



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona



Policy Papers Collection 2026-14

EL ECOSISTEMA GLOBAL DE SEMICONDUCTORES E IA. LA TRIPLE CONTESTABILIDAD COMO ESTRATEGIA PARA EUROPA

Vicente Ortún-Rubio

Centre de Recerca en Economia i Salut (CRES)

Universitat Pompeu Fabra

Francisco Estupiñán-Romero

Data Scientist for the Health Services and Policy Research group

Institute for Health Sciences in Aragón (IACS)

The Policy Papers Collection includes a range of articles on Health Economics and Health Policy conducted and selected by researchers from the Centre for Research in Health and Economics of the Pompeu Fabra University (CRES-UPF).

'This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium provided that the original work is properly attributed.'



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Barcelona, septiembre 2026

El ecosistema global de semiconductores e IA. La triple contestabilidad que Europa necesita.

Vicente Ortún y Francisco Estupiñán

I.- INTRODUCCIÓN Y SÍNTESIS

Pretendemos, desde una perspectiva española y europea, fundamentalmente sanitaria, considerar las vías de adaptación, política y gestora, a la disrupción social y tecnológica que la IA supone.

Nuestra tesis es que Europa no necesita reproducir íntegramente las cadenas tecnológicas estadounidense o china. Debe integrar su mercado, especializarse en capacidades distintivas y utilizar ámbitos como la sanidad para experimentar, adoptar, evaluar y escalar aplicaciones de IA, preservando siempre la contestabilidad económica, tecnológica y geopolítica.

En Baumol, Panzar y Willig¹, un mercado perfectamente contestable¹ es aquel en el que la entrada y salida son suficientemente libres y poco costosas para que incluso un monopolista establecido se comporte disciplinadamente por la amenaza de entrada. Importan especialmente la ausencia de costes hundidos irre recuperables y la posibilidad de *hit-and-run entry*.

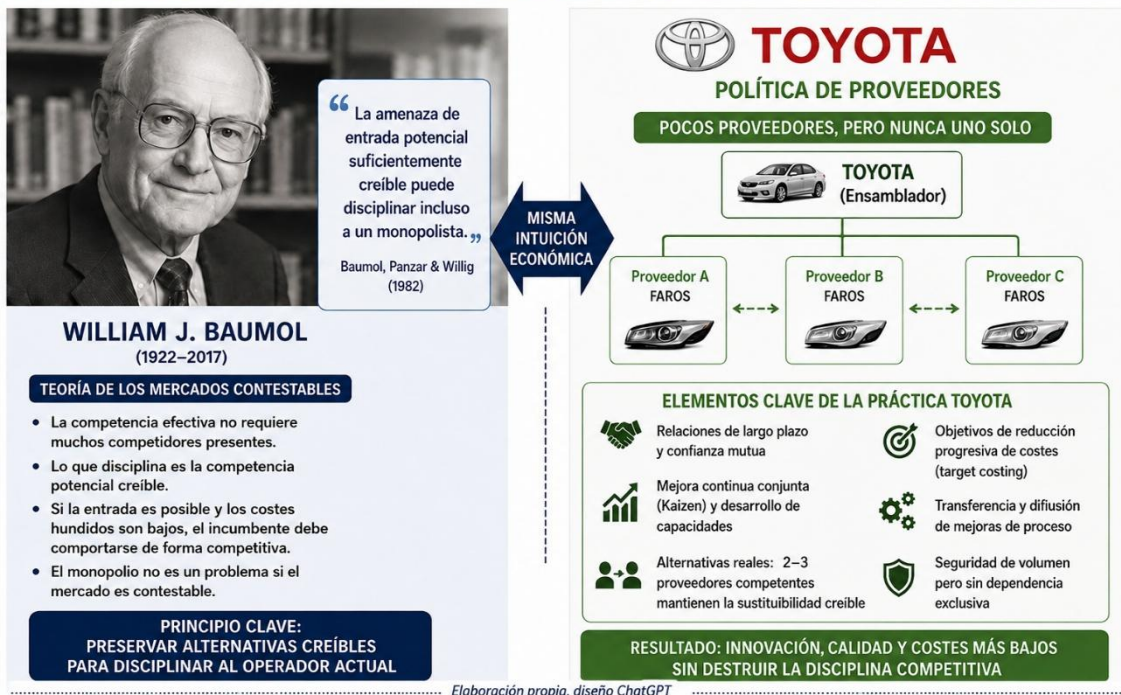
A esta contestabilidad de mercado, conviene añadir:

- Contestabilidad tecnológica, facilidad con la que el usuario puede substituir una tecnología o proveedor sin perder datos, funcionalidades ni incurrir en costes prohibitivos.
- Contestabilidad geopolítica, o, mejor aún, sustituibilidad estratégica o contestabilidad bajo coerción, posibilidad de mantener una función esencial cuando un proveedor deja de estar disponible no por razones comerciales sino por una decisión política externa.

Y aquí procede conectar Baumol con la práctica en su momento innovadora de Toyota de evitar el suministrador único de componentes en base a no destruir las alternativas que mantienen disciplinado a un proveedor. Véase el Gráfico 1.

¹ Usamos contestable por ser la traducción al español, del *contestable* inglés, más utilizada frente a sinónimos como desafiabilidad, disputabilidad o impugnabilidad, cada uno con sus matices.

GRÁFICO 1. DE BAUMOL A TOYOTA: LA DISCIPLINA COMPETITIVA SIN DESTRUIR ALTERNATIVAS



En la actual geopolítica, se diría ‘asegúrate además de que alguna de esas alternativas sobreviva, aunque las grandes potencias cierren sus mercados tecnológicos’. Europa no debería buscar simplemente diversificación de proveedores con sustituibilidad estratégica. Si la rivalidad EE. UU.-China termina obligando a Europa a excluir sistemáticamente de sus mercados a las empresas tecnológicamente más competitivas de uno de los dos bloques, la autonomía estratégica europea será mucho más cara y probablemente menor. Europa habrá dejado de elegir entre tecnologías para empezar a elegir entre dependencias. El *de-risking* europeo ha de ser selectivo, proporcional y reversible, nunca un desacoplamiento tecnológico generalizado.

La Comisión reconoce explícitamente que persisten dependencias estratégicas europeas en semiconductores, nube, infraestructuras de datos y ciberseguridad. Y acaba de dar un paso bastante significativo: en junio de 2026 presentó un paquete de soberanía tecnológica que incluye *Chips Act 2.0*, *Cloud and AI Development Act* y una estrategia europea de código abierto.

EE. UU. dispone de numerosos puntos de presión: nube, software empresarial, sistemas operativos, actualizaciones, identidad, ciberseguridad, chips y aceleradores, modelos de IA, servicios financieros digitales, etc.

La propia Comisión acaba de considerar preliminarmente que AWS y Azure deberían ser *gatekeepers* bajo la *Digital Markets Act*, destacando precisamente sus posiciones arraigadas, los costes de cambio y los efectos de *lock-in*.

La variable estratégica no debería ser el porcentaje de tecnología europea, sino el coste de salida. Si mañana desaparece un proveedor, ¿cuánto tardamos en sustituirlo? Cuatro pueden ser las capas de defensa:

1. Capacidad europea mínima en los nodos críticos. No fabricar todo, sino impedir que exista un punto único cuya retirada paralice una función esencial. Ahí encajan ASML, BSC, Openchip/BERIO, EuroHPC, fábricas de IA, nube europea y software abierto. La Comisión ha lanzado, por ejemplo, EURO-3C para desarrollar una infraestructura federada europea *telco-edge-cloud* precisamente reduciendo dependencia de terceros países.
2. Arquitecturas sustituibles. *Open source/open weight*, estándares abiertos, APIs, formatos interoperables, portabilidad de datos y aplicaciones *cloud-agnostic*. Necesitamos que Microsoft sepa que podemos irnos. Es la contestabilidad convertida en política de seguridad.
3. Diversificación internacional sin exclusiones, como ya se ha mencionado.
4. Redundancia estratégica (duplicaciones, reservas). Cara, incluso un despilfarro desde la eficiencia estática, pero se trata de comprar una opción frente a acontecimientos de baja probabilidad y consecuencias enormes.

La cadena global de semiconductores e inteligencia artificial combina una elevada especialización internacional con una extraordinaria concentración empresarial. La rivalidad entre Estados Unidos y China está transformando esa interdependencia en una fuente de poder y vulnerabilidad. Europa difícilmente podrá reproducir todas las capacidades de ambos ecosistemas, pero tampoco necesita hacerlo. Su objetivo debe ser reducir dependencias críticas, preservar alternativas y convertir sus activos científicos, regulatorios, industriales y sociales en capacidad efectiva de adopción.

La sanidad constituye un terreno privilegiado para esta estrategia. Europa dispone de sistemas universales, datos longitudinales, investigación clínica, profesionales cualificados y una gran capacidad pública de compra. Proponemos una estrategia en seis etapas: integrar, especializar, experimentar, adoptar, evaluar y escalar. Todas ellas deben preservar la contestabilidad, entendida como la posibilidad de cambiar de proveedor, portar datos, combinar modelos, auditar resultados y mantener conocimiento propio.

Plan de lectura. En el epígrafe II describiremos el ecosistema global actual de semiconductores e IA. En el epígrafe III, cómo parece que se está alterando el citado ecosistema dado que hemos dejado de vivir en un mundo unipolar. El lector, ya familiarizado con los temas de los dos epígrafes citados, puede saltar directamente al último, el más original: el IV, ¿Cómo no quedarse parados? Aquí se parte del diagnóstico de fragmentación europea y dependencias críticas, se recuerda el principio estratégico de autonomía contestable económica, tecnológica y geopolítica, se señalan las ventajas europeas y se presenta un programa de acción en seis etapas con sus indicadores y gobernanza.

Naturalmente, la originalidad siempre es relativa. Mientras preparábamos este escrito, hemos detectado paralelismos con Europa en la presentación del presupuesto 2026² de Singapur, que ha dejado claro que no pretende competir construyendo el mayor modelo de IA; pretende ser excepcionalmente bueno adoptándolo. Y señala que la ventaja de Singapur no está en construir los mayores modelos frontera, sino en desplegar la IA eficazmente, responsablemente y con rapidez. Crea *AI Missions* nacionales en cuatro sectores -manufactura avanzada, conectividad/logística, finanzas y sanidad-, con objetivos y resultados concretos, *sandboxes* regulatorios y coordinación de I+D, regulación e inversión.

II.- EL ECOSISTEMA GLOBAL DE SEMICONDUCTORES E IA

GRÁFICO 2. EL ECOSISTEMA GLOBAL DE SEMICONDUCTORES E IA



Partamos de la descripción sintética resumida en la Gráfico 2 que pasaremos a comentar para cada uno de sus tres bloques.

Bloque 1: NVIDIA y sus competidores (Diseño de chips / Fabless). Este sector agrupa a las empresas sin fábrica propia, que se dedican exclusivamente a concebir la arquitectura lógica y los algoritmos del hardware. NVIDIA es el líder indiscutible del mercado de aceleradores para entrenamiento de IA en centros de datos. La estadounidense Advanced Micro Devices (AMD) es su competidor comercial directo más directo liderando la alternativa de ecosistema abierto, basando su estrategia en su pila de software de código abierto (ROCm) y en estándares de interconexión no propietarios (como el consorcio Ultra Ethernet), en contraposición al entorno cerrado de NVIDIA (CUDA y NVLink).

- Los gigantes de la Nube (Google y Amazon Web Services - AWS) no solo compran chips, sino que diseñan sus propios procesadores a medida (TPU en el caso de Google Cloud y Trainium/Inferentia en Amazon Web Services) para reducir su dependencia y abaratar costes.
- Intel está bien posicionado con su línea Gaudi, compitiendo en precio y rendimiento específico para inferencia.
- El caso de China (Huawei y Cambricon): Debido a las restricciones comerciales de Occidente, Huawei (con su serie Ascend) y Cambricon lideran el ecosistema autónomo e interno de IA en China.
- Openchip presentó el BER10 el 30 de julio de 2026. Es un procesador RISC-V diseñado en Europa, construido mediante un proceso avanzado y ya en silicio; la empresa lo describe como plataforma de grado industrial y como primer paso hacia futuros aceleradores RISC-V para supercomputación e IA a escala de centro de datos.
- SemiDynamics. Esta empresa con sede en Barcelona se ha convertido en un actor estratégico clave en Europa gracias al diseño de núcleos e infraestructura de inferencia de IA basados en la arquitectura abierta RISC-V. Ofrece una alternativa soberana europea frente a las tecnologías tradicionales estadounidense.

Aquí, nos estamos refiriendo a la punta de lanza tecnológica, pero hay que considerar que la mayoría de los chips básicos de telecomunicaciones y procesamiento para electrónica de consumo general, que no requieren de tecnologías punteras, son actualmente producidos por China, con cadenas logísticas y de producción más cortas. Ahora mismo, algunos de los drones que se utilizan en la guerra de Ucrania, capaces de identificar y fijar objetivos por análisis de contorno de imagen con chips que se pueden encontrar ahora mismo en lavadoras comerciales o en algunos juguetes de alta gama. La innovación es crítica pero no se necesitan 2 nm para muchas de las cosas que pueden hacerse con IA que pueden llegar a producir un gran impacto.

Bloque 2: Advanced Semiconductor Materials Lithography (ASML). Poseen el monopolio mundial de las máquinas de litografía ultravioleta extrema (EUV) y las nuevas de Alta Apertura Numérica (High-NA EUV). El gráfico identifica a los, prácticamente, únicos cinco compradores del mundo con la capacidad económica y tecnológica para adquirir e instalar estas enormes y costosas máquinas para fabricar chips avanzados: TSMC, Samsung, Intel, SK Hynix (crucial para la memoria de alto ancho de banda o *High Bandwidth Memory*) que usan NVIDIA y Apple.

En litografía, ASML es el cuello de botella mundial. Empresa holandesa, hija de Philips (una *spin-off* muy exitosa), opera bajo un régimen donde EE. UU es el regulador de facto de su catálogo de clientes, obligando a la empresa a reducir sus ingresos globales.

Bloque 3: Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), la gran fundición del mundo, la manufactura pura que con los diseños del bloque 1 y las máquinas del bloque 2 fabrica obleas circulares de silicio³ de 300 mm de diámetro, en un proceso que dura 3-4 meses. Cada oblea contiene unas pocas docenas de chips² de gran tamaño (32 x 26 mm) destinados a IA. Cada uno de estos chips alberga en su interior miles de millones de transistores³, con un coste efectivo por oblea que ronda los 20.000€ a 36.000€ en los nodos de vanguardia (3nm⁴/ 2nm).

Más allá de Moore. La observación empírica realizada en 1965 por Gordon Moore (cofundador de Intel) dictamina que el número de transistores en un chip de silicio se duplica aproximadamente cada dos años, mientras que el coste de fabricación se reduce. Ha sido el motor y la guía de planificación de toda la industria tecnológica global durante más de cinco décadas. Ahora está llegando a su límite atómico del silicio —donde los transistores ya miden apenas unas decenas de átomos de ancho— la industria ya no puede encogerlos más sin que la electricidad se escape debido a efectos cuánticos.

La industria está yendo más allá de Moore en base a cuatro pilares principales:

- *chipselets* (las piezas más pequeñas resultantes de dividir un procesador),
- nuevas arquitecturas de transistores,
- nuevos materiales bidimensionales como el grafeno y la molibdenita para el canal del transistor, así como el rutenio y el cobalto para substituir al cobre en los cables de interconexión interna,
- y aceleradores especializados más allá de la distinción entre CPU y GPU, la primera gran especialización de la Informática moderna⁵.

En la era de la inteligencia artificial generativa, la eficiencia tecnológica ya no se mide únicamente en operaciones por segundo, sino en términos económicos de

² Chip (o circuito integrado). Es una pequeña pastilla de material semiconductor (normalmente silicio) que contiene en su interior millones o miles de millones de componentes electrónicos interconectados (principalmente transistores, pero también resistencias y condensadores). Es el bloque físico final que se monta en las placas de circuito para realizar tareas de procesamiento, memoria o control.

³ Transistor. Es el componente electrónico básico e indivisible de un procesador. Funciona como un interruptor microscópico que puede dejar pasar la corriente eléctrica o bloquearla. Al hacer esto, genera los estados de "1" (encendido) y "0" (apagado), que son la base del código binario con el que funcionan todas las computadoras.

⁴ Un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro (10⁻⁹ m). Originalmente, la cifra en nm (como 3nm o 5nm) indicaba la distancia física entre los transistores o el tamaño de su compuerta. Hoy en día, debido al marketing de la industria, ya no describe una medida geométrica exacta, sino el nombre comercial de una generación tecnológica (nodo). Sirve para indicar la densidad del chip: a menor número de nanómetros, los transistores son más pequeños, caben más en el mismo espacio y el procesador es más rápido y eficiente.

⁵ La Unidad Central de Procesamiento (CPU) está diseñada para el procesamiento secuencial rápido de una amplia variedad de tareas generales. Por el contrario, la Unidad de Procesamiento Gráfico (GPU) se especializa en el procesamiento masivo en paralelo de tareas matemáticas sencillas y repetitivas, una arquitectura que ha resultado ser idónea no solo para los gráficos, sino para el entrenamiento y ejecución de redes neuronales en IA.

coste por token. Esta métrica expone la verdadera naturaleza de la arquitectura informática moderna: mientras que las CPU tradicionales procesan, mayoritariamente, la información de forma secuencial y generalista, las GPU y los aceleradores especializados abordan el problema mediante el procesamiento masivo en paralelo. Sin embargo, el verdadero reto no es solo calcular rápido, sino transferir los datos a la velocidad que exige el modelo. En la generación de texto, el procesador se ve obligado a consultar miles de millones de parámetros almacenados en la memoria para producir cada palabra. Por lo tanto, el control del coste por token exige una arquitectura donde la velocidad de cómputo y el ancho de banda de la memoria estén perfectamente integrados; de lo contrario, la capacidad de procesamiento de la GPU queda ociosa esperando a que los datos lleguen desde la memoria, penalizando la rentabilidad de toda la infraestructura.

La coreana Samsung Electronics y la estadounidense Intel (a través de Intel Foundry) son los dos competidores más importantes de TSMC en la fabricación para terceros de última generación. TSMC mantiene una ventaja operativa, de rendimiento físico de chips por oblea y de confianza de mercado gigantesca.

Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), la líder mundial en fabricación de chips, bajo la presión de la primera administración Trump, en 2020, opera y expande plantas en Arizona expandiéndose substancialmente bajo la administración de Joe Biden con la aprobación de la *CHIPS and Science Act* en 2022. La Fab 21 comenzó su producción en masa de chips de 4nm a finales de 2024 / principios de 2025. Sin embargo, Taiwán dispone de un ‘escudo de silicio’ que obliga, por razones de seguridad nacional, a quedarse con las tecnologías de ‘fundición’ más avanzadas, expresadas en términos de nanómetros (nm) más pequeños. Arizona tardará, por tanto, años en llegar a la frontera.

III.- EL ECOSISTEMA GLOBAL DE SEMICONDUCTORES E IA EN UN MUNDO CON DOS POTENCIAS, EE. UU. Y CHINA

Partimos de un mundo que ha dejado de ser unipolar. Entre 1991 y aproximadamente 2017, Europa vivió bajo un paraguas excepcional:

- Seguridad estadounidense
- Energía rusa barata
- Manufacturas chinas baratas

Tras 250 años en los que la angloesfera ha sido hegemónica, la situación podría cambiar. La competencia entre EE. UU. y China tiene lugar en múltiples ejes, entre ellos: seguridad y guerra; tecnología y productividad; comercio, inversión, reducción de riesgos y desacoplamiento; y gobernanza y calidad institucional.

Seguridad y guerra. Nueve potencias nucleares dirimen sus diferencias en una guerra tibia donde la mayor amenaza al bienestar es el sonambulismo hacia el conflicto.

Como argumentan, entre otros, Jeffrey Sachs⁴⁻⁵ -cartas a Merz- y Alfredo Pastor⁶, en La Vanguardia, Europa no debería actuar en ‘modo División Azul’ ni forzar alineamientos ciegos.

En un trabajo previo⁷ establecimos que la rivalidad tecnológica entre EE. UU. y China ha transformado los semiconductores y la inteligencia artificial en instrumentos de poder geopolítico. Los Estados, atrapados en la lógica realista, priorizan que el deterioro del rival supere al propio, aunque esto destruya bienes públicos globales como la paz y la estabilidad climática.

En un mundo que ha dejado de ser unipolar, ya no importan únicamente las ganancias económicas absolutas, sino también las relativas: puede resultar racional asumir costes propios si el deterioro tecnológico del rival es mayor. La concentración de capacidades críticas en Nvidia, ASML y TSMC permite utilizar la interdependencia como instrumento estratégico mediante controles de exportación y restricciones tecnológicas, mientras China responde acelerando su autonomía en chips, fabricación e IA. Taiwán constituye el punto donde esta competencia tecnológica puede convertirse en conflicto militar. El riesgo último es que una cadena global construida para maximizar eficiencia y bienestar termine reorganizándose en bloques tecnológicos rivales por razones de seguridad.

Tecnología y productividad. China domina cada vez más la ciencia emergente y escalable. EE. UU. y Europa conservan su ventaja en trabajos disruptivos e interdisciplinarios.

China ya no es únicamente la fábrica del mundo. Es también uno de sus grandes laboratorios.

Al ‘*big bang for the buck*’ de la carrera armamentística posterior a la IIª Guerra Mundial, el criterio del coste-efectividad ha incorporado el coste por token, la unidad básica de información en grandes modelos de lenguaje (LLM).

En un trabajo previo⁸ vimos como el avance chino no consiste simplemente en fabricar más semiconductores. China estaría pasando de una extraordinaria capacidad de conocimiento prescriptivo —saber fabricar, mejorar rendimientos, abaratar, substituir componentes— a combinarlo crecientemente con conocimiento proposicional —comprender los fundamentos científicos que permiten innovaciones de frontera. Esa es la conexión con Mokyr y los Nobel de Economía 2025. En el artículo previamente citado, se mencionan seis claves aplicables específicamente al ecosistema de semiconductores e IA:

1. China parte de una formidable base de ingeniería industrial. 80-100 millones de ingenieros y una cultura de mejora iterativa: reducir defectos, y optimizar procesos. Shenzhen ejemplifica la interacción continua entre científicos, diseñadores, técnicos y fabricantes.
2. Se acerca ciencia y fábrica. *Made in China 2025*, la estrategia nacional de IA de 2017, las universidades técnicas y las empresas buscan

deliberadamente reducir la distancia entre investigación fundamental y aplicación industrial. Cambio cualitativo fundamental.

3. Las restricciones occidentales aceleran la sustitución tecnológica (aunque deberíamos considerar también el contrafactual de ausencia de restricciones). En semiconductores, la imposibilidad de comprar determinados chips y equipos avanzados crea un enorme incentivo para desarrollar alternativas nacionales. Esto afecta directamente a dos columnas de nuestro Gráfico 2: Nvidia —Huawei Ascend, Cambricon y otros aceleradores— y ASML, donde China intenta reducir la dependencia de la litografía extranjera. El cuello de botella de ASML sigue siendo, sin embargo, muchísimo más difícil de sustituir que el de los aceleradores de IA.
4. El tamaño del ecosistema chino importa tanto como cada campeón nacional. Huawei no necesita convertirse aisladamente en Nvidia, ni SMIC en TSMC, ni SMEE en ASML para cambiar el equilibrio. Si China consigue integrar chips razonablemente buenos + fabricación nacional + memoria + redes + centros de datos + software + modelos de IA + un enorme mercado doméstico, puede construir un ecosistema suficientemente bueno y parcialmente autónomo, aunque cada componente individual permanezca por detrás del líder mundial.

La ventaja potencial de China no reside en substituir inmediatamente a cada líder mundial, sino en integrar ciencia, ingeniería, manufactura y mercado en un ecosistema tecnológico crecientemente autónomo.

Son cuatro ya los shocks motivados por China. El primero, su entrada en la Organización Mundial del Comercio y la extraordinaria expansión de sus manufacturas; el segundo, la oleada de tecnologías limpias —solar, baterías y vehículos eléctricos; el tercero, la difusión de tecnología digital china, desde el comercio electrónico hasta la IA; y el cuarto, tal vez estaría empezando ahora, sería cualitativamente distinto: China exportaría no sólo tecnología, sino una determinada forma de innovar, organizar ecosistemas tecnológicos y gobernarlos⁹.

El vehículo fundamental sería la IA de pesos abiertos (*open-weight*), término diferente al del auténtico *open source*: se publican los parámetros del modelo, pero no necesariamente los datos de entrenamiento, todo el código ni la información necesaria para reproducirlo. El modelo abierto ofrece además una ventaja comercial. Reduce el coste de adopción, permite adaptar los modelos localmente y disminuye la dependencia de grandes proveedores de nube. Resulta especialmente atractivo para países emergentes. Hay evidencia bastante sólida¹⁰ de que la difusión internacional de modelos chinos está creciendo rápidamente: un análisis reciente de la *US-China Economic and Security Review Commission* señala, por ejemplo, que Qwen había generado ya más de 100.000 modelos derivados en Hugging Face.

Obviamente, China necesita mercados exteriores. A medida que otros países adopten IA china, podrían adoptar también estándares técnicos, sistemas de evaluación y principios regulatorios chinos. Xi presentó precisamente en Shanghai la IA como un bien que debería compartirse y gobernarse internacionalmente y propuso una arquitectura de cooperación mundial; la conferencia culminó incluso con la creación de una organización internacional de cooperación en IA respaldada inicialmente por 29 países.

De momento, nos faltan contrafactuales: ¿Dónde estaría hoy la IA china si China hubiera tenido acceso irrestricto desde 2022 a las mejores GPU de Nvidia y a toda la cadena tecnológica estadounidense? Las sanciones aumentan el incentivo para innovar domésticamente, pero simultáneamente reducen los recursos tecnológicos disponibles.

También hay que considerar que cuanto más abierta sea la IA china, más fácil será su difusión, pero menor será el control de China sobre lo que esa IA hace después de difundirse.

Finalmente, el éxito chino está provocando precisamente una respuesta estadounidense. Meta (Llama), distribuye modelos de pesos abiertos, pero bajo licencias comerciales restrictivas que no cumplen con la definición de la *Open Source Initiative (OSI)* y Nvidia está desarrollando también alternativas; la competencia de modelos chinos baratos está obligando a las empresas estadounidenses a reconsiderar el equilibrio entre modelos propietarios y abiertos.

En algunos sectores China ya está determinando la dirección de la frontera tecnológica. No deja de ser plausible que EE. UU. deje de ser el único lugar donde se fijan fronteras tecnológicas, estándares y reglas de difusión.

IV- ¿CÓMO NO QUEDARSE PARADO?

Aproximado el marco geopolítico y el ecosistema tecnológico en transformación, queda para la última parte de este escrito la consideración de la adaptabilidad europea desde la perspectiva distintiva del continente, la del bienestar.

El diagnóstico de Letta¹¹⁻¹² es que Europa corre el riesgo de convertirse en una potencia económicamente grande pero geopolítica y tecnológicamente dependiente. Su problema fundamental no sería la falta de capacidades — Europa dispone de capital, ciencia, empresas y talento—, sino su incapacidad para convertir la escala potencial de la UE en escala efectiva. La fragmentación del mercado único en 27 marcos nacionales, especialmente en finanzas, telecomunicaciones y energía, dificulta que las empresas europeas alcancen las dimensiones de sus competidores estadounidenses y chinos.

Esta fragmentación contribuye a una doble dependencia: tecnológica, respecto de grandes empresas y plataformas principalmente estadounidenses y crecientemente chinas, y financiera, porque Europa no dispone de un mercado de capitales suficientemente integrado y profundo para financiar el crecimiento de sus empresas innovadoras. Nuestros Demis Hassabis han de emigrar. De ahí

la provocadora descripción de Europa como una posible «colonia» tecnológica y financiera de Estados Unidos y el riesgo más general de subordinación frente a las grandes potencias.

La respuesta de Letta consiste esencialmente en profundizar el mercado único. Propone completar la integración europea en tres sectores estratégicos — capitales, energía y telecomunicaciones— y añadir a las cuatro libertades tradicionales de circulación de bienes, servicios, personas y capitales una quinta libertad: la libre circulación del conocimiento, la investigación, la innovación y la educación. También plantea un «28.º régimen» jurídico europeo, voluntario y común, que permita a las empresas operar en toda la UE sin tener que enfrentarse sucesivamente a 27 legislaciones nacionales.

Para Letta, Europa no carece de conocimiento ni de capacidad innovadora; carece de un mercado verdaderamente único que permita que conocimiento, capital y empresas circulen, crezcan y alcancen escala continental.

En cualquier caso, el riesgo de avasallamiento de Europa se agravará si los países de la UE pretenden avanzar por separado y en sentidos opuestos. Resulta difícil tomarse en serio algunas de las quejas europeas sobre China¹³. China ahora construye cosas mejores y más baratas que Alemania o Francia. Cuando Francia y Alemania construían cosas mejores y más baratas que otros, ridiculizaban esas quejas. Ahora están perdiendo terreno y no les gusta. Además, Europa llegó a esa posición explotando al resto del mundo. China no, lo que tampoco excluye que pueda hacerlo en un futuro; ya se sabe que los patrones del pasado no determinan los comportamientos del futuro. Tal vez resista el aforismo de ‘favores para los afines, rigor para los rivales y legalidad para los desconocidos’ (al indiferente, la legislación vigente).



[Letta: “Europa es una colonia de Estados Unidos en los sectores de tecnología y finanzas”](#)

Europa en la industria global de semiconductores e IA. Según María Marced¹⁴, Europa se encuentra ante una oportunidad única para fortalecer su posición en la industria global de semiconductores. El contexto tecnológico, el aumento de la demanda y la evolución de los modelos de negocio juegan a su favor. La clave estará en la capacidad de ejecutar una estrategia común.

En este escenario, la Ley de Chips de la UE se perfila como una palanca fundamental para transformar las capacidades dispersas en un ecosistema industrial coherente. Según Marced, el reto no reside en identificar tecnologías prometedoras ni en movilizar talento, sino en coordinar esfuerzos, evitar duplicaciones y avanzar hacia una lógica de clústeres europeos alineados con prioridades claras.

Europa cuenta con recursos relevantes en áreas como la automoción, la industria, la fotónica, la energía avanzada y el diseño de arquitecturas emergentes. Para convertir este potencial en liderazgo, es necesario pasar de la suma de iniciativas nacionales a una implementación verdaderamente europea, donde la colaboración entre regiones, empresas y centros de investigación sea estructural.

El mensaje final es claro: el crecimiento del sector de los semiconductores está en marcha y continuará durante los próximos años. La Ley de Chips de la UE proporciona el marco para que Europa capture una parte significativa de ese crecimiento. La clave ahora reside en cómo se implementa y en la capacidad de avanzar de manera coordinada hacia un ecosistema industrial más integrado y competitivo.

¿Cómo no quedarse parado? Una respuesta europea y sanitaria

La rivalidad tecnológica entre EE. UU. y China no obliga a Europa a reproducir íntegramente ninguno de sus ecosistemas. Europa difícilmente podrá —ni necesita— disponer de equivalentes propios de todos los líderes mundiales en aceleradores, fabricación de semiconductores, computación en la nube y modelos fundacionales. Autonomía estratégica no significa autarquía tecnológica. Significa reducir dependencias críticas, disponer de alternativas y conservar capacidad de elección.

De los diagnósticos anteriores y de las posibilidades específicas que ofrece la sanidad se desprende una estrategia articulada en seis etapas: **integrar, especializar, experimentar, adoptar, evaluar y escalar**. En todas ellas debe preservarse una condición transversal: la contestabilidad, es decir, la capacidad de cambiar de tecnología o proveedor sin quedar cautivo de uno de ellos.

1. Integrar. El diagnóstico de Letta proporciona el punto de partida. Europa dispone de ciencia, capital, empresas y talento, pero no aprovecha plenamente su escala continental debido a la fragmentación de los mercados de capitales, energía y telecomunicaciones y a las dificultades para que conocimiento e innovación circulen en un verdadero mercado único. La quinta libertad propuesta por Letta —investigación, innovación, conocimiento y educación— pretende precisamente corregir esta debilidad.

La sanidad ofrece una oportunidad particularmente interesante para materializarla. Europa dispone de sistemas sanitarios universales, profesionales cualificados, grandes poblaciones, historias clínicas longitudinales, registros, biobancos, investigación clínica y capacidad pública de compra. El *European Health Data Space* (EHDS)¹⁵ trata precisamente de convertir activos nacionales dispersos en una infraestructura continental. La ventaja europea no reside en disponer de datos sanitarios *per se*, sino en poder convertir datos longitudinales poblacionales, hoy fragmentados, en una infraestructura federada, interoperable y gobernada para investigación, evaluación y adopción de IA.

Como elefante en la habitación hay que mencionar la velocidad y capacidad de veto de los estados miembros. Los datos sanitarios y la educación son competencias nacionales, incluso autonómicas. Habrá que considerar mecanismos de cooperación reforzada o dobles velocidades.

2. Especializar. María Marced proporciona un segundo principio. No tiene sentido que 27 países intenten reproducir las mismas cadenas tecnológicas. Europa debe identificar los eslabones en los que posee ventajas comparativas, preservar los activos estratégicos existentes y construir clústeres de dimensión continental.

Tampoco España debe pretender competir en todos los componentes de la cadena. Puede practicar un cierto radicalismo selectivo y concentrarse allí donde coinciden necesidad, conocimiento y capacidad institucional: datos sanitarios, investigación clínica, atención primaria, diagnóstico, gestión sanitaria, envejecimiento y cronicidad.

Conviene, además, distinguir tres carreras tecnológicas diferentes: quién produce los mejores chips y modelos; quién dispone de la infraestructura —cómputo, nube, energía, datos e interoperabilidad—; y quién transforma mejor esas tecnologías en productividad, salud y bienestar. Europa no necesita ganar la carrera por construir el mejor LLM para ganar la carrera por convertir la IA en salud. La *Apply AI Strategy*¹⁶ de la Comisión Europea apunta precisamente en esta dirección al situar sanidad y farmacia entre los sectores prioritarios para acelerar la adopción y el paso del laboratorio al mercado.

En el contexto actual, construir nubes soberanas europeas es extremadamente costoso y complejo. Para la sanidad, la "nube" no tiene por qué ser física; puede ser una nube federada y distribuida que aproveche la capacidad de cómputo de los propios hospitales y centros de investigación, siguiendo el modelo de redes peer-to-peer (P2P).

Esto reduciría la dependencia de las empresas hiperescalares (Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud Platform, Alibaba Cloud...) sin tener que replicar su infraestructura a gran escala.

3. Experimentar. El SNS español posee una característica que puede convertir una aparente debilidad en ventaja: 17 servicios autonómicos suficientemente

diversos para experimentar y suficientemente semejantes para aprender unos de otros. La descentralización puede convertirse así en ventaja experimental.

No se trata de exigir ensayos aleatorizados para toda innovación. Según la intervención podrán utilizarse implantaciones escalonadas, diferencias en diferencias, controles sintéticos, regresión discontinua o evaluaciones pragmáticas. Lo importante es sustituir 17 sistemas que simplemente hacen cosas diferentes por 17 sistemas que deliberadamente aprenden unos de otros.

La IA, además, no debe contemplarse únicamente como tecnología diagnóstica. Puede ser una tecnología organizativa —la gestión importa— capaz de mejorar programación, derivaciones, documentación clínica, listas de espera, quirófanos, logística y adecuación, así como facilitar el abandono de actividades de escaso valor. Ante la escasez relativa de profesionales, una medida especialmente relevante será la salud producida por hora de trabajo profesional.

La experimentación cubriría también a la industria farmacéutica y biotecnológica, a las empresas aseguradoras y a las *start-ups*, para que puedan innovar sin romper el marco legal (*sandbox* regulatorio) pero en condiciones de contestabilidad.

4. Adoptar. Europa no carece necesariamente de tecnologías prometedoras. Dispone de desarrollos científicos, arquitecturas alternativas, software abierto y pequeñas empresas innovadoras, pero demasiadas innovaciones permanecen confinadas en experimentos de escala reducida. La política tecnológica no puede terminar cuando se publica un artículo, se registra una patente o funciona un prototipo.

Adoptar tampoco significa comprar indiscriminadamente tecnología. La contratación pública constituye aquí un instrumento estratégico. Los sistemas sanitarios europeos son grandes compradores y pueden exigir interoperabilidad, portabilidad de datos, posibilidad de auditoría, interfaces abiertas y condiciones contractuales que permitan substituir al proveedor. Más que comprar una determinada IA, interesa comprar mejoras verificables de resultados clínicos, organizativos o de productividad.

Sin embargo, la adopción de la IA no es únicamente un problema de compras, es un problema de cambio cultural. Hay que hacer que la ‘caja negra’ sea confiable por los profesionales sanitarios (formación, acreditación...). No solo se trata de generar confianza, pues la IA también plantea dilemas éticos profundos (sesgos, privacidad, autonomía del paciente, explicabilidad de los algoritmos...). Cualquier estrategia ha de estar alineada con la Carta de Derechos Digitales y el Reglamento General de Protección de Datos.

5. Evaluar. Una aplicación no debe extenderse porque funcione técnicamente, sino porque mejora resultados relevantes. La política tecnológica suele medir su éxito mediante inversión en I+D, patentes, capacidad de cómputo, número de modelos, empresas unicornio o capitalización bursátil. Ninguno de esos

indicadores constituye el objetivo último de un sistema sanitario. En sanidad, después del coste por token viene el coste por AVAC.

En el caso de que la política industrial se convierta en política sanitaria¹⁷, la productividad marginal del presupuesto sanitario, el *k-threshold*, deberá ampliarse para considerar el coste de oportunidad de no mejorar años de vida ajustados por calidad actuando sobre los determinantes de la salud distintos de los servicios sanitarios.

Y si la política industrial acaba convirtiéndose en política sanitaria, la evaluación debe ir todavía más lejos. El coste de oportunidad relevante no se limita necesariamente al medicamento o servicio sanitario desplazado. Si el objetivo es maximizar salud y, finalmente, bienestar social, habrá que considerar también las ganancias de salud que podrían obtenerse actuando sobre determinantes distintos de los servicios sanitarios.

Esto es crítico, primero porque los LLM son sólo una parte de la IA, pero modelos especializados en visión, en gestión de audio, o ‘modelos físicos del mundo’ aplicados en la robótica están produciendo y prometen producir en su implementación cambios laborales, sociales y culturales sustantivos.

En segundo lugar, porque la accesibilidad de los LLM para generar respuestas inteligibles para el público general sobre preguntas específicas y complejas, y su complementación con su capacidad de generar código (i.e., aplicaciones informáticas) para la gestión de problemas o necesidades específicos, trasladando esa capacidad a un público diverso sin necesidad de conocimientos informáticos avanzados posibilita su impacto en casi cualquier ámbito de la vida, donde la personalización y la capacidad de comunicación de estos modelos puede ser crítico para la traslación de hábitos e ideas complejas a la sociedad de una forma que se integren en su rutina.

Las mayores ganancias en salud de la IA pueden venir por el lado de la identificación de acciones mínimas de quiebra de equilibrios dinámicos y la actuación real y coordinada en sistemas complejos con impacto en salud incluso cuando ese impacto sea marginal.

Estamos en un escenario donde la ‘salud en todas las políticas’ podría informarse o guiarse por todo el conocimiento disponible de las interacciones en tiempo real entre las políticas y los comportamientos de los individuos/poblaciones. El factor limitante en este escenario no sería siquiera la penetración de la IA en la sociedad en general, sino el individuo mismo y su resistencia al cambio.

Para lidiar con la obsolescencia programada que acompaña a la IA, se precisan evaluaciones dinámicas y continuas. No puede durar dos años. Como mínimo, un sello de calidad en evolución que permita la entrada rápida al mercado con un sistema de vigilancia post-comercialización intensivo.

6. Escalar. El cuello de botella europeo puede encontrarse tanto en la difusión como en la invención. Una innovación que funciona en un hospital o en una comunidad autónoma, pero permanece allí durante años produce poco bienestar agregado. Experimentar sin mecanismos de difusión conduce a una sucesión de proyectos piloto.

El objetivo debería ser establecer mecanismos que permitan extender rápidamente las aplicaciones que hayan demostrado valor y abandonar las que no lo hagan. EHDS, estándares comunes, compra pública, evaluación comparable y aprendizaje entre servicios sanitarios pueden reducir la distancia entre experimento y escala.

Durante todo el proceso debe mantenerse la **contestabilidad**. Como ya se ha dicho, la variable estratégica no debería ser el porcentaje de tecnología europea, sino el coste de salida. Ante cualquier tecnología importante conviene preguntar: ¿podemos cambiar de proveedor?, ¿son portables nuestros datos?, ¿podemos combinar diferentes modelos?, ¿podemos ejecutarlos localmente cuando sea necesario?, ¿podemos auditar sus resultados?, ¿conservamos suficiente conocimiento propio para evaluar lo que compramos? Un sistema sanitario que utiliza tecnología extranjera, pero puede sustituirla conserva mayor autonomía que otro atrapado en una plataforma nacional o europea de la que no puede salir. El Cuadro 1 lo esquematiza:

Cuadro 1. Test de salida.

Dimensión	Pregunta operativa	Indicador posible
Económica	¿Existe un proveedor alternativo creíble?	Nº de proveedores capaces de sustituir al actual; concentración; coste de cambio
Tecnológica	¿Podemos migrar datos, modelos y aplicaciones?	% de datos exportables en formato estándar; APIs abiertas; tiempo de migración; % del software <i>cloud-agnostic</i>
Geopolítica	¿Puede mantenerse el servicio si desaparece el proveedor o su país bloquea el acceso?	Capacidad de garantizar el cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio (SLA); Días hasta recuperación; segundo proveedor en distinta jurisdicción; capacidad local mínima; dependencia de componentes críticos

Siempre cabe añadir un indicador sintético muy comprensible: *TTR —Time to Replace*, el número de días o meses necesarios para reemplazar una tecnología crítica sin pérdida sustancial de servicio, datos o funcionalidad. Eso permite convertir la contestabilidad en algo parecido a lo que la ciberseguridad hizo con la resiliencia: medirla, auditarla y exigirla contractualmente. En contratación sanitaria exigiríamos, al menos, exportabilidad completa de datos, formatos documentados, APIs, ausencia de penalizaciones desproporcionadas de salida, derecho a ejecutar o trasladar modelos, documentación suficiente para terceros y un plan de transición probado periódicamente. Sería *Digital Markets Act*⁶(DMA) más contratación. La DMA disciplina al gatekeeper; la contratación pública extiende el mismo principio de contestabilidad a ámbitos donde la DMA no llega todavía.

La estrategia puede resumirse, por tanto, en integrar, especializar, experimentar, adoptar, evaluar y escalar, manteniendo siempre capacidad de elección. Europa quizá no construya el mayor modelo del mundo ni fabrique el chip más avanzado. Puede, sin embargo, aspirar a ser el lugar del mundo que mejor convierta la inteligencia artificial en bienestar. Y la sanidad constituye probablemente el mejor terreno para demostrarlo.

Agradecimientos. Al ingeniero y CEO de SemiDynamics, Roger Espasa, por hacer inteligible la complejidad e introducirnos su empresa; a Oriol Vinyals, VP de Google Deep Mind, quien, en 2023, lección inaugural del curso en la Universidad Pompeu Fabra, nos desbrozó el futuro de la IA; a los destacados Bill Gates¹⁸ y Daron Acemoglu¹⁹, quienes ejercen un liderazgo cívico internacional señalando, desde su independencia, no solo las potencialidades de la IA sino sus trascendentes peligros.

⁶ La *Digital Markets Act*, claramente vinculada al concepto de contestabilidad, ofrece el marco jurídico: El art. 6.7 exige interoperabilidad efectiva con funciones de hardware y software de los sistemas operativos de los gatekeepers; el 6.9 obliga a facilitar gratuitamente la portabilidad continua y en tiempo real de los datos del usuario; y el 6.10 garantiza a los usuarios empresariales acceso gratuito, de alta calidad y en tiempo real a los datos generados en la plataforma. Por otra parte, la primera revisión de la DMA, en 2026, identifica expresamente nube e IA como prioridades y la Comisión está estudiando si AWS y Azure deben ser gatekeepers y si las obligaciones DMA bastan para combatir el *lock-in* en nube.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ Baumol WJ, Panzar JC, Willig RD. Contestable Markets and the Theory of Industry Structure. Nueva York: Harcourt Brace Jovanovich; 1982.
- ² Singapore Ministry of Finance. Budget 2026 speech: Securing our future together in a changed world [Internet]. Singapore: Ministry of Finance; 2026 [consultado el 30 de agosto 2026]. Accesible en: <https://www.singaporebudget.gov.sg/budget-speech/budget-statement>
- ³ Conway E. Material world. A substantial story of our past and future. Penguin, 2023.
- ⁴ Sachs J. Carta abierta al canciller Merz de 17 diciembre 2025. https://www.reddit.com/r/IRstudies/comments/1ps4tt9/jeffrey_sachs_open_letter_to_chancellor_merz/?tl=es-419
- ⁵ Sachs J. Carta abierta al canciller Merz de 28 de mayo 2026. <https://www.jeffsachs.org/newspaper-articles/sj32jtl6876pd8aaeb23y7pzxbyrrp>
- ⁶ Pastor A. Europa en dos direcciones. La Vanguardia, 5 junio 2026.
- ⁷ Ortún V, Callejón M. Conflictos bélicos y bienestar planetario. ¿Basta que el deterioro del rival supere al propio? CRES-UPF Health Policy Papers Collection 2025-9.
- ⁸ Ortún V, Lin Y, Callejón M. China y los Nobel de Economía 2025. De la Ilustración a Shenzhen, la convergencia que cambia el mundo. CRES-UPF Policy Papers Collection 2025-12.
- ⁹ Lizzi Lee. The next China shock will come from open-source AI. Countries adopting Chinese models will also absorb Chinese standards and governance. Financial Times, 17 Agosto 2026.
- ¹⁰ Luong N. Two Loops. How China's Open AI Strategy Reinforces Its Industrial Dominance. Research Paper del US-China Economic and Security Review Commission, 23 marzo 2026.
- ¹¹ Letta E. Much more than a market: speed, security, solidarity. Empowering the Single Market to deliver a sustainable future and prosperity for all EU citizens. Brussels: European Council; 2024,
- ¹² Letta E. Europa. Última oportunidad. Gentile Vitale JC, traductor. Barcelona: Espasa; 2025.
- ¹³ Milanovic B. Don't ask me about my profits, but let's talk about your wages. How Western capitalists use China-bashing to deflect attention from their soaring profits. 14 julio 2026. Accesible en: https://branko2f7.substack.com/p/dont-ask-me-about-my-profits-but?r=1g0xd3&utm_campaign=post&utm_medium=email&triedRedirect=true

¹⁴ Fundación Innovación Bankinter. Semiconductores y estrategia industrial europea: la visión de Maria Marced [Internet]. Madrid: Fundación Innovación Bankinter; 17 de febrero de 2026 [citado 19 de agosto de 2026]. Disponible en: fundacionbankinter.org

¹⁵ European Parliament, Council of the European Union. Regulation (EU) 2025/327 of the European Parliament and of the Council of 11 February 2025 on the European Health Data Space and amending Directive 2011/24/EU and Regulation (EU) 2024/2847. Off J Eur Union. 2025 Mar 5; L 2025/327.

¹⁶ European Commission. *Apply AI Strategy: Communication from the Commission to the European Parliament and the Council*. Brussels: European Commission; 2025 Oct 8. COM(2025) 723 final.

¹⁷ Puig-Junoy J. Irrupción de la geopolítica en la política sanitaria: política de “nación más favorecida” en Estados Unidos y precios de referencia Internacionales. Estudios de FUNCAS, Serie Economía y Sociedad, 2026 (en prensa).

¹⁸ Gates B. The turbulent AI era is here. The choices we make now are critical. Accesible en: https://www.gatesnotes.com/work/make-ai-work-for-everyone/reader/a-turbulent-ai-era-and-critical-choices-to-make?WT.mc_id=20260826_ai-overture-2026-med-med Consultado el 26 agosto 2026.

¹⁹ Acemoglu D, Johnson S. Power and progress: our thousand-year struggle over technology and prosperity. Nueva York: PublicAffairs; 2023.