vez, sometería a más de esos productos al control de las normativas de exportación de EE. UU.

Es decir, la industria de A&D occidental, que comparte una cadena de suministro articulada con otras industrias, se encuentra en una situación aún más crítica debido a su complejidad y a la extrema especialización de algunos de sus proveedores, lo que

¹⁴ La Iniciativa Trusted Foundry de los EE. UU. es un programa del Departamento de Defensa de los Estados Unidos que tiene como objetivo garantizar el suministro seguro y confiable de circuitos integrados para aplicaciones críticas de defensa y seguridad nacional. Este programa implica colaboraciones con fundiciones de confianza para producir chips que cumplan con estándares rigurosos de seguridad y confiabilidad. La Iniciativa Trusted Foundry busca mitigar riesgos de ciberseguridad y asegurar la disponibilidad de componentes críticos para las operaciones militares y gubernamentales.

dificulta la búsqueda de alternativas. La diferencia entre EE. UU. y el resto del mundo sigue siendo considerable en términos de tecnología, capitales y preparación, con EE. UU. en una posición mucho más fuerte.

Desde otra perspectiva, sin embargo, la industria de A&D casi siempre disfruta de un vínculo beneficioso con los Gobiernos: a veces, los Gobiernos tienen al menos una participación parcial en esas industrias y siempre mantienen un nivel constante de control y atención. Los Gobiernos occidentales también financian una parte significativa de la investigación y el desarrollo, como lo han demostrado la Ley de Chips Europea y la Ley de Chips y Ciencia en EE. UU.

En definitiva, en un posible escenario de *guerra de chips*, el sector de A&D se enfrentaría a una situación más complicada que otras industrias, pero probablemente contaría con el apoyo gubernamental necesario para enfrentarse a los desafíos de manera más efectiva.

8. Conclusiones

Una guerra tecnológica está en marcha, con Washington al timón y en la ofensiva. La acción política más significativa hasta ahora ha sido la inclusión de Huawei y más de 150 de sus filiales en una lista de entidades sancionadas. Este movimiento ha generado una separación entre la tecnología punta estadounidense y Huawei, con el proceso de desacoplamiento ya avanzado, si no es que completo. Sin embargo, los resultados de estas sanciones no han sido los que Washington esperaba. A pesar de la presión, Huawei ha logrado mantener su posición como líder global en innovación 5G y sigue siendo un proveedor destacado de estaciones base 5G.

Este conflicto tecnológico pone en riesgo la cooperación entre Estados Unidos y China en otras áreas políticas cruciales, ya que Beijing percibe la guerra tecnológica como una agresión encaminada a impedir su progreso. Además, la situación ha expuesto las limitaciones de la influencia estadounidense sobre sus aliados y terceros países, muchos de los cuales están optando por la infraestructura 5G más asequible de Huawei. No obstante, la continuación y expansión de esta estrategia por parte de la administración Biden sugiere que, en el futuro, Washington podría priorizar cada vez más los intereses de seguridad sobre los

comerciales en su esfuerzo por preservar la primacía estadounidense en el escenario global.

El enfrentamiento arancelario y la inclusión de empresas en listas negras han dejado su huella en la cadena de suministro de semiconductores. En su intento por contener el avance tecnológico de China, Estados Unidos ha impuesto restricciones a la exportación de equipos avanzados para la fabricación de semiconductores, buscando frenar las aspiraciones de China de alcanzar la autosuficiencia en la producción de chips.

A corto plazo, es probable que China mantenga su actual reacción moderada y concentre la mayor parte de sus esfuerzos en resolver sus problemas internos, intentando, como hemos señalado, recuperar una posición significativa en el mundo de los semiconductores a través de sus propias políticas ya mencionadas.

Sin embargo, cuando miramos hacia el medio plazo, hacer cualquier tipo de predicción se torna arriesgado debido a la influencia predominante de la situación política sobre todo en los EE. UU.

En cualquier caso, un cambio significativo con respecto a la situación actual provendrá, como hemos mencionado, de una tendencia hacia la desglobalización, basada en grandes inversiones públicas y privadas planificadas y en iniciativas gubernamentales. Esto resultará en una tendencia marcada hacia el *inshoring*, es decir, traer de vuelta una gran parte de la cadena de suministro, especialmente en lo que respecta a la producción. El impacto de este movimiento deberá ser analizado con detenimiento por las múltiples implicaciones y derivaciones geopolíticas del mismo.

La batalla por el chip es un *juego de tronos* moderno, un tablero de ajedrez global donde las naciones compiten por la supremacía, no con espadas y escudos, sino con políticas comerciales, alianzas estratégicas y el oculto mundo del espionaje.

El movimiento inicial en este juego estratégico es la manipulación de políticas comerciales y la imposición de aranceles, maniobras que tienen repercusiones significativas en las cadenas de suministro. Y todo ello por la profunda importancia de los semiconductores como los bloques fundamentales de prácticamente toda la tecnología moderna, desde teléfonos inteligentes hasta satélites. Estados Unidos y China son los principales actores en este drama global.

La guerra tecnológica/de chips trasciende la mera rivalidad tecnológica; encapsula el cambio más amplio en las dinámicas de poder global en el siglo XXI. Los semiconductores, antes dominio de industrias especializadas, ahora se erigen como símbolos de la fortaleza nacional: son esenciales para la defensa, fundamentales para la estabilidad económica y cruciales para la autonomía estratégica. En este contexto, la carrera por la supremacía es un reflejo de ambiciones nacionales más amplias, donde asegurar una ventaja en la tecnología de chips equivale a asegurar el futuro de una nación en un panorama global volátil.¹⁵

Los resultados de esta contienda en curso sin duda moldearán el panorama geopolítico durante décadas. La capacidad de una nación —o su incapacidad— para producir y controlar estos componentes críticos no solo determinará sus capacidades militares y económicas, sino que también influirá en el tejido mismo de la privacidad y seguridad individual.

El futuro de este juego de ajedrez global, donde las apuestas van mucho más allá de la industria de semiconductores, está destinado a definir la jerarquía tecnológica del mañana.

Bibliografía

- Alper, A., Sterling, T. y Nellis, S. (2020). Trump administration pressed Dutch hard to cancel China chip-equipment sale-sources [en línea]. *Reuters*. [Consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.reuters.com/article/us-asml-holding-usa-china-insight-idUSKBN1Z50HN/>
- Bateman, J. (2022). *U.S.-China technological «decoupling»: a strategy and policy framework* [en línea]. Washington, D. C., Carnegie Endowment. [Consulta: 2024]. Disponible en: https://carnegie-production-assets.s3.amazonaws.com/static/files/Bateman_US-China_Decoupling_final.pdf
- Berman, N., Maizland, L. y Chatzky, A. (2023). *Is China's Huawei a threat to U.S. national security?* [en línea]. Nueva York, Council on Foreign Relations. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.cfr.org/backgrounder/chinas-huawei-threat-us-national-security>

¹⁵ Global Trends 2040. US National Intelligence Council. pag 54-68. Disponible en: https://www.dni.gov/files/ODNI/documents/assessments/GlobalTrends_2040.pdf

- Blackwill, R. D. y Harris, J. M. (2016). *War by other means: geo-economics and statecraft*. Cambridge, Belknap.
- Brooks, S. G. y Wohlforth, W. (2023). The myth of multipolarity: America's staying power. *Foreign Affairs*. 102(3), 76-91.
- Capri, A. (2020). Strategic US-China decoupling in the tech sector: why and how it's happening [en línea]. *Hinrich Foundation*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.hinrichfoundation.com/research/wp/tech/us-china-decoupling-tech/>
- Cotton, T. (2021). *Beat China: targeted decoupling and the economic long war* [en línea]. Washington, D. C., U.S. Senate: Office of Senator Tom Cotton. [Consulta: 2024]. Disponible en: https://www.cotton.senate.gov/imo/media/doc/210216_1700_China%20Report_FINAL.pdf
- De Graaff, N., ten Brink, T. y Parmar, I. (2020). China's rise in a liberal world order in transition [en línea]. *Review of International Political Economy*. 27(2), pp. 191-2007. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09692290.2019.1709880>
- Departamento de Seguridad Nacional. (2021). *Estrategia de Seguridad Nacional*. Madrid. Gobierno de España.
- Federal Register. (2021). Addressing the threat from securities investments that finance certain companies of the People's Republic of China [en línea]. *Federal Register, The Daily Journal of the United States Government*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.federalregister.gov/documents/2021/06/07/2021-12019/addressing-the-threat-from-securities-investments-that-finance-certain-companies-of-the-peoples>
- Federal Register. (2022). *Robust consideration of evolving national security risks by the committee on foreign investment in the United States* [en línea]. *Federal Register, The Daily Journal of the United States Government*. [Consulta: 2024].
- Ford, C. (2020). *U.S. national security export controls and Huawei: the strategic context in three framings* [en línea]. Washington, D. C., U.S. Department of State. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://2017-2021.state.gov/wp-content/uploads/2020/06/T-Paper-series-DPR-Formatted-508.pdf>
- Foster, S. (2022). SMIC's 7-nm chip process a wake-up call for US [en línea]. *Asia Times*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://asiatimes.com/2022/07/smics-7-nm-chip-process-a-wake-up-call-for-us/>

- France 24. (2024). El primer ministro chino pide cooperación internacional en materia de IA [en línea]. *France 24*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.france24.com/es/minuto-a-minuto/20240704-el-primer-ministro-chino-pide-cooperaci%C3%B3n-internacional-en-materia-de-ia>
- Gondim, I., Ogasavara, M. H. y Masiero, G. (2018). Effects of Outward Foreign Direct Investment on Domestic Investment: The Cases of Brazil and China [en línea]. *Journal of International Development*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jid.3368>
- Grassano, N. et al. (2022). *The 2022 EU industrial R&D scorecard* [en línea]. Luxemburgo, European Commission. [Consulta: 2024]. Disponible en: https://iri.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/contenttype/scoreboard/2022-12/EU%20RD%20Scoreboard%202022%20FINAL%20online_0.pdf
- Grötsch, K. (2023). Tercer Foro de la Franja y la Ruta para la Cooperación Internacional [en línea]. *Cátedra China*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.catedrachina.com/single-post/tercer-foro-de-la-franja-y-la-ruta-para-la-cooperaci%C3%B3n-internacional>
- Harris, P. y Marinova, I. (2022). American primacy and US-China relations: the cold war analogy reversed [en línea]. *The Chinese Journal of International Politics*. 15(4), pp. 335-351. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/cjip/poac016>
- Ikenberry, G. J. (2022). A rival of America's making? The debate over Washington's China strategy. *Foreign Affairs*. 101(2), pp. 172-188.
- Jing Qian, N. T. (2024). China: ¿el reajuste de Xi? La estrategia del tercer pleno en 10 puntos [en línea]. *El Grand Continent*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://legrandcontinent.eu/es/2024/07/15/china-el-reajuste-de-xi-la-estrategia-del-tercer-pleno-en-10-puntos/>
- Jones et al. (2023). Competing without fighting. China's Strategy of Political Warfare [en línea]. *CSIS*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.csis.org/analysis/chinas-strategy-political-warfare>
- Kersten, A., Athanasia, G. y Arcuri, G. (2022). What Can Patent Data Reveal about U.S.-China Technology Competition? [en línea]. *CSIS*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.csis.org/analysis/us-china-technology-competition>

- csis.org/analysis/what-can-patent-data-reveal-about-us-china-technology-competition
- Krach, K. (2020a). The free world must unite against Huawei [en línea]. *Daily Telegraph*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.telegraph.co.uk/news/2020/06/25/free-world-must-unite-against-huawei/>
- Leonard, M. (2023). China is ready for a world of disorder: America is not. *Foreign Affairs*. 102(4), pp. 116-127.
- Lin, L. (2023). China's Top Nuclear-Weapons Lab Used American Computer Chips Decades After Ban [en línea]. *The Wall Street Journal*. [Consulta: 2024].
- Lu, C. y Rathi, A. (2023). Chinese Scientists Are Leaving the United States [en línea]. *Foreign Policy*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://foreignpolicy.com/2023/07/13/chinese-scientists-united-states-research-tech-academia-china-initiative/>
- Mearsheimer, J. (2021). The inevitable rivalry: America, China, and the tragedy of great power politics. *Foreign Affairs*. 100(6), pp. 48-58.
- Miller, Chris (2022). *Chip Wars FT*.
- Pardo de Santayana, J. M. (2021). Taiwán, la mecha que podría prender una gran guerra [en línea]. *Panorama geopolítico de los conflictos 2021*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. [Consulta: 2024]. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/panoramas/panorama_geopolitico_conflictos_21.pdf
- Romero Junquera, A. (2023). Taiwán, el conflicto que puede cambiar la geopolítica del Pacífico [en línea]. *IEEE Panorama Estratégico de los Conflictos 2023*, p. 271. [Consulta: 2024]. Disponible en: https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/p/a/pan_geo_conflictos_2023.pdf
- Ryan, M. y Burman, S. (2024). The United States-China 'tech war': Decoupling and the case of Huawei [en línea]. *Global Policy*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1758-5899.13352>
- Sargent, J., Singh, M. y Sutter, K. (2023). *Frequently asked questions: CHIPS act of 2022 provisions and implementation* [en línea]. Washington, D. C., Congressional Research Service. 25 April. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47523#:~:>

- text=117%2D167)%20establishes%20and%20appropriates, in%20the%20semiconductor%20supply%20chain
- Sevastopulo, D. y Fleming, S. (2023). Netherlands and Japan to join US in restricting chip exports to China [en línea]. *Financial Times*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.ft.com/content/baa27f42-0557-4377-839b-a4f4524cfa20>
- Sutter, K. M. (2020). «*Made in China 2025*» industrial policies: issues for congress [en línea]. Washington, D. C., Congressional Research Service. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF10964/6>
- Swanson, A. (2024). U.S. Vies With Allies and Industry to Tighten China Tech Controls [en línea]. *The New York Times*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2024/08/09/business/economy/china-us-chip-semiconductors.html>
- Tang, R. Y. W. y Kuanchin Chen, K. (2015). China's International Investment and the United States [en línea]. *The Journal of Corporate Accounting & Finance*. [Consulta: 2024]. Disponible En: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jcaf.22069>
- The Economist. (2023). Taiwan's dominance of the chip industry makes it more important [en línea]. *The Economist*. [Consulta: 2024].
- Tobin, M y Metz, C. (2024). China Is Closing the A.I. Gap With the United States [en línea]. *The New York Times*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2024/07/25/technology/china-open-source-ai.html>
- U.S. Department of Defense. (2022). *2022 China Military Power Report*. U.S. Department of Defense.
- US National Intelligence Council (2021). *Global Trends 2040. A more contested world* [en línea]. US National Intelligence Council. Pp. 54-68
- Wang, D. (2023). China's hidden tech revolution: how Beijing threatens US Dominance [en línea]. *Foreign Affairs*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.foreignaffairs.com/china/chinas-hidden-tech-revolution-how-beijing-threatens-us-dominance-dan-wang>
- The White House. (2022). FACT SHEET: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China [en línea]. *The White House*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/09/>

- . (2023). FACT SHEET: One Year after the CHIPS and Science Act, Biden-Harris Administration Marks Historic Progress in Bringing Semiconductor Supply Chains Home, Supporting Innovation, and Protecting National Security [en línea]. *The White House*. [Consulta: 2024]. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/08/09/fact-sheet-one-year-after-the-chips-and-science-act-biden-harris-administration-marks-historic-progress-in-bringing-semiconductor-supply-chains-home-supporting-innovation-and-protecting-national-s/>
- Wong, E. y Swanson, A. (2024). U.S. Creates High--Tech Global Supply Chains to Blunt Risks Tied to China [en línea]. *The New York Times*. [Consulta: 2024].