

La geopolítica de los microchips en el marco de la nueva Ley Europea de Chips de 2023

– Trabajo de Fin de Máster –

**Máster Universitario en Diplomacia
y Organizaciones Internacionales**

Autor/a: Carla Maset Roca

Tutor/a: Francesc Serra Massansalvador

Fecha de entrega: 10 de marzo de 2024

Resumen

Los microchips irrumpieron en la escena pública con la crisis de suministro de 2020. En ese momento se evidenciaron, por vez primera, las debilidades de la UE en este sector. Los semiconductores son el componente esencial que permite funcionar a los dispositivos tecnológicos. Toda la industria depende hoy en día de estos pequeños componentes. La industria europea consume el 20% de la producción mundial de semiconductores, mientras que solamente produce el 10%. Además, su capacidad de fabricación de chips de última generación es prácticamente nula. Por tanto, la UE es altamente dependiente de los países extranjeros para el suministro de microchips.

Para intentar dar respuesta a esta situación, el Parlamento y el Consejo europeo aprobaron el Reglamento 2023/1781 que contiene la Ley Europea de Chips. Esta ley tiene como objetivo incrementar la producción de semiconductores hasta un 20% de la producción mundial en 2030, para cubrir sus necesidades internas. Para ello, prevé el desembolso de 43 mil millones de euros en forma de ayudas públicas para tratar de fomentar la creación de un ecosistema propio. Sin embargo, es difícil que la nueva ley consiga resolver el verdadero problema al que se enfrenta la UE, que es su enorme dependencia del mercado asiático, en especial de China para los chips de gran tamaño, y Taiwán para los de última generación. En medio de una de las mayores pugnas geopolíticas del siglo XXI es urgente que la UE encuentre mecanismos para asegurarse en el futuro el suministro de un componente indispensable para su economía, con el fin de garantizar en el futuro la seguridad y el bienestar de sus ciudadanos.

Palabras clave: semiconductor, microchip, Ley Europea de Chips, Unión Europea, China, comercio internacional.

Abstract

Microchips burst onto the public scene with the 2020 supply crisis. At that time, the weaknesses of the EU in this sector were first evidenced. Semiconductors are the essential component that allows technological devices to function. The entire industry relies today on these small components. The European industry consumes 20% of the global semiconductor production, while only producing 10%. Furthermore, its capacity to manufacture state-of-the-art chips is virtually non-existent. Therefore, the EU is highly dependent on foreign countries for the supply of microchips.

To try to address this situation, the European Parliament and the Council approved the Regulation 2023/1781 containing the European Chips Act. This Act aims to increase semiconductor production to 20% of global production by 2030, to meet its internal needs. To achieve this, it foresees the disbursement of €43 billion in the form of public aid to try to foster the creation of its own ecosystem. However, it is difficult for the new law to solve the real problem facing the EU, which is its enormous dependence on the Asian market, especially China for large-sized chips, and Taiwan for cutting-edge ones. Amid one of the greatest geopolitical struggles of the 21st century, it is urgent for the EU to find mechanisms to ensure future access to a component essential for maintaining its economy, in order to guarantee the security and well-being of its citizens in the future.

Key words: semiconductor, microchip, European Chips Act, European Union, China, International trade.

Índice

| | |
|--|----|
| Resumen / <i>Abstract</i> | 2 |
| Índice..... | 3 |
| Relación de abreviaturas y acrónimos..... | 4 |
| 1. Introducción | 5 |
| 2. Marco Conceptual | 7 |
| 2.1 Concepto básico..... | 7 |
| 2.2 La teoría liberal..... | 9 |
| 2.3 La evolución histórica del chip..... | 12 |
| 2.3.1 Desde el inicio hasta nuestros días | 12 |
| 2.3.2 Aplicaciones futuras | 18 |
| 3. La geopolítica de los chips | 20 |
| 3.1 La cadena de producción global | 20 |
| 3.1.1 La obtención de materias primas..... | 20 |
| 3.1.2 La fabricación del chip..... | 22 |
| 3.1.3 La fase de postproducción..... | 24 |
| 3.2 La crisis de 2020-2023..... | 25 |
| 3.3 La posición de los principales Estados | 28 |
| 3.3.1 Estados Unidos..... | 29 |
| 3.3.2 China | 30 |
| 3.3.3 Rusia..... | 32 |
| 3.3.4 Taiwán | 34 |
| 4. La estrategia de la UE | 36 |
| 4.1 El mercado europeo de microchips..... | 36 |
| 4.2 La respuesta de la UE: la Ley Europea de Chips..... | 40 |
| 4.3 Comparación con otras regulaciones | 44 |
| 4.4 Críticas recibidas por el Paquete de la Ley Europea de Chips | 45 |
| 4.4.1 Chips <i>come in many flavours</i> | 45 |
| 4.4.2 La carrera internacional por los subsidios públicos | 47 |
| 4.4.3 La competencia interna entre Estados miembros de la UE..... | 48 |
| 4.4.4 Los objetivos y la financiación de la Ley Europea de Chips | 49 |
| 4.4.5 El mecanismo de seguimiento y respuesta a las crisis | 50 |
| 4.5 Recomendaciones | 51 |
| 5. Conclusiones | 54 |
| 6. Bibliografía | 57 |
| 7. Anexos..... | 63 |

Listado de abreviaturas y acrónimos

| | |
|-----------|--|
| AESEMI | Asociación Española de la Industria de Semiconductores |
| AMD: | Advanced Micro Devices |
| ARN: | Ácido ribonucleico |
| ASIC: | Application-Specific Integrated Circuit (Circuito integrado de aplicación específica) |
| ASML: | Advanced Semiconductor Materials Lithography |
| CEA-Leti: | Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives-Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information |
| CFIUS: | Comité de Inversión Extranjera de Estados Unidos |
| CLEPA: | Asociación Europea de Proveedores Automovilísticos |
| DEP | Digital Europe Programme (Programa Europeo Digital) |
| DRAM: | Dynamic Random-Access Memory (Memoria dinámica de acceso aleatorio) |
| ESB: | European Semiconductor Board (Consejo Europeo de Semiconductores) |
| EEMM: | Estados miembros de la Unión Europea |
| EEUU: | Estados Unidos de América |
| GaAs: | Arseniuro de galio |
| GE: | Germanio |
| HE | Programa Horizonte Europa |
| IA: | Inteligencia artificial |
| IMEC: | Interuniversity Microelectronics Centre |
| InP: | Fosforo de indio |
| IPCEI | Proyecto Importante de Interés Común Europeo de Microelectrónica y Tecnológicas de la Comunicación |
| I+D: | Investigación y desarrollo |
| KGB: | Komitet gosudárstvennoy bezopásnosti (Comité para la Seguridad del Estado de la Unión Soviética) |
| LEC: | Ley Europea de Chips |
| MCST: | Moscow Center of SPARC Technologies |
| MFM | Marco Financiero Multianual |
| M&A: | Fusiones y adquisiciones (Mergers and acquisitions) |
| nm: | Nanómetro |
| NASA: | National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de los Estados Unidos) |
| NXP: | Next eXPerience Semiconductors |
| PIB: | Producto interior bruto |
| Pymes: | Pequeñas y medianas empresas |
| Si: | Silicio |
| SMIC: | Semiconductor Manufacturing International Corporation |
| SoC: | System on a chip (Sistemas en un chip) |
| TI: | Texas Instruments |
| TNO: | Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (Organización holandesa para la investigación científica aplicada) |
| TSMC: | Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited |
| TTC: | Trade Technology Council |
| UE: | Unión Europea |
| UMC: | United Microelectronics Corporation |
| URSS: | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas |
| UVE: | Luz ultravioleta extrema |

1. Introducción

Los microchips, o semiconductores, irrumpieron en la escena pública con la crisis de suministro de 2020. En ese momento parecía que la economía europea, especialmente el sector automovilístico, no podría subsistir sin estepreciado componente. La crisis provocó que numerosas fábricas tuvieran que detener su producción y supuso una seria advertencia para los gobiernos de todo el mundo, sobre todo para los de Europa y Estados Unidos (EEUU). Los gobernantes occidentales se dieron cuenta de lo enormemente dependientes que eran sus Estados de la industria extranjera, en algunos casos de países aliados, pero en otros de países rivales, para proveerse de tecnologías punteras indispensables para sus economías. No obstante, la preocupación fue más allá, porque estos componentes no solo son necesarios para garantizar el buen funcionamiento de la industria, la economía, y el control y acceso a la tecnología, sino que también determinarán en un futuro el liderazgo geopolítico mundial.

La Unión Europea (UE) es el segundo mayor exportador e importador de bienes del mundo, solo por detrás de China. Según datos del Consejo de la UE, en 2020 intervino en el 17% de todo el comercio mundial y sus principales productos de exportación fueron maquinaria, vehículos y productos químicos¹. Aun así, si consultamos la lista de los principales proveedores de microchips del mundo² ninguna empresa europea aparece entre las diez primeras. Esta deficiencia, en parte derivada del proceso de deslocalización de la producción que Europa occidental empezó en la década de 1990³, se puso de relieve con la mencionada crisis de los microchips de 2020-2023, a su vez acentuada por la guerra comercial entre China y Estados Unidos y por la pandemia de Covid-19.

Existe un consenso general⁴ sobre la creciente importancia de este componente para el desarrollo tecnológico de un país y sus relaciones comerciales. Puesto que la UE actualmente no está produciendo suficientes microchips para cubrir sus propias necesidades, sino que debe importarlos de otros Estados productores (mayormente Taiwán y Corea del Sur), considero que se encuentra en una situación muy vulnerable, ya que esta dependencia del exterior puede comportar serias dificultades a largo plazo para mantener su posición geopolítica en el mundo, sus relaciones comerciales y la estabilidad y correcto funcionamiento de su mercado interior.

Así pues, el propósito de este trabajo es analizar la dependencia europea de los microchips, en especial con respecto a China, ver dónde se producen, dónde se obtienen los materiales necesarios para su fabricación, qué países son los que controlan la producción mundial, y asimismo analizar la nueva Ley Europea de Chips (LEC)⁵, incluida en el Reglamento

¹ CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA, “El papel de la UE en el comercio mundial”, *Infograma*, 2021. [consulta 2 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.consilium.europa.eu/es/infographics/the-eu-s-role-in-global-trade/>

² MARÍN, José Luís, “Los principales fabricantes de microchips del mundo”, *El Orden Mundial*, 2023. [consulta 2 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/principales-fabricantes-microchips-mundo/>

³ HAUTALA, Heidi, “Informe sobre la reestructuración industrial y la deslocalización en la Unión Europea”, Parlamento Europeo, Informe A4-0335/1996, 1996. [consulta 2 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-4-1996-0335_ES.html?redirect

⁴ COMISIÓN EUROPEA, “European Chips Act”, *Comisión Europea*, 2023. [consulta 2 de mayo de 2024]. Disponible en: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en

⁵ En inglés European Chips Act.

2023/1781⁶, que entró en vigor el pasado mes de septiembre de 2023, para tratar de determinar si será verdaderamente capaz de impulsar la producción interna y resolver el problema actual de dependencia que la UE tiene del mundo asiático, ahora que todavía dispone de cierto margen de maniobra para actuar.

Los grandes objetivos de la LEC son reforzar el ecosistema de los semiconductores, es decir, establecer las condiciones para la mejora de la competitividad y la innovación de la industria de la UE, y mejorar el funcionamiento del mercado interior, aumentando su resiliencia y garantizando el suministro de semiconductores a largo plazo.

En este contexto, la hipótesis planteada es: ¿la Ley Europea de Chips conseguirá reducir la dependencia de la UE con respecto a China? Para contestar a esta pregunta antes deberé responder a otras complementarias: ¿cómo funciona el mercado mundial de semiconductores? ¿Cuál es la posición europea? Y, sobre todo, ¿existe realmente en este sector una dependencia de la UE hacia China?

Personalmente, considero que este es un tema de vital importancia para la UE, ya que del suministro de microchips para su industria dependerán su desarrollo tecnológico, su fortaleza económica y su posición geoestratégica, especialmente ahora que se está cuestionando cuál debería ser su papel en el mundo y cómo debería actuar para aumentar su poder político y militar.

Estamos a las puertas de un gran cambio en el modelo que rige el orden internacional. Este cambio ha sido impulsado por la competencia entre las potencias tradicionales con nuevas potencias surgidas en el Sur Global. Por lo tanto, es un buen momento para analizar qué industrias van a ser claves en el futuro próximo y empezar a diseñar estrategias que permitan a la UE situarse como un actor fuerte para hacer frente a los retos que tenemos por delante. El sector automovilístico es, por ejemplo, uno de los más importantes para la UE y, a su vez, uno de los que se puede ver más perjudicado si no se resuelve pronto esta dependencia económica.

En este sentido, mis intereses personales se centran en conocer las fortalezas y debilidades estratégicas de la UE y de su relación con el continente asiático, en particular con China. He elegido este tema porque confronta de forma muy directa los intereses de la UE con los del gigante asiático, pero también con otras regiones estratégicas de este mismo continente, en especial Taiwán y Corea del Sur, que serán claves en los próximos años para el desarrollo de un nuevo modelo de relaciones internacionales. Además, me permite analizar una de los Reglamentos más esperados e interesantes de 2023, la Ley Europea de Chips, que establece un marco de medidas para reforzar el ecosistema europeo de semiconductores.

Este es un trabajo académico basado en el análisis de la situación actual, para el que mayormente he utilizado artículos académicos y de opinión, artículos de revistas especializadas, notas de prensa, estudios de mercado, legislación, especialmente la comunitaria, así como documentos oficiales y comunicaciones emitidas por distintos gobiernos y organizaciones que intervienen de forma directa o indirecta en la configuración de las dinámicas del mercado de los semiconductores.

⁶ Reglamento (UE) núm. 2023/1781 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de septiembre de 2023, por el que se establece un marco de medidas para reforzar el ecosistema europeo de semiconductores y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2021/694 (Reglamento de chips).

2. Marco Conceptual

2.1 Concepto básico

Cuando uno se propone realizar un trabajo sobre el sector de los chips, antes de empezar a analizar las cadenas de producción, sus posibles aplicaciones y, en especial, la influencia de los chips en la geopolítica actual, la cuestión más elemental que debe responder es: *¿qué es exactamente un chip?*

Un chip, también llamado semiconductor o circuito integrado, no es más que una placa de silicio, con un diseño engravado y con cables que generan un circuito capaz de regular el flujo de la electricidad. Otra definición sería la de “pequeña pieza de material semiconductor, normalmente de silicio, con millones o miles de millones de transistores microscópicos grabados en él”⁷.

Los materiales en general se pueden clasificar en tres categorías en función de su capacidad para transmitir electricidad: aquellos que son conductores de electricidad, los aislantes y los semiconductores, que configuran una categoría a medio camino entre las dos anteriores. Encontramos cuatro materiales semiconductores principales: el germanio (Ge), el arseniuro de galio (GaAs), el fosforo de indio (InP) y el silicio (SI), que hoy en día es el más utilizado, simplemente porque es el más abundante en la naturaleza y, por consiguiente, el más económico de todos ellos.

La idea central de los semiconductores es que permiten regular la cantidad de electricidad que circula a través de ellos añadiendo más o menos impurezas en un proceso llamado dopaje. Fabricar un chip implica una cadena de complicados procesos realizados con alta precisión que, en términos simples, permiten crear sobre una lámina de silicio una especie de válvula para abrir o cerrar el flujo de electrones⁸. Así, esta pieza se integra dentro de un dispositivo electrónico y es capaz de transmitir o almacenar datos. La dificultad a la que se enfrenta hoy la industria no es tanto la comprensión del proceso para la fabricación de semiconductores, sino encontrar formas de adaptar ese proceso de fabricación a los nuevos avances tecnológicos manteniendo un coste de producción suficientemente bajo como para garantizar el acceso del público general a los nuevos productos desarrollados.

Hay una gran variedad de gamas de chips y diferentes calidades en función de la aplicación que se les quiera dar. Una primera clasificación básica distingue entre los chips analógicos, los digitales y los mixtos. Los chips analógicos han sido prácticamente sustituidos por los digitales, salvo en algunas industrias concretas como los sensores o ciertos sistemas de audio y video. Los chips digitales están diseñados para realizar operaciones más complejas y son la base de todas las operaciones de computación, o sea, para todos aquellos dispositivos basados en la programación. Finalmente, los chips mixtos, como su nombre indica, son una combinación de los dos modelos anteriores y actúan como convertidores de un tipo al otro, es decir, pueden trabajar con circuitos analógicos y digitales⁹.

⁷ MILLER, Chris, *La Guerra de los Chips. La gran lucha por el dominio mundial*, 2ª ed., Edicions 62, Barcelona, 2023, p. 15.

⁸ JENKINS, Tudor, “A Brief History of... Semiconductors”, *Physics Education*, vol. 40, núm. 5, 2005, p. 430. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/40/5/002>

⁹ THE INVESTOPEDIA TEAM, *The Main Types of Chips Produced by Semiconductor Companies*. Investopedia, 2022

Es todavía más importante distinguir entre los chips de memoria, que almacenan datos, los chips lógicos o de procesador, que procesan datos y funcionan como el cerebro de un dispositivo, los chips de circuito integrado específico de aplicación (ASIC) diseñados para realizar una única tarea de forma constante, como escanear un código de barras, y los sistemas en un chip (SoC), el tipo de semiconductor más novedoso, que permite combinar múltiples chips y circuitos en uno solo, e integrar diversas funciones en un solo dispositivo.

El desarrollo de la industria de los chips ha estado marcado por dos necesidades básicas: la necesidad de innovar y la necesidad de reducir costes.

La innovación en este sector es fundamental. La competencia entre fabricantes y diseñadores es voraz, ya que cada dos años aproximadamente sale un nuevo modelo que deja en desuso a los anteriores¹⁰. Por lo tanto, para mantenerse en vanguardia es vital contar con un equipo de investigadores expertos que estén constantemente perfeccionando el último modelo. Si una empresa paraliza sus inversiones en investigación y desarrollo (I+D) durante tan solo un año, supondría para ella una crisis mayúscula y dicha empresa probablemente sería expulsada del mercado en los siguientes cuatro o cinco años, al verse irremediamente superada por sus competidores, que a su vez aspiran a hacerse con una cuota de mercado mayor. Es un sector que evoluciona a la velocidad de la luz, por lo que el tiempo es un factor clave para mantener la competitividad.

La segunda es la necesidad de reducir costes. La producción de chips tiene unos costes elevados. Se estima que se requieren unos 10.000 millones de dólares para abrir una sola fábrica¹¹. A eso hay que sumarle los costes de mantener, reparar y mejorar la maquinaria e innovar de forma continua, sobre todo para fabricar chips de última generación, aunque la gran mayoría de chips van dirigidos a productos para el público general. Así pues, si los productos que incorporan microchips no son asequibles para el bolsillo medio el negocio no va a ser rentable. Para que una empresa del sector mantenga su rentabilidad debe vender millones de chips al año, y debe hacerlo a un precio razonablemente bajo para que los productos que los incorporan tengan salida comercial garantizando un cierto margen de beneficio (que después permita reinvertir en I+D). Eso implica disponer de capacidad para fabricarlos en masa con el mínimo margen de error posible.

En otras palabras, es un sector estratégico, pero despiadado, sólo al alcance de unas pocas empresas distribuidas entre Estados Unidos, Europa y Asia oriental, que requieren inversiones millonarias. Esa es la clave del sector, nada se diseña, fabrica y monta en un solo lugar. En el mundo de los chips todo está interconectado y engrasado como la máquina de una fábrica, tanto que, si una sola pieza falla, puede desajustar toda la cadena mundial, sin que haya un solo Estado que no llegue a sentir sus efectos.

La teoría liberal teorizó que el comercio era una buena herramienta para conseguir la paz, porque dejaba permanentemente vinculados a los Estados. El mercado de los semiconductores puede ser un ejemplo de ello a escala mundial, aunque con sus altibajos. En el siguiente apartado realizaré un breve análisis sobre el liberalismo y su defensa del

¹⁰ MILLER, Chris, *op. cit.*

¹¹ *Ibid.*

libre comercio como instrumento para prevenir conflictos entre Estados, para después pasar a analizar con más profundidad la evolución histórica del chip, lo que nos permitirá, primero, ver en qué aspectos se han materializado las ideas liberales en el sector y, segundo, conocer las bases sobre las que se asienta el mercado mundial de semiconductores en la actualidad.

2.2 La teoría liberal

Tal como expresó Kal Holsti¹², los diferentes paradigmas teóricos en las relaciones internacionales nos permiten comprender mejor la política mundial y la forma de actuar de los actores que intervienen en él. Dado que este trabajo se centrará en gran medida en analizar las relaciones comerciales entre Estados, junto con una perspectiva de seguridad, he considerado que el liberalismo económico es la teoría que mejor explica el comportamiento de los Estados y, en particular, será interesante comprobar si los diferentes hechos que han marcado la historia de los semiconductores encajan (o no) dentro de las ideas propugnadas por los defensores de esta teoría.

El realismo siempre se ha considerado como el paradigma central de la disciplina para entender la realidad, pero no siempre ha sido capaz de explicar todos los comportamientos que se dan entre los Estados. Precisamente, el liberalismo en el campo de las relaciones internacionales nace como contrapunto y alternativa teórica al monopolio del realismo¹³. Ha sido especialmente influyente durante el periodo de las dos guerras mundiales y tras el fin de la guerra fría, etapas en las que había la esperanza de que emergiera un orden internacional pacífico, gobernado por el derecho y la cooperación¹⁴.

Decir que el liberalismo es un término controvertido es quedarse corto, seguramente porque significa cosas diferentes para personas distintas y porque su evolución ha sido tal que actualmente podemos identificar múltiples corrientes dentro del mismo movimiento como el idealismo, el liberal institucionalismo o el neoliberalismo, por mencionar algunas. No obstante, para este análisis voy a utilizar una concepción simple derivada del liberalismo económico clásico.

El liberalismo económico aplica las ideas principales de este paradigma en los campos de la filosofía, la ética y la política para hacer una defensa del libre mercado y el comercio como instrumento para conseguir la paz. Por esto, es importante repasar las premisas básicas: el liberalismo político sitúa al ser humano en el centro de su pensamiento, entendido este como “un agente autónomo que elabora y persigue sus propios proyectos vitales”¹⁵ alrededor del cual se organiza el sistema político. Los humanos son seres racionales y, por lo tanto, hay restricciones sobre lo que puede hacerse y lo que no. En otras palabras, el liberalismo reconoce el individuo como titular de derechos y busca proteger y garantizar sus libertades más elementales frente a un intervencionismo

¹² HOLSTI, Kalevi J., *The Dividing Discipline: Hegemony and Diversity in International Theory*, 1ª ed., Allen & Unwin, Crows Nest, 1985.

¹³ BARBÉ, Esther, *Relaciones Internacionales*, 3ª ed., Editorial Tecnos, Barcelona, 2007.

¹⁴ ABAD QUINTANAL, Gracia, “El liberalismo en la teoría de relaciones internacionales: su presencia en la escuela española”, *Comillas Journal of International Relations*, núm. 16, 2019, pp. 57-64. <https://doi.org/10.14422/cir.i16.y2019.004>

¹⁵ RAMÓN RALLO, Juan, *Liberalismo. Los 10 principios básicos del orden político liberal*, 1ª ed., Editorial Planeta, Barcelona, 2019, p. 13.

excesivo por parte del Estado. Considera que sólo un Estado democrático gobernado por el imperio de la ley y sometido a la voluntad general es verdaderamente capaz de salvaguardar estos principios. Son ideas clave del liberalismo en el ámbito social y político: el Estado de derecho, la democracia representativa, la división de poderes, la libertad de culto y expresión o el derecho a la propiedad y a la esfera privada. Es decir, los derechos pertenecientes a la primera generación derivan, en la mayoría de los casos, de las concepciones liberales que marcaron los avances políticos del siglo XVIII. Sus grandes figuras históricas son Locke, Rousseau, Kant, Mill o Rawls cada uno aportando sus propias ideas e interpretación al concepto.

El liberalismo económico es una ideología política y económica que se sustenta en la propiedad privada y la economía de mercado. Su premisa principal es el *laissez faire*, es decir, considera que los mercados funcionan mejor cuando están completamente libres de intervención por parte del Estado porque son capaces de autorregularse para hacer frente a las necesidades de sus integrantes. Defiende una intervención limitada, o mínima, del Estado destinada simplemente a corregir desajustes o externalidades que puedan surgir e impidan su normal funcionamiento, como por ejemplo proteger la propiedad privada o abrir nuevos mercados. En este sentido, aboga por el libre comercio, la desregulación, la privatización y la competición en su estado más puro y está completamente en contra de regular, la economía planificada o los aranceles. Su principal ideólogo fue Adam Smith, aunque, igual que ocurre con el liberalismo, hoy en día encontramos multitud de corrientes propias y reformulaciones alternativas.

Para el presente análisis, es importante remarcar la propuesta de que el comercio internacional promueve la paz entre Estados. Las teorías liberales consideran que la paz se puede construir mediante el comercio y la interdependencia, ya que “un mayor intercambio económico entre países fomenta las relaciones políticas de cooperación”¹⁶.

La idea se sustenta en torno a tres argumentos: en primer lugar, el comercio y la inversión generan ganancias económicas y los Estados tienen muchos incentivos para mantener esas ganancias. En segundo, la interacción comercial promueve las relaciones y la comunicación entre personas de diferentes Estados, especialmente en el sector privado, promoviendo así un buen entendimiento y políticas paralelas de cooperación. Finalmente, estos lazos aportan beneficios para los comerciantes y consumidores e incrementan su dependencia de los mercados internacionales, de tal modo que, si un conflicto militar amenaza con irrumpirlos, pueden presionar a sus dirigentes para buscar métodos pacíficos para resolver dicha controversia¹⁷.

En la teoría liberal encontramos otra idea muy parecida, la de la “paz democrática”, según la cual las democracias son menos proclives a enfrentarse unas con otras dadas sus similitudes culturales y políticas, y la sensibilidad de sus líderes nacionales. Asimismo, relacionado con el comercio, también se dice que los líderes de Estados democráticos, a diferencia de los autocráticos, son menos proclives a interrumpir el comercio internacional porque deben mantener políticas exitosas para permanecer en el poder. Según esta teoría, puesto que el comercio y la internalización promueven el crecimiento,

¹⁶ FAIRLIE REINOSO, Alan, y QUEIJA DE LA SOTTA, Sandra, *Relaciones Económicas Perú-Chile: Integración o Conflicto?*, 1ª ed., Centro de Investigaciones Sociológicas, Económicas, Políticas y Antropológicas (CISEPA). Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, 2007, p. 18.

¹⁷ *Ibid.*

los líderes democráticos deberían evitar interrumpirlo. Solomon W. Polachek¹⁸, demostró que llegar a un conflicto armado es menos probable en épocas de crecimiento comercial, si bien su estudio ha sido criticado por la metodología utilizada. Su idea es que la interdependencia económica disuade a los Estados de iniciar un conflicto porque la pérdida de beneficios comerciales es demasiado alta para ellos.

Robert Keohane y Joseph Nye¹⁹, pensadores destacados en el neoliberalismo, también teorizaron sobre la interdependencia. La eliminación de barreras y la cooperación económica permiten que aparezcan nuevos ámbitos de interés que impulsan a los Estados a cooperar o incluso a llegar a la integración. Estos autores cultivaron una teoría que va más allá del realismo centrandolo el foco en los diversos actores no gubernamentales (como movimientos transnacionales, empresas privadas, organizaciones internacionales, organizaciones no gubernamentales, etc.) y en las relaciones de interdependientes, es decir, relaciones de dependencia mutua que se establecen en los ámbitos económico, social o de las comunicaciones, pero que vinculan igualmente al Estado. En otras palabras, la interdependencia no se limita únicamente a aspectos militares, sino que se extiende a una variedad de ámbitos.

Hay tres ideas clave sobre la que construyen su ideario: en primer lugar, existen múltiples canales conectando las sociedades que pueden resumirse como relaciones interestatales, transgubernamentales y transnacionales. En segundo, hay una multitud de temas sin una jerarquía de importancia clara que ocupan la agenda internacional, lo que indirectamente implica que la seguridad militar no domina constantemente el debate y, finalmente, la fuerza militar no es utilizada para resolver controversias con otros gobiernos cuando existe interdependencia entre ellos. La fuerza no es el método apropiado para lograr ciertas metas. Por ejemplo, la capacidad militar de un Estado es irrelevante para resolver desacuerdos económicos entre aliados.

No obstante, la teoría liberal sobre el comercio como instrumento para promover la paz ha recibido importantes críticas mayormente del realismo y del neo-marxismo:

Los realistas apuntaron a que el surgimiento de un conflicto armado está marcado por otras variables además del comercio, como la decisión propia de los líderes. Reconocen el comercio como una herramienta que puede influir, en la medida que las relaciones comerciales aportan a los Estados bienes estratégicos de gran valor (material para construir armamento o misiles, por ejemplo), pero desde su punto de vista, un líder no evaluará las pérdidas económicas potenciales de la ruptura de relaciones comerciales para decidir si entrar en conflicto o no. Asimismo, ahí donde se prevean disputas las empresas no invertirán y, por tanto, el comercio se reducirá. Además, “los factores que inhiben la agresión, por un lado, animan la agresión en otros”²⁰. Es decir, que el comercio puede fácilmente generar nuevos problemas que se acaben resolviendo por el uso de la fuerza.

Los neo-marxistas por su parte rechazan completamente la idea de que el comercio sea beneficioso para todos los países. Argumentan que estas relaciones se suelen dar en un marco de desigualdad, en la que una parte sale más beneficiada que la otra. Desarrollan

¹⁸ POLACHEK, Solomon W., “Conflict and Trade”. *Journal of Conflict Resolution*, vol. 24, núm. 1, pp. 55-78, 1980. <https://doi.org/10.1177/002200278002400103>

¹⁹ NYE, Joseph S., y KEOHANE, Robert O., “Transnational Relations and World Politics: An Introduction”. *International Organization*, vol. 25, núm. 3, 1971, pp. 329-349. <https://www.jstor.org/stable/2706043>

²⁰ FAIRLIE REINOSO, Alan, y QUEIJA DE LA SOTTA, Sandra, *op. cit.*, p. 19.

el concepto de relaciones asimétricas en el sentido de que el Estado dependiente de la relación incurre en unos costes mayores y unos beneficios inferiores que los de su contraparte. Por lo tanto, el comercio no siempre promueve relaciones pacíficas, sino que dependerá del grado de asimetría entre ambos.

Habiendo hecho un repaso sobre los conceptos centrales del paradigma liberal, a continuación pasaré a explicar la evolución histórica de los semiconductores y a analizar cómo se pueden ver reflejadas las ideas aquí expuestas en el proceso de desarrollo del chip.

2.3 La evolución histórica del chip

2.3.1 Desde el inicio hasta nuestros días

Como sucede con todos los grandes descubrimientos, la invención del microchip fue resultado de años de estudios sobre el funcionamiento de la electricidad y el movimiento de los átomos en diferentes superficies. Ya encontramos estudios sobre esta disciplina en los siglos XVIII y XIX, si bien el conocimiento disponible en aquella época no permitía todavía comprender suficientemente el fenómeno.

En 1945 William Shockley consiguió fabricar el primer prototipo de una máquina con una base de silicio que permitía regular el paso de electrones. Tenía la intención de que funcionara como una válvula, abriendo y cerrando el paso de la electricidad. Dos años después, dos compañeros suyos en Bell Labs, una compañía estadounidense dedicada a la investigación científica cuya matriz pertenecía al mundo de la telefonía, Bardeen y Brattain, consiguieron controlar el flujo de corriente, pero a diferencia de Shockley, emplearon elemento germanio como base para su experimento. Bautizaron la invención con el nombre de transistor. En ese momento no se le dio excesiva importancia, pero los expertos en electrónica se dieron cuenta de que estaban ante un invento que revolucionaría el mundo. Tal fue así que, en 1956, los tres científicos ganaron el premio nobel por ese descubrimiento.

Los transistores empezaron a utilizarse de forma habitual en lugar de las válvulas tradicionales, si bien su diseño y funcionamiento eran complejos, por lo que hacía falta mejorarlo. En 1958 Jack Kilby entró a trabajar en la empresa Texas Instruments (TI). En su primer mes allí, se dio cuenta de que era posible utilizar una sola placa de silicio, en vez de varias, sobre la que incrustar varios transistores. Llamó a su invento circuito integrado, aunque el nombre que más se extendió fue el de “chip”, proveniente del inglés “astilla”, ya que se elaboraban con una pieza cercenada de silicio.

Shockley continuó sus investigaciones sobre el transistor, pero curiosamente no fue él quien hizo el siguiente descubrimiento, sino ocho de sus ingenieros más brillantes que, cansados de su personalidad prepotente y malhumorada, decidieron crear su propia compañía. Entre ese grupo de ingenieros destacaban Gordon Moore y Bob Noyce. Este último en concreto consiguió mejorar el diseño del circuito integrado de Kilby para que fuera más eficaz, menos complejo y, sobre todo, más barato de fabricar. Además, a los ocho ingenieros se les atribuye la fundación de Silicon Valley, cuyo nombre en inglés deriva obviamente del “silicio”, el componente principal de los chips, si bien la región no adquirió su nombre hasta 1971.

El despegue de los semiconductores coincidió con la carrera espacial entre EEUU y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). En 1961 la URSS envió al primer hombre al espacio y ese fue el detonante para que EEUU iniciase un programa espacial millonario. En ese contexto, el presidente John F. Kennedy prometió llevar al primer hombre a la luna antes de terminar esa misma década, antes de que lo hiciese su rival soviético. Para ello hacían falta muchos chips. Desde un primer momento se vio que los semiconductores eran mucho más fiables que el antiguo método de las válvulas, por lo que la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) apostó fuerte en su desarrollo. La compañía de Noyce y Moore se convirtió en su principal proveedor, mientras que Kilby y TI recibieron contratos del ejército para fabricar chips con los que hacer funcionar ordenadores que debían ser capaces de lanzar misiles nucleares hasta Moscú. La Guerra Fría, con todo lo que conllevó, impulsó con creces la recién nacida industria de los chips.

La historia de los chips está marcada por la necesidad de hacerlo todo más pequeño y reducir los costes de producción. Cuanto más pequeños eran los chips, más sencillo resultaba ubicarlos dentro de una nave espacial o de un misil. De eso se encargó Jay Lathrop, que en 1958 entró a trabajar en TI. Allí se dio cuenta de que usando determinadas lentes y unas sustancias químicas comunes en el sector de la fotografía llamadas fotorresinas, que modificaban sus características químicas con la exposición de la luz, podía fabricar semiconductores de tamaño diminuto en masa. Llamó a ese proceso fotolitografía.

Pese a los avances, se requerían todavía muchos experimentos de prueba y error para encontrar una fórmula que funcionara correctamente y fuera lo suficientemente segura. Para ello contrataron a Morrison Chang (uno de los grandes nombres de la industria, especialmente para Taiwán), cuyo trabajo era supervisar los experimentos. Chang hizo un trabajo tan estupendo que no sólo consiguieron dar con la fórmula adecuada, sino que incluso logró aumentar el rendimiento de los chips en un 25%²¹. En la década de los 60 todos los involucrados veían ya el enorme potencial de la industria, sólo había que conseguir producirlos en serie y convencer a la población de que los consumiera. Para entonces, el 95% de la producción iba al gobierno de los EEUU, sobre todo al ejército. Fue Noyce el único que reparó en el potencial del mercado civil. De hecho, “el primer circuito integrado producido para ser comercializado, usado en un audífono Zenith, se había diseñado originalmente para un satélite de la NASA”²². Aun así, era indispensable mantener los costes bajos porque sino los potenciales usuarios no podrían permitirse comprar el producto.

En esa misma época, durante una entrevista realizada el 19 de abril de 1965, Gordon Moore previó la expansión imparable de los chips y lanzó una predicción, que pasó a denominarse Ley de Moore, según la cual cada año se duplicaría el número de transistores incluidos en un microchip²³. Dado que la capacidad de cada chip crecía cada año exponencialmente, también previó que lo harían sus aplicaciones y el número de dispositivos electrónicos para el consumo del público general que funcionarían con un chip. Teorizó que, dada la continua evolución de la fabricación de los chips, mientras se

²¹ MILLER, Chris, *op. cit.*, p. 69.

²² *Ibid.*, p. 73.

²³ Años después el propio Moore modificó su predicción e indicó que el número de transistores por microchip se duplicaría cada dos años.

invirtiera en I+D, la industria del microchip siempre estaría en crecimiento, y por ambicioso que suene, de momento la historia le ha dado la razón.

La salida a la venta del primer ordenador personal en 1971 ayudó mucho a la empresa de Moore y Noyce. En los años 80, su compañía tenía el mismo volumen de compradores civiles y militares. Sin embargo, este cambio en el mercado también facilitó el florecimiento de nuevas empresas rivales.

En lo que respecta al principal rival de los EEUU en aquellos años, la URSS tan solo llevaba entre dos y cuatro años de retraso en la fabricación de microchips, pero poseían sus propios expertos en la materia y el nivel de sus universidades era más o menos similar. El líder soviético Nikita Jrushchov quería superar a los EEUU en todo, tal era su ambición que incluso ordenó construir un Silicon Valley soviético, al que llamaron Zelenograd. Para tratar de ponerse al día, los soviéticos utilizaron la red de espías del Comité para la Seguridad del Estado (KGB). Sus espías obtenían y transmitían información sobre los últimos modelos desarrollados en Silicon Valley. No obstante, había una diferencia clave entre ambos países, EEUU ya trabajaba en la producción en masa y se podía beneficiar de avances en otras industrias, así como de los conocimientos que compartía con sus aliados, mayormente los europeos.

Rusia por su parte en este ámbito estaba aislada. Con el tiempo esa fue su perdición, los aliados occidentales prohibieron transferir conocimiento a los países comunistas, por lo que Rusia solo podía hacerse con aquello que sus espías lograban robar. Aun así no era suficiente, para producir chips también hacía falta acceso a materiales, conocimiento y maquinaria de calidad de los que Rusia no disponía. “Los espías soviéticos eran de los mejores (...), pero el proceso de producción de semiconductores entrañaba más detalles y conocimientos de los que podía robar el agente más hábil”²⁴. Además, era un sector que avanzaba muy rápido, por lo que la primera generación de chips creados en los 60 quedó completamente desfasada. La estrategia rusa de robar y copiar, en vez de producir sus propios chips, fue en última instancia lo que llevo a su hundimiento, porque les condenó a ir siempre un paso por detrás de los EEUU.

Tras la segunda Guerra Mundial, en un giro inesperado de los acontecimientos, los americanos decidieron apoyar el sector tecnológico japonés en un intento de llevar el potencial de ese país hacia la órbita occidental, así que les permitieron acceso a sus industrias. Los japoneses no eran buenos haciendo semiconductores, pero sí encontrando nuevas aplicaciones, innovando y explotando nuevos mercados económicos. Fue en esa época en la que nacieron empresas como Sony y productos electrónicos pequeños para el consumo, como las primeras calculadoras con chips integrados. Las industrias de ambos países se fusionaron e integraron en un mismo sistema de producción. Japón tenía acceso a la tecnología más puntera del mundo, mientras trataba de recuperarse de la guerra, y EEUU había conseguido nuevos compradores para sus semiconductores. TI abrió la primera fábrica de semiconductores en el extranjero, en Japón. Aquí, podemos ver como aplican las teorías liberales sobre el comercio y la paz. No es coincidencia, ya que la postguerra fue uno de los periodos dorados de ese paradigma. Integrando a Japón en su esfera de influencia EEUU buscaba, al fin y al cabo, evitar que se alzara de nuevo como un posible enemigo. Para Japón, esa estrategia convirtió al país en una de las potencias económicas más importantes del mundo.

²⁴ MILLER, Chris, *op. cit.*, p. 87.

La guerra del Vietnam (1955-1975) fue la primera vez en la que se utilizaron chips de silicio producidos por TI para crear bombas con sistemas de navegación integrados que permitían dar en el blanco con un porcentaje de acierto nunca visto antes. Así nacieron las armas inteligentes. Al final, el desenlace de la guerra no dependió de la capacidad de las bombas americanas para acertar en su objetivo, sino de la guerra de guerrillas llevada a cabo por el Vietcong y de la capacidad de Vietnam del Norte para asumir víctimas humanas. Sin embargo, aunque los estadounidenses perdieron la guerra, Vietnam fue el campo de pruebas idóneo para la aplicación de los chips al ámbito militar.

También en los años 60 empezó el proceso de deslocalización de la fabricación de chips. El lugar elegido fue Asia, donde la mano de obra era muy económica y no había un espíritu de sindicalización desarrollado como en los países occidentales. Asimismo, el gobierno también lo vio como una oportunidad para frenar el avance del comunismo en determinadas regiones. Así pues, en 1968 TI abrió su primera fábrica en Taiwán. La voluntad de los líderes taiwaneses fue siempre la de vincular su economía con la de EEUU para garantizar su propia seguridad frente a China. “EEUU podía no tener interés en defender Taiwán, pero igual sí lo tenía en defender TI”²⁵. En 1969, durante esta época de expansión, Moore y Noyce abandonaron la compañía que habían fundado años atrás y fundaron Intel Corporation. Allí crearon el primer chip de memoria capaz de almacenar los datos de un dispositivo, la llamada memoria dinámica de acceso aleatorio o DRAM (por sus siglas en inglés).

Los años 80 dieron un vuelco a la industria de los semiconductores. Con veinte años de experiencia, los japoneses cogieron la delantera y empezaron a fabricar chips de mayor calidad y menor coste que los americanos. En los 80 la electrónica de consumo se había convertido en la gran especialidad japonesa y Sony era la primera vendedora del mundo. En EEUU se extendió el temor a que los japoneses pudieran llegar a remplazar a Silicon Valley, así que empezó una batalla, primero en los juzgados, con demandas de propiedad intelectual y de espionaje empresarial entre empresas japonesas y americanas, pero también entre las propias empresas americanas y después entre acusaciones de favoritismo y competencia desleal entre los gobiernos. La crisis coincidió con una época de bonanza económica para Japón, donde los bancos podían dar préstamos para I+D con intereses muy bajos, mientras que muchas compañías estadounidenses tenían problemas de financiación y apenas lograban mantenerse a flote. Fue la primera gran crisis en el sector de los semiconductores, por lo menos para los EEUU. Además, el gobierno se dio cuenta de que, si el país perdía la delantera en esta industria estratégica, eso comportaría un riesgo de seguridad enorme para su ejército, ya que dependería de Japón para poder adquirir el material más avanzado del que se nutría su armamento.

La década de los 80 refuta por completo las teorías liberales clásicas. Una relación que había nacido sobre la base del comercio y con la intención de aminorar todo riesgo de conflicto armado, se transformó en una batalla económica en el que perecieron numerosas de empresas americanas y multitud de puestos de trabajo. Al contrario de lo que teorizaron los neoliberales, al verse arrastrada a una situación de interdependencia económica EEUU entró en pánico y muchos expertos del sector empezaron a cuestionarse si Japón había conseguido superar a los EEUU de un modo tan aplastante en un sector donde ellos habían

²⁵ MILLER, Chris, *op. cit.*, p. 109.

sido los pioneros, ¿por qué no podía llegar a hacerlo también en otras áreas sensibles como, por ejemplo, en la militar?

A finales de los 80, los factores que habían contribuido al esplendor japonés empezaron a cambiar. El valor del yen se duplicó con respecto al dólar haciendo que las exportaciones norteamericanas fueran más baratas. Los intereses también bajaron, librando a muchas empresas de sus deudas, y con la introducción del ordenador en las oficinas los precios de los chips también bajaron. Hay dos hitos importantes a destacar en ese periodo: la fundación de Micron, dedicada a la fabricación de DRAM, y el cambio de estrategia de Intel, que optó por elaborar microprocesadores para los ordenadores. Otra consecuencia fue la entrada de Corea del Sur, a través de Samsung, en el negocio de los semiconductores. Su calidad era inferior a los chips fabricados por EEUU o Japón, pero en cambio podía producir DRAM a un coste muy inferior. La guerra del Golfo (1990-1991) demostró la perfecta integración de los semiconductores dentro de la estructura militar de los EEUU y puso de manifiesto el terrible error que había cometido la URSS al dejar de innovar en chips y en electrónica, porque su armamento, en comparación con el americano, quedó completamente anticuado.

En los años 90 Morrison Chang llegó a Taiwán, y sus gobernantes lo contrataron para dirigir el sector. Fundó Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited (TSMC), la principal fábrica de chips del mundo actualmente, con un planteamiento nunca visto antes. Las empresas de semiconductores generalmente asumían todas las partes del proceso de producción, diseñaban un chip para un producto concreto, lo fabricaban en sus instalaciones y después lo enviaban al comprador, local o extranjero, para ser integrado y montado en el producto final. Sin embargo, Chang vio la oportunidad de crear una empresa solamente de fabricación. Eran sus clientes los que venían con el diseño ya preparado y él producía los chips en sus instalaciones. Mantener una fábrica de última generación era muy costoso, no todas las empresas productoras de dispositivos electrónicos se lo podían permitir, por lo que Chang vio la oportunidad de explotar un mercado completamente nuevo a base de trocear en partes bien diferenciadas la cadena de producción. El modelo fue y sigue siendo un éxito. Entre los clientes de TSMC encontramos por ejemplo a Apple, todos los chips de los iPhone son producidos por TSMC partiendo de los diseños realizados por la propia Apple.

Tras el fallecimiento de Mao Zedong en 1976 el sector chino también empezó a despertar. La estrategia del líder comunista hasta su muerte había sido parecida a la de la URSS, nunca apostó por los semiconductores. En los años 80 el país trató de dar un giro de ochenta grados, cuando ya era tarde y llevaba más de diez años de retraso en el desarrollo de tecnologías propias. En esos años se funda Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC), la principal compañía china del sector.

En 2014 anunciaron el plan de inversiones “Made in China 2025” con el objetivo de reducir sustancialmente sus importaciones de semiconductores del extranjero para 2025. En definitiva, lo que buscaban era crear una industria fuerte para reducir su dependencia de países extranjeros, pero en lugar de integrarse en la cadena de producción mundial existente, como habían hecho Japón, Corea y Taiwán, China optó por crear una propia. “Su propósito era rehacer el sector internacional de semiconductores, no integrarse en él”²⁶. Sin embargo, pronto se vio que era una hazaña imposible por los años de retraso

²⁶ MILLER, Chris, *op. cit.*, p. 320.

acumulados. Asimismo, los demás Estados se inquietaron por los efectos que esa política podía causar a su delicada cadena de producción, ya que China era el primer comprador de chips del mundo.

Finalmente, desde el gobierno chino cambiaron de estrategia. En vez de tratar de replicar los procesos por su cuenta, optaron por comprar empresas extranjeras, especialmente americanas y del sector de la fabricación, y llevarlas a China para hacerse así con su tecnología. Durante esos años cabe destacar el éxito de Huawei, cuya cuota de mercado en telefonía se asemeja a la de gigantes de la tecnología como Apple o Samsung, y produce también sus chips a través de TSMC.

En Europa solo hay una compañía puntera en el sector, la neerlandesa Advanced Semiconductor Materials Lithography (ASML), dedicada a la producción de las máquinas necesarias para la fabricación de chips. En los años 90 el sistema litográfico que empleaba ASML quedó obsoleto para producir los chips suficientemente pequeños que necesitaba el mercado. Los norteamericanos, a través de Intel, descubrieron una nueva tecnología de luz ultravioleta extrema (UVE) capaz de resolver el problema, pero como no había nadie capaz de producirla en serie en EEUU acudieron a ASML. La tecnología UVE es hoy en día imprescindible para la producción de semiconductores, y desde su invención hasta que se encontró la forma de fabricarla en serie pasaron más de treinta años y se requirió la colaboración de multitud de expertos de muchos otros campos científicos²⁷. Emplea un mecanismo tan complejo que, aunque alguien logre hacerse con los planos no sería capaz de replicarla. ASML es la única empresa en el mundo que vende esta tecnología y es la joya de la corona del sector europeo de los semiconductores (la única joya, para ser exactos).

Al inicio de la década de 2000 “era imposible fabricar un chip de última generación sin utilizar alguna que otra herramienta de EEUU”. Sin embargo, se empieza a ver como la globalización y recurrir a empresas extranjeras para externalizar determinados procesos de la cadena está debilitando cada vez más a EEUU que, aunque sigue siendo el primero, está viendo como países como Japón, Corea y China se estaban acercando peligrosamente. En ese entonces, algunos analistas como Van Atta ya alertaban de que EEUU acabaría dependiendo en pocos años de las capacidades de otros países para poder fabricar determinados tipos de chips, aunque nadie hizo caso²⁸.

En 2016 solamente había tres grandes empresas de fabricación de chips de última generación compitiendo por el primer puesto: la estadounidense Intel, la coreana Samsung y la taiwanesa TSMC. Con el paso de los años se ha visto como “en verdad, no se había globalizado la fabricación: se había “taiwanizado”. No se había difundido la tecnología: estaba monopolizada por un puñado de empresas irremplazables”²⁹. Tanto EEUU como China llegaron a la década de 2020 atrapados en el mismo dilema, la cadena de producción estaba tan fragmentada que era imposible fabricar semiconductores sin externalizar el proceso y sin contar con la ayuda de toda una compleja cadena de Estados. Sin embargo, al contrario de lo que teorizaban las teorías liberales, no se ha incrementado la seguridad conjunta, sino todo lo contrario. Los gobiernos han vinculado la industria de los semiconductores con su potencial militar, por lo tanto, esta dependencia se formula hoy en día como un problema de seguridad nacional.

²⁷ MILLER, Chris, *op. cit.*, p. 259.

²⁸ *Ibid.*

²⁹ *Ibid.*, p. 370.

El problema se ha agudizado tanto que ambos gigantes están buscando formas de reducir su dependencia de la cadena actual y a la vez se castigan el uno al otro, en una lucha encubierta para ver quién conseguirá la primera posición en el mercado global de los semiconductores. Desde 2019, EEUU está aplicando durísimas sanciones a Huawei, prohibiéndole adquirir cualquier tecnología estadounidense o de sus aliados. Ha sido un golpe duro, ya que, si bien China había conseguido enormes progresos en la última década, todavía le faltan algunas tecnologías clave, como los programas de diseño de chips americanos o las máquinas UVE holandesas. Lo más sorprendente es que la única respuesta del gobierno chino ha sido anunciar más inversiones en el sector para, igual que su contrincante, tratar de reducir el problema. Las previsiones de futuro dicen que China podría superar a Corea del Sur y Taiwán en la producción de chips de modelos más antiguos, como los usados en coches y en la mayoría de los productos de consumo de masas, excepto los utilizados para los teléfonos móviles. Mientras, EEUU, Europa, Corea del Sur y Taiwán también han anunciado nuevas inversiones millonarias para tratar de blindar sus industrias y no perder cuota de mercado, a la par que los tres primeros intentan reducir su dependencia del último.

La crisis de suministros del 2020, como consecuencia de la pandemia de la Covid-19, fue el factor que puso la industria de los semiconductores en las portadas de todos los periódicos y en boca de todos los políticos. Se profundizará más en el siguiente capítulo³⁰, pero muchos expertos coinciden en que la crisis se dio no tanto por la fragilidad de las cadenas de producción, sino por un incremento puntual en la demanda de los chips necesarios para fabricar dispositivos electrónicos, como ordenadores o móviles, cuya demanda aumentó durante la pandemia, dejando desamparados a otros sectores como el automovilístico.

Aun así, nadie niega que la industria sobrevive amenazada por dos peligros importantes: el primero, de carácter geológico, se debe a que tanto Silicon Valley como Taiwán se encuentran bajo dos fallas terrestres, por lo que son proclives a terremotos u otros desastres naturales. Además, es imposible ignorar la tesitura en la que se encuentran Taiwán y EEUU ante las aspiraciones de China. Los expertos en seguridad y defensa alertan de que si algo ocurriera a la fábrica de TSMC en Taiwán (por causas naturales o humanas), se perdería alrededor del 37% de la producción mundial³¹ y la humanidad podría tardar hasta diez años en recuperar el nivel actual de desarrollo. Así que mientras tanto los inversores e ingenieros se preguntan: ¿veremos algún día el final de la Ley de Moore, o el sector continuará con su crecimiento constante tal como predijo uno de sus creadores? En buena medida, el futuro de la industria depende de las nuevas y futuras aplicaciones que vayan surgiendo en los próximos años.

2.3.2 Aplicaciones futuras

Los semiconductores se utilizan básicamente para hacer funcionar cualquier aparato electrónico, desde calculadoras, cepillos de dientes, ordenadores, móviles, televisores, pasando por coches, neveras, lavadoras e incluso hasta aviones y trenes, de ahí su importancia crucial para nuestra sociedad. Actualmente, es habitual que un solo producto

³⁰ Consultar el apartado 3.3 La crisis de 2020-2023 para más información sobre este tema.

³¹ MILLER, Chris, *op. cit.*

utilice varias decenas de semiconductores de diferentes tipos, por ejemplo un teléfono móvil de gama media necesita aproximadamente más de doce microchips para operar, procedentes cada uno de una parte del mundo diferente, y dispositivos más grandes como los coches llegan a necesitar una media de entre 1.000 y 3.000 chips en función del vehículo y sus prestaciones.

Basta con un poco de imaginación, para comprender la enorme cantidad de semiconductores que requieren dispositivos mayores, como la computación en nube (piénsese en los servidores que mantienen los servicios de iCloud, One Drive o Dropbox, por ejemplo), los satélites, el armamento militar o incluso un cohete enviado a una misión espacial (precisamente una de las primeras industrias que empezaron a utilizarlos).

En palabras de Chris Miller, “La mayor parte del producto interior bruto (PIB) mundial se genera con dispositivos que llevan semiconductores. Para un producto que hace 75 años no existía, es una progresión extraordinaria”³². A eso hay que añadirle las posibles futuras aplicaciones de los que depende la Ley de Moore. Los microchips de última generación son indispensables para el funcionamiento de la red 5G (y todas las próximas), los vehículos autónomos y las inteligencias artificiales (IA), que cada vez son más y tienen mayores aplicaciones. Concretamente, las inteligencias artificiales, dada su gran complejidad, se prevé que acaben por requerir un buen porcentaje del mercado en un futuro. Actualmente 1 de cada 3 chips va a un teléfono móvil, pero esto podría cambiar en las próximas décadas³³.

Por ejemplo, otras aplicaciones menos obvias, pero igualmente importantes, estarán en nuevos instrumentos médicos que permitirán hacer avances importantísimos en el campo de la salud en campos como la neurociencia y la neurotecnología³⁴, o la reducción de tumores cerebrales, la osteoporosis, la diabetes o los implantes³⁵. En un futuro habrá que ver cómo evoluciona la industria y si la Ley de Moore se mantiene vigente, pero lo que sí es seguro es que, si llega a detenerse, no será por falta de demanda.

³² MILLER, Chris, *op. cit.* p. 37.

³³ *Ibid.*

³⁴ DE LEÓN BARRIOS, Víctor Hugo, “Neurotecnología: el futuro”, *Revista académica CUNZAC*, vol. 5, núm. 2, 2022, pp. 107-113. <https://doi.org/10.46780/cunzac.v5i2.77>

³⁵ GARCÍA RECHE, Natalia, *Microchips y terapias personalizadas* (Trabajo de fin de grado), Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, 2017. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NATALIA%20GARCIA%20RECHE.pdf>

3. La geopolítica de los chips

3.1 La cadena de producción global

En el capítulo anterior hemos visto cómo la evolución de los chips está marcada por la Ley de Moore, que pronostica un crecimiento constante y duradero para esta industria, y la historia nos confirma que hasta ahora dicha ley siempre se ha cumplido. Sin embargo, una de las verdaderas razones que han sustentado este crecimiento es el abaratamiento de los precios de producción, y este abaratamiento se ha podido lograr gracias a la deslocalización de las cadenas de producción o de valor.

La cadena de valor está altamente fragmentada y repartida por todo el mundo, con un volumen importante de los procesos desarrollándose en Asia. Esto se ha podido lograr gracias a un nivel de cooperación y coordinación increíblemente complejo entre las diferentes empresas, fábricas y países. No obstante, muchos analistas apuntan a que esta amplísima red organizativa podría romperse o, como mínimo, modificarse como consecuencia de las tensiones geopolíticas que amenazan al sector.

En este capítulo explicaré brevemente cómo funciona la cadena de producción, dónde se localiza y cuáles son las principales empresas que participan en este proceso, para después analizar qué posición adoptan los principales países del orden mundial actual.

Para este trabajo he dividido la cadena en tres grandes fases, cada una con sus procesos internos. La primera fase corresponde a la obtención de materias primas, la segunda al proceso de fabricación del chip y, finalmente, la tercera es la fase de postproducción, que incluye la evaluación del producto y su posterior montaje dentro de un dispositivo electrónico³⁶.

3.1.1 La obtención de materias primas

Existen un conjunto de materias imprescindibles para la fabricación de chips entre las que se incluye el silicio, a partir del cual se manufacturan las obleas o láminas que sirven de base para la fabricación de los microchips, gases ultrapuros como el nitrógeno o el oxígeno, gases tóxicos o exóticos como el flúor, el trifluoruro de nitrógeno, el arsano o hidruro de arsénico y determinados fluidos como el barniz fotosensible³⁷. Asimismo, también son de especial relevancia en la producción de máquinas litográficas el neón y el paladio.

El silicio es el elemento más importante de todos en el proceso de fabricación de los chips, pero al contrario de lo que a veces se piensa su obtención y posterior tratamiento no presenta ninguna dificultad especial. Se trata del segundo elemento más común de la corteza terrestre, donde constituye el 27,7% de toda la materia, solamente por detrás del oxígeno. Es un elemento químico que no existe de forma pura en la naturaleza y que suele encontrarse en forma de dióxido de silicio en las rocas, la arena o la arcilla. También se

³⁶ Para una representación visual de la cadena de producción consultar el anexo 1. La cadena de valor global de los semiconductores.

³⁷ ARNAL, Judith, GARCÍA, Emilio, y JORGE RICART, Raquel, "Policies and tools for strengthening the European semiconductor ecosystem", *Elcano Policy Paper*. Real Instituto Elcano, 2023.

pueden encontrar compuestos de silicio en la atmósfera, el agua, las plantas y, a menudo, en los fluidos, tejidos y esqueletos de los animales³⁸.

El silicio es el semiconductor preferido para fabricar chips porque se encuentra fácilmente y con abundancia en la naturaleza, y por ser mucho más estable que el resto de elementos semiconductores. Aun así, se han realizado estudios que plantean posibles alternativas al silicio, por si en el futuro fuese necesario recurrir a otros elementos para sustituirlo.

La materia prima es relativamente fácil de obtener. Por lo general se extrae de la arena, que contiene un porcentaje muy elevado de este elemento. Una vez separado del mineral, el silicio debe someterse a un proceso de purificación para poder ser utilizado en la fabricación de microchips. Este proceso parte del silicio metalúrgico pulverizado, que se depura por medio de procesos químicos complejos hasta obtener un lingote o cilindro de silicio monocristalino, en el que los átomos se orientan todos en la misma dirección. Estos lingotes se cortan de forma transversal dando forma a las obleas o láminas de silicio, que son el componente básico sobre el que después se estampa el circuito integrado que da origen al microchip. En general, es un proceso complejo que genera muchos residuos y materiales tóxicos. El silicio en formas menos purificadas también se utiliza en la industria para aplicaciones diversas como por ejemplo la fabricación de vidrio, como fertilizante o bien como elemento de aleación en el proceso de fabricación del acero.

El mercado mundial de silicio equivalía en 2019 aproximadamente a 6.050 millones de dólares americanos, y se espera que siga aumentando con una tasa de crecimiento anual compuesta de 4,6% durante la siguiente década. En otras palabras, se prevé que el mercado mundial del silicio alcance un valor de 11.460 millones de dólares en 2027³⁹.

El principal productor de silicio es China, con más de 6.000 toneladas métricas en 2021. En segundo lugar, la sigue Rusia, con 580 toneladas métricas, y después Brasil, con 390 toneladas métricas producidas en el mismo año⁴⁰. Así pues, la diferencia entre el primer y el segundo y tercer productor es abismal. Estados Unidos se sitúa en la quinta posición, con 310 toneladas métricas, justo por detrás de Noruega que produce 350 toneladas métricas. Se estima que la producción mundial total de silicio en 2022 fue de 8,8 millones de toneladas métricas.⁴¹ Los tres primeros países mencionados conformarían aproximadamente el 87% del mercado total, si solamente se tuviesen en cuenta los diez principales productores del mundo.

Sin embargo, si nos fijamos en la producción de obleas de silicio, la imagen cambia de forma considerable. Japón es el líder indiscutido en este campo con una cuota de mercado ligeramente inferior al 60%⁴², seguida por Taiwán que se sitúa alrededor de un 16% y Alemania con una cuota del 14%. China controla menos del 5% de la producción mundial

³⁸ MORRISON, Simon, "Semiconductor materials: What is silicon?" *Power & Beyond. The platform for power electronics*, 2022. [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.power-and-beyond.com/semiconductor-materials-what-is-silicon-a-ba604a23f39215d0c410a14e5f071121/>

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ STATISTA RESEARCH DEPARTMENT, "Major countries in silicon production worldwide in 2022", *Statista*, 2023. [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/268108/world-silicon-production-by-country/>

⁴² ARNAL, Judith, GARCÍA, Emilio, y JORGE RICART, Raquel, *op. cit.*

y Estados Unidos directamente no produce obleas de silicio⁴³. Los porcentajes pueden variar en función del tamaño de la oblea, pero estos datos nos proporcionan una idea general del mercado en su conjunto.

Los demás materiales necesarios para la fabricación de chips, además del silicio, son suministrados por empresas japonesas como Tok, Sumitomo, Fujifilm, Shin-Etsu y Sumico, o bien por Dupont, Merck y Air Liquide, americana, alemana y francesa, respectivamente. El neón y el paladio proceden en gran medida de Rusia y Ucrania.

3.1.2 La fabricación del chip

Esta segunda fase es la más compleja porque agrupa diversas etapas clave y múltiples actores. Esta fase se iniciaría una vez ha sido producida la oblea de silicio, si bien, en la realidad, estos procesos suelen desarrollarse de forma paralela.

En primer lugar, debemos hacer una mención al papel esencial de los departamentos de investigación y desarrollo de las propias empresas, o incluso de las universidades que se concentran en la innovación científica y en diseñar mejoras para los prototipos ya existentes. Sin esa investigación constante, la industria no sería capaz de crear chips cada vez más pequeños, más baratos y con mayores capacidades técnicas. Al inicio de la cadena también situamos el acceso a la propiedad intelectual. Para diseñar y fabricar un chip se trabaja sobre patentes y usando herramientas propiedad de diferentes empresas. Aquí incluimos el mismo diseño del chip, es decir, el diseño del circuito integrado, los programas informáticos utilizados para trabajar con ellos, las licencias para determinada maquinaria... Por supuesto, una empresa puede optar por crear sus propios prototipos desde cero, pero en la mayoría de los casos se trabaja sobre patentes existentes a cambio de una sustanciosa cantidad en concepto de derechos. Así se consigue reducir los costes y disponer siempre de la tecnología más puntera, de forma rápida y eficiente. También existen muy buenos modelos gratuitos de código abierto que han ayudado a incrementar la colaboración en el desarrollo de diseños seguros.

Las cinco empresas principales en el ámbito de la propiedad intelectual del sector de los microchips son ARM Holdings, una compañía británica con una cuota de mercado en 2020 superior al 40%, Synopsys, Cadence y Microchip Technology, las tres estadounidenses e Imagination Technologies, también británica.

El segundo paso para producir chips es el diseño del producto. Si bien se suele trabajar sobre modelos ya creados, para competir en el mercado de los semiconductores de última generación es imprescindible estar constantemente innovando y reduciendo el tamaño de los microchips. Las empresas tienen grandes procesos de ingeniería y pueden tardar hasta tres años en desarrollar nuevos modelos. Hay muchos tipos de diseñadores diferentes, empresas que se dedican exclusivamente a crear modelos nuevos por encargo, empresas de reconocidas productoras de dispositivos tecnológicos que diseñan ellas mismas sus productos y después encargan la producción a un tercero, o empresas que integran todas las partes del proceso, el diseño, la posterior producción del chip y su integración en un dispositivo electrónico, que después venden directamente al consumidor final. Aun así, si nos centramos exclusivamente en el diseño, las tres principales compañías son Mentor

⁴³ BUSINESS EXECUTIVES FOR NATIONAL SECURITY, “The Global Semiconductor Supply Chain: Key Inputs”, *Business Executives for National Security*, 2023. [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bbnc.bens.org/semiconductors---page-3-key-inputs>

Graphics, Cadence y Synopsys, todas ellas americanas. Debemos destacar igualmente el papel de la India, que en los últimos años ha desarrollado una potente industria en el diseño y verificación de chips de gama baja para terceros, gracias a sus precios competitivos en buena medida por su amplia disponibilidad de mano de obra cualificada de bajo coste.

Otra parte fundamental del proceso es el equipo. La producción de chips requiere de equipos muy sofisticados y costosos para poder realizar cada parte del proceso, incluyendo la aplicación de productos químicos, litografía, grabado y corte de los circuitos, metrología y medición óptica de la calidad, entre otros... En este campo destaca la compañía holandesa ASML, la única en el mundo capaz de fabricar máquinas de litografía que permitan dibujar grabados lo suficientemente pequeños como para caber en los nuevos chips de última generación. Que se tenga conocimiento, ninguna otra empresa ha logrado hasta ahora desarrollar una tecnología equivalente. Otras empresas dedicadas a la producción de equipos para la producción de microchips son la japonesa Tokyo Electron y las americanas Applied Materials, KLA Tencor Corporation y LAM Research Corporation. La adquisición de componentes para la maquinaria necesaria para la fabricación de microchips se ha visto especialmente afectada por las sanciones cruzadas entre Estados Unidos y China, en particular su guerra comercial⁴⁴.

El tercer punto clave del proceso es la producción propiamente del chip. Existen un total de tres modelos de producción diferentes: las empresas llamadas *fabless*, las *foundry* y las fábricas integradas.

El modelo *fabless* se refiere a empresas de chips sin fábrica. Este modelo se desarrolló a partir de la década de los 90, cuando Morris Chang abrió la primera planta de TSMC centrada exclusivamente en la fabricación para otras compañías tecnológicas. A partir de ahí surgieron compañías que se centran en el diseño y la venta de los chips y externalizan la producción a las *foundries*. El término *fabless* significa que la empresa crea sus propios semiconductores, bien sea para su uso propio o para después venderlos en el mercado, y subcontratan el resto del proceso a otras fábricas. Algunos ejemplos de este tipo de empresas son Apple, Google y Amazon, que crean los diseños de sus chips exclusivamente para sus dispositivos, u otras como Advanced Micro Devices (AMD), Nvidia, Qualcomm y Broadcom, que aparte de usarlos para sus productos, también los venden a terceros.

El modelo *fabless* no podría existir sin las *foundries*, que en castellano se suele traducir como “fundidoras”. En definitiva, las *foundries* son las fábricas tradicionales, altamente mecanizadas y milimétricamente organizadas en las que se elaboran los chips. Son la contraparte del modelo *fabless*, y uno sin el otro no podría existir. Mientras el primero se encarga de las cuestiones más técnicas, las *foundries* son las que partiendo de una oblea de silicio crean el producto final. Se trata de un modelo de negocio muy intensivo, con altas inversiones de capital y trabajadores especializados. Dada su complejidad, son muy pocas las empresas capaces de producir semiconductores de última generación que existen en el mundo, destacando en primero y segundo lugar la taiwanesa TSMC y la coreana Samsung. En China, la empresa SMIC se dedica a la producción de modelos más antiguos. En Estados Unidos también hay algunas compañías de estas características, pero

⁴⁴ Para más información sobre este tema, consultar en este mismo capítulo los apartados 3.3.1 Estados Unidos y 3.3.2 China.

sin alcanzar las cuotas de mercado que sostienen TSMC y Samsung. Así pues, como consecuencia del proceso evolutivo del sector, al que se ha hecho mención en el primer capítulo, la mayor concentración de *foundries* se encuentra en Asia y Asia-pacífico.

Pongamos por ejemplo el caso del iPhone. Apple actualmente diseña sus propios modelos de chips en su *fabless* en Estados Unidos para sus nuevos productos. El diseño es enviado a TSMC, que produce el chip y posteriormente lo envía a China donde el semiconductor se integra en el teléfono móvil.

La única alternativa al modelo *fabless-foundry* es el modelo integrado. Este modelo, donde una misma empresa se encarga de realizar todas las partes del proceso, era preexistente al modelo *fabless-foundry* diseñado Morris Chang. Integran diseño y fabricación en las instalaciones de la misma compañía y después venden sus propios microchips. Pese a tener fábricas propias, en la mayoría de los casos no fabrican chips para otras compañías *fabless*, pero sí pueden recurrir a *foundries* de terceros y subcontratar parte de su producción cuando el volumen de semiconductores que necesitan supera el que son capaces de producir por sí mismas. Empresas que aplican este modelo son Intel, Samsung y Texas Instruments. Este sistema tiene la ventaja de quedar mucho menos afectado por los desafíos geopolíticos que hoy en día acechan la cadena de producción, pero el modelo es muy caro y difícil de sostener.

En realidad, ninguna empresa se ajusta al ciento por ciento a uno de los modelos descritos. Samsung, por ejemplo, se puede considerar una empresa integrada porque tiene sus propias fábricas en las que produce chips, pero también acepta encargos de otras empresas. Por su parte Intel, si bien crea y produce ella misma la mayoría de sus semiconductores, subcontrata la fabricación de los chips de 7 nano milímetros (nm) a TSMC. Al fin y al cabo, cada una de estas empresas trata de determinar cuál es la opción más rentable para cada uno de los diferentes tipos y tamaños de chips que necesita.

No obstante, si el mercado ha alcanzado el volumen que tiene en la actualidad es fundamentalmente gracias a la existencia del modelo *fabless-foundry*. Ya hemos visto cómo la deslocalización permitió reducir costes y hacer que los semiconductores empezaran a producirse en masa de forma global, pero es el modelo *fabless-foundry* el que ha permitido que nazcan nuevas empresas especializadas en una parte concreta del proceso, facilitando el desarrollo de nuevas tecnologías para el desarrollo de chips, haciendo más rentable la cadena de producción y permitiendo de este modo que la tecnología se volviera tan asequible en la actualidad. Sin embargo, el coste a pagar en la industria por este modelo es la dependencia de terceros Estados, o de compañías privadas extranjeras de un producto que, en las últimas décadas, se ha vuelto completamente indispensable.

3.1.3 La fase de postproducción

La última fase se inicia cuando ya se ha fabricado el chip y está listo para ser montado en el producto final. Esta fase comprende dos grandes procesos: el control de calidad y los servicios de embalaje. Las empresas subcontratadas prueban los chips fabricados por las *foundries* o por las fábricas integradas y, una vez se comprueba que funcionan correctamente, son enviados a las fábricas de montaje para incorporarlos en el dispositivo al que van destinados: un teléfono móvil, una lavadora, un coche, etc. Los servicios de control suelen ser prestados por empresas en China, Malasia o Taiwán, y para el montaje

final cada marca tiene su propia fábrica en una localización diferente, aunque en la mayoría de los casos suelen montarse en empresas chinas.

Dividir la cadena en estas tres grandes fases y sus procesos internos ayuda a comprender mejor el alto nivel de fragmentación en el sector y cuáles son los diferentes países que intervienen en el proceso. Si pensamos con una lógica de bloques, la mayoría de las materias primas son suministradas por China o Rusia, el diseño, la innovación y la propiedad intelectual están casi exclusivamente en manos de Estados Unidos y algunas empresas europeas (británicas u holandesas), la producción se desarrolla en Asia y el posterior montaje en países asiáticos, entre los cuales destaca China. No obstante, cuesta imaginar cómo sería la cadena si faltara alguno de los eslabones o, si alguno de los países que la integran, por elección propia o por razones de fuerza mayor, tuviera que abandonarla.

Es precisamente este nivel de fragmentación tan alto lo que en muchas ocasiones ha puesto en peligro el sistema en su conjunto. Durante toda su historia se han sucedido diversas crisis: épocas de escasez y sobreabundancia se alternan constantemente en el mercado de los semiconductores, aunque ninguna tan mediática como de la 2020 que, además, coincidió temporalmente con una etapa de cuestionamiento sobre los beneficios de la globalización y el declive de los sistemas de producción y la industria en general de los Estados occidentales⁴⁵.

3.2 La crisis de 2020-2023

La pandemia provocada por el virus de la Covid-19 paralizó por completo la economía mundial y el sector de los microchips no fue una excepción. En el caso de los semiconductores hubo un conjunto de factores que, al confluir en un espacio de tiempo relativamente corto, agravaron considerablemente la situación.

En términos generales, la crisis fue provocada por la escasez mundial de semiconductores. El ritmo de producción de las fábricas de chips fue incapaz de hacer frente de forma simultánea al aumento de la demanda de productos tecnológicos derivada del confinamiento, y al aumento de la demanda de otros productos que durante la pandemia habían dejado de consumirse, pero que una vez superada volvieron a recuperar la demanda previa en el mercado.

A partir de 2023 la situación consiguió estabilizarse, justo a tiempo, según los expertos, para el inicio de un nuevo *boom* en la demanda⁴⁶. A medida que la tecnología avanza, se prevé que en los próximos años también se incremente la necesidad de chips especializados para dispositivos tecnológicos concretos. Igualmente, las innovaciones tecnológicas como el 5G y la IA⁴⁷ requerirán de tecnologías todavía más complejas y pequeñas. Es decir, que el avance va a depender de la capacidad de los fabricantes para

⁴⁵ MOROZOV, Evgeny, “Geopolítica de los chips. Los semiconductores en el centro de una batalla mundial”, *Le Monde diplomatique (edición Cono Sur)*, núm. 266, 2021. [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.lemondediplomatique.cl/2021/08/geopolitica-de-los-chips.html>

⁴⁶ MORRISON, Simon, *op. cit.*

⁴⁷ En el apartado 2.3.2 Aplicaciones futuras, se han mencionado algunos de los nuevos avances tecnológicos, cuyo desarrollo depende en parte de la evolución del sector mundial de los semiconductores.

mantener viva la Ley de Moore y, en caso contrario, no sería extraño que volviéramos a encontrarnos una crisis como ésta en el futuro.

Entre 2020 y 2023 hubo cuatro factores que contribuyeron a crear o a empeorar la crisis: la principal causa fue un desequilibrio entre producción y demanda, pero la situación se vio agravada por una sucesión de desastres naturales imprevisibles en lugares estratégicos de la cadena y por los desafíos geopolíticos actuales, en especial la guerra comercial entre EEUU y China, y la guerra entre Ucrania y Rusia. Finalmente, la propia interconectividad e interdependencia de la cadena provocó, en definitiva, que todas estas sacudidas tuvieran un impacto relevante en regiones aparentemente ajenas a estas circunstancias.

Los confinamientos recluyeron a millones de personas en sus casas. Muchas de estas personas se volcaron sobre sus dispositivos electrónicos, bien fuere para poder continuar trabajando y comunicándose, o simplemente para entretenerse. Asimismo, industrias como la automovilística y la robótica, entre otras, se vieron obligadas a paralizar su producción por una falta de demanda de sus productos en el mercado. En consecuencia, muchas empresas que no podían producir ni vender con normalidad decidieron cancelar sus pedidos de chips y las *foundries* se centraron en producir otro tipo de semiconductores más rentables, como los de los ordenadores o los teléfonos inteligentes⁴⁸.

Paralelamente, las medidas sanitarias de confinamiento también obligaron a interrumpir la producción en las fábricas de chips y a confinar todos sus trabajadores, especialmente las situadas en China, Taiwán y Corea del Sur. Precisamente Yangtze Memory Technologies, una empresa integrada de semiconductores china, tenía su fábrica en Wuhan, epicentro de la pandemia. Con toda la producción paralizada, el pánico se extendió por las industrias nacionales, que presionaron a sus gobiernos y así empezó lo que los expertos han apodado como “la diplomacia de las vacunas a cambio de chips”.

Taiwán y Corea del Sur eran incapaces de adquirir suficientes vacunas para toda su población por sus propios medios, así que aprovecharon la coyuntura para conseguir suministros de sus aliados. Concretamente, Taiwán ofreció sus recursos electrónicos a cambio de dosis de vacunas occidentales, y sus compradores más ávidos no tardaron en responder. Japón buscó atraer a empresas taiwanesas a su territorio ofreciendo a Taiwán 1,24 millones de dosis de AstraZeneca. Estados Unidos, que en un inicio había previsto una donación de 750.000 vacunas de Moderna a Taiwán, terminó triplicando la oferta. A mediados de junio, Taiwán encargó a sus dos tecnológicas más potentes, TSMC y Foxconn (dedicada a manufacturar productos electrónicos), la negociación y compra de 10 millones de vacunas a BioNTech⁴⁹. Las vacunas desarrolladas por Pfizer-BioNTech y Moderna para prevenir la Covid-19, que ofrecieron los mejores resultados durante la pandemia, fueron las únicas basadas en la tecnología del ácido ribonucleico (ARN) mensajero.

En cuanto al día a día durante la pandemia, TSMC, con el apoyo del gobierno taiwanés, en lugar de cerrar las fábricas por períodos largos de tiempo, optó por incorporar protocolos de seguridad sanitaria y distanciamiento entre trabajadores para minimizar la expansión del virus. Por ejemplo, se intentó agrupar a los empleados en equipos más

⁴⁸ Consultar el Anexo 4. El impacto de la crisis de 2020-2023 en el sector de los automóviles, para conocer la caída en la demanda de microchips en la industria del automóvil en 2020.

⁴⁹ MOROZOV, Evgeny, *op. cit.*

pequeños y reducir el número de desplazamientos dentro de sus instalaciones⁵⁰. Sin embargo, a la dificultad de tener que ponerse al día con los encargos atrasados mientras se trabajaba con nuevas restricciones, se le sumó el problema de hacer frente a una nueva oleada de pedidos de aquellos clientes que los habían cancelado al inicio de la crisis, y que se encontraban por ello al final de la cola.

Esta situación fue especialmente perjudicial para el sector automovilístico, motor de la industria europea. Se trata de una industria basada en el principio de *just-in-time*, es decir, almacenar el mínimo de existencias posible para minimizar costes. La pandemia hizo que los fabricantes de coches revisaran sus predicciones de ventas a la baja, lo que los llevó a reducir o anular sus pedidos de semiconductores, pero no contaron con que la demanda mundial de chips era muy alta y que las ventas de vehículos volverían a repuntar rápidamente después del confinamiento, ya que los consumidores prefirieron comprar coches nuevos para desplazarse en vehículo privado en lugar de hacerlo en transportes públicos atestados de usuarios. Además, los fabricantes de coches suelen tener poco contacto con los fabricantes de chips, ya que el abastecimiento se suele subcontratar a terceras empresas como Bosch o Continental. Los últimos modelos de vehículos llevan de media entre 1.400 y 3.500 semiconductores cada uno, y la electrónica equivale a más del 40% de su coste. Sin los chips, los vehículos recién producidos no podían salir al mercado y el sector quedó completamente bloqueado durante semanas.

“Con la pandemia, los Gobiernos impusieron confinamientos que frenaron la movilidad y la demanda de vehículos, lo que llevó a los fabricantes de coches a recortar sus pedidos de chips. Pero la crisis sanitaria impulsó en paralelo el teletrabajo y la educación y el ocio en remoto, lo que disparó la demanda de dispositivos tecnológicos. Esta situación llevó a los fabricantes de chips a cambiar sus líneas de producción y destinar los chips a otros productos. Y lo que ocurrió después es que a medida que se fueron levantando las restricciones de confinamiento se reactivó la fabricación de coches, sin que la demanda de productos de electrónica de consumo dejara de crecer y nos quedamos sin stock”⁵¹.

La Asociación Europea de Proveedores Automovilísticos (CLEPA) estimó que la escasez de chips retrasó en 2021 la fabricación de 500.000 vehículos solo en Europa⁵². Por su parte, la compañía Ford dijo en febrero de 2021 que podría perder entre el 10% y el 20% de su producción planificada para el primer trimestre debido a la falta de semiconductores, y predijo que podría perder el 50% de su producción planificada para el segundo trimestre del año. “General Motors, que detuvo la producción en seis plantas debido a la escasez de piezas, dijo en mayo de 2021 que las pérdidas relacionadas con los semiconductores le costarán hasta 2 mil millones de dólares en beneficios”⁵³ para ese mismo año. A ello

⁵⁰ BLANCHARD, Ben, “Taiwan's TSMC to work in separate teams to minimise COVID-19 risk”, *Reuters*, 2021. [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.reuters.com/article/health-coronavirus-taiwan-tsmc/update-1-taiwans-tsmc-to-work-in-separate-teams-to-minimise-covid-19-risk-idUSL2N2N40M6/>

⁵¹ JIMÉNEZ, Marimar, “La escasez de chips seguirá golpeando a diferentes industrias hasta bien entrado 2022”, *CincoDías*, 2021. [consulta 4 de marzo de 2024]. Cita directa de Cristian Castillo. Disponible en: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/03/28/companias/1616933296_084339.html

⁵² CRISTETO, Begoña, “La crisis de los semiconductores en el sector automoción”, *KPMG Tendencias*, 2021. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.tendencias.kpmg.es/2021/09/tesis-semiconductores-sector-automocion/>

⁵³ JONES, Scott, LANMAN, Chris, y SIGNORINO, Irene, “Surviving the silicon storm. Why the automotive industry is the hardest hit and how automakers—and other chip buyers— can prepare for future semiconductor shortages”, *KPMG*, 2021, p. 5. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pl/pdf/2021/10/pl-Raport-KPMG-pt-Surviving-the-silicon-storm.pdf>

habría que añadir los costes para los trabajadores, que se vieron sin trabajo durante algunas semanas. Otras industrias más experimentadas pudieron adoptar medidas para mitigar el golpe. El sector automovilístico de Japón, que ya había experimentado crisis de escasez, optó por mantener sus pedidos de chips, con lo que la transición al mercado post-COVID fue más sencilla. El sector automovilístico no fue el único afectado, empresas como Apple, Tesla o Nokia también reportaron pérdidas, pero sin duda fue el que salió peor parado.

Los niveles de producción se hubieran podido recuperar con relativa facilidad si no se hubiesen producido una serie de acontecimientos imprevistos que magnificaron el impacto de la pandemia. Entre 2020 y 2021 una fuerte ola de frío azotó el estado de Texas, donde se concentra la mayor parte de la producción americana de chips. En ese mismo periodo Taiwán vivió una de las peores sequías de los últimos cincuenta años, lo que obligó a reducir el acceso al agua de las fábricas, y un incendio en una de las líneas de fabricación en Japón obligó a reducir los niveles de producción. El 23 de marzo de 2021, el buque portacontenedores Ever Given encalló en el canal de Suez, obstruyendo el paso a cientos de barcos y provocando retrasos de varias semanas en el comercio mundial. A todo ello hay que sumar las tensiones comerciales entre EEUU y China, que analizaremos en el próximo capítulo, que han llevado a China a adoptar una política de acumulación de semiconductores en previsión de posibles futuras sanciones por parte de occidente. Finalmente, también hay que tener en cuenta el impacto de la guerra entre Ucrania y Rusia.

Igualmente, a más largo plazo, el cambio climático supone un riesgo para la cadena. En 2021 se vio como las condiciones climáticas extremas pueden afectar al mercado. Si la situación empeora puede haber dificultades añadidas a la fabricación y una disminución en la disponibilidad de las materias primas. Además, muy pronto el sector tendrá que encontrar nuevas formas de fabricar más ecológicas, que generen menos residuos y contribuyan a avanzar hacia un mercado más verde y sostenible.

En definitiva, la crisis sirvió para poner en el centro de la agenda política mundial las vulnerabilidades de la cadena que se han comentado a lo largo de los apartados anteriores. Por ello, en los últimos años, la mayoría de los gobiernos han puesto el foco de atención en los semiconductores, calificándolos como un problema crítico para la seguridad nacional y económica de los países respectivos. Se han ideado planes millonarios para intentar aumentar la resiliencia y diversidad de la cadena, a la vez que se intentan crear, o según el caso recuperar, una industria nacional completamente independiente del resto del mundo. La pregunta es: ¿serán los Estados capaces de replicar individualmente este modelo a nivel nacional o, por el contrario, la cadena solo puede funcionar gracias a la colaboración entre todos ellos? La respuesta es importante, ya que de ella pueden depender futuros conflictos geopolíticos por la hegemonía mundial, como el que podría desencadenarse en la encrucijada entre Taiwán, China y Estados Unidos, o el rol que asumirá la UE en el futuro.

3.3 La posición de los principales Estados

Antes de pasar a analizar con detalle la posición de la UE en el mercado, revisaremos cuál es la estrategia de cada una de las principales potencias mundiales respecto a la industria de los semiconductores en el futuro.

3.3.1 Estados Unidos

Como país “inventor” de los primeros microchips siempre ha jugado con ventaja respecto al resto de participantes en el mercado. Buena parte de las diez primeras empresas en la industria son americanas y es el Estado con la posición más sólida en innovación, propiedad intelectual y diseño, y también tiene un peso importante producción, pese a no ser el primer productor mundial, gracias a multinacionales como Texas Instruments o Intel.

Tal como hemos visto en la evolución histórica, tradicionalmente la postura americana siempre había sido de expansión hacia otros países y de colaboración con sus aliados y el resto de los Estados que conforman la cadena. No obstante, esto cambió radicalmente a finales de 2017, cuando “la administración Trump calificó oficialmente a China de competidor estratégico”⁵⁴ y se marcó como objetivo frenar su avance tecnológico e incrementar la brecha histórica que siempre había existido entre ambos países.

La elección de Donald Trump como presidente reflejaba un sentimiento que hacía años se iba extendiendo entre la clase media americana, el de que la globalización había causado más daños que beneficios a EEUU. En parte, las tensiones actuales entre los dos gigantes pueden explicarse porque, a causa de la globalización, el sector de la manufactura tecnológica de EEUU perdió buena parte de sus puestos de trabajo a favor de China, dejando a miles de trabajadores en la calle con un futuro incierto.

En marzo de 2018 comenzó la actual guerra comercial entre EEUU y China, cuando el presidente Trump anunció su decisión de imponer aranceles por valor de 50.000 millones de dólares a los productos chinos importados. El gobierno chino respondió a su vez imponiendo aranceles a más de 128 productos estadounidenses. Aun así, la disputa ya existía desde mucho antes, cuando China empezó a bloquear las tecnologías occidentales que intentaban acceder a su mercado⁵⁵. Desde entonces, se ha sucedido un intercambio de medidas y contramedidas comerciales encaminadas a intentar reducir el poder económico del adversario.

“La situación no es solo la de EEUU intentando contener la tecnología china, sino también la de China eligiendo dónde comprometerse y dónde desentenderse”⁵⁶.

La disputa afectó de lleno al sector de los semiconductores cuando la administración Trump trató de reducir la transferencia de tecnología imponiendo severas restricciones a la exportación de productos tecnológicamente sensibles al resto del mundo, lo que afectó principalmente al mercado chino. En 2020, Washington también reactivó la política de la *Entity List*, o “Lista de entidades”, un instrumento que prohíbe a empresas estadounidenses comerciar con un determinado grupo de personas, empresas y organizaciones extranjeras, principalmente chinas, recogidas en un registro que, de acuerdo con el gobierno, suponen un riesgo para la seguridad nacional. Dentro de este registro se incluyen grandes nombres de la tecnología china como Huawei.

⁵⁴ GARCÍA HERRERO, Alicia, y TAN Junyun, “Competencia estratégica EEUU-China: del comercio a la tecnología”, en FÀBREGUES, Francesc, y FARRÉS, Oriol, (coords.), *Anuario internacional CIDOB 2021*, 2021, p. 118.

⁵⁵ GARCÍA-HERRERO, Alicia, “La bifurcación tecnológica”, *Política Exterior*, 2023. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.politicaexterior.com/la-bifurcacion-tecnologica/>

⁵⁶ *Ibid.*

En septiembre de ese mismo año, la prohibición de negociar con Huawei entró en vigor, restringiendo por completo las exportaciones de chips estadounidenses a esa compañía. Asimismo, unos meses después, también se añadió a la *Entity List* a SMIC para controlar sus exportaciones⁵⁷. China respondió a todas esas medidas introduciendo el requisito de licencias de exportación en tecnologías clave como los drones o la IA y creando su propia lista.

Si bien es pronto para asegurarlo, ya se especula sobre la posibilidad de que estos enfrentamientos acaben produciendo un desacoplamiento tecnológico, es decir, la bifurcación hacia dos ecosistemas tecnológicos independientes, cada uno liderado por una de las dos grandes potencias. Los economistas han tomado prestado de la ingeniería el concepto del desacoplamiento para referirse a una acción repentina de separación. Parece que en un futuro se podrían crear dos caminos paralelos completamente divergentes y, por supuesto, la industria de los semiconductores sería uno de los sectores que se vería más afectado por la bifurcación. Por ahora, las sanciones están afectando no solo a productores estadounidenses y chinos, sino también a los taiwaneses, entre otros. Y, aunque ha habido algunas propuestas para desvincular la guerra comercial de las industrias tecnológicas, de momento no parezca que vaya a tener un final a corto plazo. De hecho, el presidente Biden durante su mandato ha continuado con esta política, pero marcando “distancias con Trump en otro aspecto importante: su interpretación de la competencia estratégica tiene como objetivo superar a China, más que debilitarla”⁵⁸

Precisamente con el objetivo de independizarse de la cadena global y competir con China por el dominio tecnológico mundial, los EEUU lanzaron en agosto de 2022 la CHIPS and Science Act (o simplemente Chips Act), un equivalente norteamericano al plan europeo, con una previsión de 280 mil millones de dólares destinados a reimpulsar la industria nacional de semiconductores. Las implicaciones de este plan se estudiarán con más profundidad en el siguiente capítulo⁵⁹.

3.3.2 China

China es el mayor mercado de semiconductores del mundo⁶⁰. Sin embargo, su rol en la cadena queda relegado prácticamente al último eslabón, la manufacturación, ensamblaje de productos y la prueba y control de calidad. De hecho, el principal problema del gigante asiático es que, si bien es el mayor consumidor y demandante, gran parte del valor añadido asociado a los chips se genera fuera de su territorio nacional por empresas extranjeras.

En 2018 la demanda total de microchips ascendió a 430,8 miles de millones de dólares. En ese mismo año China importó semiconductores por valor de 312 miles de millones de dólares y tuvo un déficit comercial de 227,4 miles de millones de dólares⁶¹. En

⁵⁷ PARK, Do-Joon, y LIU, Shuzhi, “A Study on the Economic Effects of U.S. Export Controls on Semiconductors to China”, *Journal of International Trade & Commerce*, vol. 19, núm. 1, 2023, pp. 129-142. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4391187

⁵⁸ GARCÍA HERRERO, Alicia, y TAN Junyun, *op. cit.*, p. 118.

⁵⁹ Para más información sobre este tema consultar el apartado 4.2.3 Comparación con otras regulaciones internacionales similares.

⁶⁰ GRIMES, Seamus, y DU, Debin, “China’s emerging role in the global semiconductor value chain”, *Telecommunications Policy*, vol. 46, núm. 2, 2022, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101959>

⁶¹ *Ibid.*

porcentajes, la demanda china de microchips equivalía al 58,3% de la producción global⁶². No disponemos de datos más recientes pero la información nos permite comprobar cuál era la situación tres años después de la presentación del plan “Made in China 2025”.

Aun si el cambio de postura de EEUU pudo parecer repentino, la verdad es que China lleva ya tiempo adoptando una política de autosuficiencia centrada en impulsar aquellos sectores clave para preservar su soberanía nacional y económica. Cuando las multinacionales deslocalizan sus servicios a otros países, también contribuyen a integrar a esos países en la cadena de producción global. Así ocurrió en la industria de los microchips primero con Japón, y posteriormente durante los años 80 y 90, con el resto de Asia-Pacífico.

Sin embargo, hace unos años China vio cómo a medida que su economía crecía, también mejoraba el nivel de vida de su población y los costes de producción y mano de obra aumentaban progresivamente, lo que llevó a las multinacionales tecnológicas a empezar a mover sus fábricas a otros Estados con costes de producción más bajos. Entonces, China se vio en la necesidad de impulsar políticas nacionales de innovación para poder reemplazar las tecnológicas extranjeras por empresas chinas y no quedar así fuera de la cadena de valor. En el sector de los chips específicamente, se ha centrado en intentar desarrollar una industria puntera nacional para tratar de reducir el nivel de dependencia de semiconductores extranjeros y equilibrar su déficit comercial. Igualmente, también ha priorizado tratar de garantizar fuentes alternativas de abastecimiento de los recursos clave.

Si nos situamos un poco atrás en el tiempo, en 2015 se presentó el plan “Made in China 2025”. Se trata de un plan económico para transformar el sistema productivo chino y pasar de fabricar productos para concentrarse en servicios de mayor valor añadido. El plan se centra sobre todo en sectores de alta tecnología como la industria farmacéutica, la robótica, la industria aeroespacial, los semiconductores o la industria automotriz, sectores que tradicionalmente han estado en manos de empresas occidentales.

Como consecuencia de las crecientes tensiones con Washington, China ha dado un paso adelante y “ha avanzado en la implementación de su decimocuarto Plan Quinquenal (2021-2025) y de la estrategia de la circulación dual”⁶³, a través del cual pretende reducir su dependencia de las importaciones de productos de alta gama y sustituirlos por productos domésticos. Lo que no han previsto otros países es que este “cambio de rumbo hacia la autosuficiencia china tendrá costes para ciertas economías que se han acostumbrado a exportar bienes intermedios de gama alta al país”⁶⁴

Otra de las herramientas que tiene China para suplir sus deficiencias y reducir su dependencia de la cadena global es adquirir la tecnología y la propiedad intelectual de empresas de la UE y Asia-Pacífico a través de fusiones y adquisiciones de empresas extranjeras (en inglés M&A). La estrategia consiste en que compañías chinas adquieran participaciones de grandes empresas extranjeras clave en el sector de la tecnología para así apropiarse de sus capacidades y mantenerlas bajo su control. Para combatirlo, el Comité de Inversión Extranjera de Estados Unidos (CFIUS) ha introducido una serie de reformas normativas destinadas a bloquear las fusiones y adquisiciones de empresas

⁶² Para más información consultar el anexo 3. Tablas comparativas sobre el volumen de la cadena de producción global de semiconductores.

⁶³ GARCÍA HERRERO, Alicia, y TAN Junyun, *op. cit.*, p. 123.

⁶⁴ *Ibid.*, p. 123.

estadounidenses por parte de China, especialmente en el sector industrial de alta gama. “El apetito de China por la industria de los semiconductores no es ningún secreto, como tampoco lo es ya el intento por parte de EEUU de contener la ambición china”⁶⁵. En consecuencia, las empresas europeas se han convertido en el nuevo objetivo de Beijing. Desde 2018 hasta 2021, el 67% de las adquisiciones chinas de empresas de la UE fueron en el sector industrial⁶⁶. Recientemente, la UE también ha creado un mecanismo de cribado de las inversiones, lo que concuerda con su nueva estrategia de proteccionismo tecnológico, que analizaremos más adelante.

Pese a los avances en la innovación autóctona y las adquisiciones en el extranjero, la industria de los chips sigue siendo un problema para el ascenso económico chino, que nunca podrá llegar a ser completamente autosuficiente si China sigue dependiendo de la tecnología extranjera para la producción de electrónica. En 2021 China continuaba siendo el principal comprador de microchips del mundo. Se calcula que la demanda nacional china por este producto crece a un ritmo estable de aproximadamente un 9% cada año⁶⁷.

Hasta ahora China ha conseguido hacerse con una cuota significativa del mercado de semiconductores de gama baja, entre las compañías subcontratadas de montaje y prueba. Respecto a los chips de gama alta, sólo tiene una cuota de mercado en torno al 7% u 8%, concentrada sobre todo en la producción de obleas, mientras que externaliza la mayoría de la producción a *foundries* extranjeras.

Es cierto que, gracias al impulso del gobierno, las empresas chinas de chips están creciendo muy deprisa y pronto llegarán a competir por las primeras posiciones en el sector de los chips de gama baja. No obstante, todavía están lejos de alcanzar los niveles de autosuficiencia con los que sueña el gobierno y así poder plantar cara a los líderes del mercado global de gama alta. Cabe plantearse pues si quizás el objetivo chino de llegar a una producción doméstica de semiconductores del 75% antes de 2025 es excesivamente ambiciosa⁶⁸.

3.3.3 Rusia

La industria de semiconductores rusa es cuando menos deficiente, si la comparamos con la de sus principales rivales geopolíticos. Tan solo hay un puñado de empresas dedicadas a la tecnología, diseño, fabricación y exportación de semiconductores. La más importante es el Mikron Group (sin relación alguna con la norteamericana Micron Technology) y después encontramos otras compañías como Baikal Electronics, Moscow Center of SPARC Technologies (MCST) o Sintakor. Además, está el Instituto Rzhanov de Física de Semiconductores que forma parte de la Rama Siberiana de la Academia Rusa de Ciencias.

La industria soviética ya iba rezagada con respecto a la occidental cuando la Unión Soviética se desmoronó en 1991. Durante los años posteriores, muchas empresas y centros de diseño, como el Instituto de Investigación Microelectrónica de Kiev, o la fábrica Rodon de Ivano-Frankivsk, ambas en Ucrania, con la independencia de este país en 1991 dejaron de pertenecer a la nueva Federación Rusa. De las que quedaron en

⁶⁵ *Ibid.*, p. 124.

⁶⁶ *Ibid.*

⁶⁷ *Ibid.*

⁶⁸ *Ibid.*

territorio ruso actualmente ya no existe ninguna, salvo el Mikron Group, y las que han surgiendo en los últimos años tienen unas capacidades muy limitadas.

La tecnología rusa no dispone de capacidad para fabricar procesadores modernos y de alto rendimiento para uso general. Solo pueden fabricar microcontroladores, procesadores especializados para el ejército y algunos pocos modelos para productos comerciales. Además, todas las empresas trabajan con equipos y conocimientos extranjeros, lo que hace muy vulnerable al sector a externalidades, como el establecimiento de sanciones comerciales. El mercado ruso se nutre a través de acuerdos entre multinacionales nacidos de la más pura necesidad, por ejemplo, el mayor proveedor de chips a Rusia es TSMC, aunque también han trabajado con otras compañías como la taiwanesa United Microelectronics Corporation (UMC), la americana GlobalFoundries o la alemana X-Fab.

Las sanciones occidentales han hecho mucho daño a la industria rusa al impedirles el acceso a sus proveedores extranjeros. Es el caso, por ejemplo, del fabricante de productos electrónicos ruso Angstrom, que sufrió importantes dificultades a raíz de las restricciones impuestas en 2016 por los EEUU. Lo mismo ocurre con algunos de los materiales necesarios para la producción de microchips, como las obleas de silicio monocristalino utilizadas en fotolitografía. Casi inmediatamente después del inicio de la invasión de Ucrania, TSMC detuvo el suministro de productos terminados a sus socios rusos. En junio de 2022, Taiwán introdujo oficialmente límites a las exportaciones de semiconductores a Rusia y se prohibió la exportación de chips superiores a unas determinadas capacidades. Prácticamente todos los procesadores modernos se han visto afectados, y para las compañías rusas no está resultando fácil encontrar nuevos socios para la producción. Incluso si los desarrolladores rusos lograran encontrar nuevos fabricantes, adaptar las líneas de producción requeriría mucho tiempo y dinero, ya cada proveedor tiene en sus fábricas sus propios procesos y reglas, así como estándares de diseño. Es más sencillo desarrollar un nuevo chip desde cero, que cambiar de productor⁶⁹.

Respecto a las materias primas, Rusia provee al mercado internacional de silicio, y tanto Rusia como Ucrania son muy relevantes en el suministro de paladio y neón. Ucrania produce entre el 70 % y el 80% del suministro mundial de neón y Rusia entre el 35% y el 45% del suministro de paladio⁷⁰. El neón se utiliza en el proceso de litografía ultravioleta profunda, que representa alrededor del 45% de la demanda total de neón, y el paladio se utiliza en aplicaciones de revestimiento en la producción de semiconductores y también es esencial para los catalizadores que se emplean para controlar y reducir la emisión de gases tóxicos expulsados por los motores de combustión de vehículos diésel o de gasolina. Por lo tanto, su escasez puede afectar de forma muy relevante al sector automovilístico, que incorpora chips que precisan paladio, y también lo utiliza para los catalizadores.

A raíz de la invasión de Crimea por Rusia en 2014, muchas de las empresas que precisan de estos productos desarrollaron protocolos y planes de mitigación de riesgos, acumulando existencias, por lo que en ese momento no se preveía que la guerra de Rusia con Ucrania fuese a tener impacto sobre los mercados. Si la guerra se alarga todavía más,

⁶⁹ URUSOV, Pavel, “Vital Microchip Sanctions Will Hit Russian Computing Power Hard”, *Carnegie Politika*. Carnegie Endowment for International Peace, 2023 [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://carnegieendowment.org/politika/90250>

⁷⁰ KPMG, “Ukraine-Russia sector considerations: Semiconductor industry”, *KPMG*, 2023. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2022/08/semiconductor-considerations.html>

muchas empresas deberán encontrar proveedores alternativos, de lo contrario, podrían verse obligadas a cerrar algunas líneas de producción, a aumentar los precios de sus vehículos, reduciendo su competitividad, o a disminuir su producción, y con ello sus ingresos y margen de beneficios.

Al no poder obtener semiconductores extranjeros como consecuencia de la guerra con Ucrania y las sanciones occidentales, Rusia anunció en 2023 un nuevo plan para promover la industria nacional, en la misma línea que el plan europeo o americano. Además, se anunció que para el 2027 empezaría con la producción en masa de chips de 28 nm, y de 14 nm para el 2030. Para dimensionar este proyecto, hay que tener en cuenta que TSMC consiguió fabricar chips de 28 nm en 2011, y planea alcanzar la producción en masa de chips de solo 2 nm para 2026. El plan presentado por el gobierno ruso pretende invertir 38,43 mil millones de dólares para 2030⁷¹. Estos fondos irán destinados a promover la tecnología local de producción de semiconductores, la infraestructura de centros de datos, el talento y comercialización de chips y soluciones alternativas. En términos de fabricación, el país planea gastar cinco mil millones de dólares en nuevas tecnologías y actualizaciones. A corto plazo, el plan previó aumentar la producción local de chips de 90 nm antes de finales de 2023.

El plan implica incentivar el talento joven local, si bien también contempla un programa para la transferencia de conocimiento desde el extranjero. Asimismo, Rusia espera comprar a China todos aquellos productos que no puedan ser fabricados en el país, aunque como se ha apuntado en el apartado anterior, por ahora China tampoco ha sido capaz de hacerse con una porción significativa de la producción de chips de última tecnología. Además, se sospecha que, gracias a este plan, el Mikron Group ha recibido una sustanciosa inyección de capital a través de un préstamo estatal a un plazo de 10 años, garantizado con el propio equipo de fabricación de la empresa.

Así pues, parece improbable que Rusia consiga alcanzar sus objetivos para 2027 y 2030, debido a la incapacidad de utilizar las tecnologías desarrolladas por EEUU, Reino Unido o Europa. Además, si Rusia no consigue reemplazar los microchips que antes importaba sin restricciones, la potencia informática de sus empresas privadas y agencias estatales se verá significativamente mermada.

3.3.4 Taiwán

Ya se ha hecho referencia a la situación de Taiwán en diversas ocasiones a lo largo de este trabajo, por lo que no voy a detenerme en analizar de nuevo su situación con detalle. Simplemente, aportaré algunos datos adicionales que ayudarán a ver con más claridad el verdadero volumen que gestiona Taiwán en la industria de los semiconductores. En 2020, un 73% de la producción mundial de chips se concentró en solo cuatro países asiáticos: China, Japón, Corea del Sur y Taiwán. Solamente Taiwán concentra el 63% de la

⁷¹ SLKOR MICRON SEMICON, “Russian Chip Plan: Mass Production of 28nm Chips by 2027 and 14nm Chips by 2030”, *Medium*, 2023 [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://slkor.medium.com/russian-chip-plan-mass-production-of-28nm-chips-by-2027-and-14nm-chips-by-2030-f759731cf79d>

capacidad de todas las *foundries*⁷² y TSMC, la mayor *foundry* a nivel mundial, supone más del 50% de la cuota del mercado global⁷³.

Decir que esta pequeña isla es indispensable para la producción mundial es quedarse corto. Sin sus fábricas ni sus empresas, el sector de los semiconductores sería incapaz de abastecer el mercado mundial⁷⁴. Esta concentración tan elevada en un único lugar supone un enorme riesgo estratégico para EEUU y la UE. No solamente por la conocida aspiración china de recuperar la soberanía de Taiwán, sino también porque los misiles de Corea del Norte, en caso de un ataque, podrían alcanzar fácilmente las plantas de producción de Corea del Sur, Japón y, aunque con mayor dificultad, también de Taiwán, si bien por el momento esta posibilidad parece poco probable. En realidad, no haría falta ni siquiera una invasión de la isla por parte de China, un bloqueo marítimo sería suficiente para extender el caos a toda la cadena de valor y, en consecuencia, al resto de los mercados.

Es por ello fácil comprender por qué la crisis de 2020 desencadenó una oleada de pánico en algunos gobiernos, con la consiguiente reacción hacia una política proteccionista, a la par que se intenta reducir la dependencia del mercado global sin frenar el crecimiento o caerse de la carrera. En el siguiente apartado veremos pues cuál es la situación actual del mercado europeo y la estrategia de la UE, para después hacer un análisis crítico y determinar si estas políticas conseguirán realmente el efecto deseado o, en caso contrario, valorar cuál sería la mejor alternativa para afrontar esta crisis, a la que se ha llegado casi por inercia o falta de previsión, así como para prevenir otras posibles crisis similares que puedan desencadenarse en un futuro próximo.

⁷² BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, LEE, Paul, y BEERLAGE, Sophie, “A new dawn for European chips. Europe ramps up its semiconductor industry to become more self-sufficient”, *Deloitte Insights*, 2022 [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/xc/en/insights/industry/technology/semiconductor-chip-shortage-supply-chain.html>

⁷³ GRIMES, Seamus, y DU, Debin, *op. cit.*

⁷⁴ Para más información consultar el Anexo 3. El rol de Taiwán en el sector de los semiconductores.

4. La estrategia de la UE

4.1 El mercado europeo de microchips

En el capítulo anterior he analizado la posición de los principales Estados respecto al mercado mundial de los microchips. En este capítulo me centraré en estudiar el mercado europeo y, especialmente, qué rol juegan la UE y los Estados Miembros (EEMM)

En el proyecto de la Ley Europea de Chips la Comisión europea identifica cuatro fortalezas de la UE en el mercado mundial actual: su capacidad de I+D, la producción de equipos de fabricación de chips, la producción de obleas de silicio y, finalmente, la producción de chips destinados a la automoción y a los equipos industriales. Si bien las dos últimas supuestas fortalezas son discutibles, la UE juega un rol importante en las dos primeras. En lo que respecta a la innovación e investigación de técnicas de producción de los chips más avanzados, la UE cuenta con un centro líder mundial en I+D, el Interuniversity Microelectronics Centre (IMEC), situado en Lovaina (Bélgica). También cabe destacar otros centros, como el Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives-Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information (CEA-Leti) en Grenoble (Francia), la Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) en Países Bajos y la Fraunhofer Society, un organismo de investigación que cuenta con 58 centros especializados, en Alemania. Aun así, EEUU sigue siendo el líder indiscutible en I+D a nivel mundial.⁷⁵

En cuanto a la producción de equipos necesarios para la fabricación de los chips más avanzados destaca, por encima de todas las demás, la compañía ASML, que como hemos visto tiene prácticamente el monopolio en el mercado de las máquinas litográficas para la fabricación de microchips. También cabe mencionar a Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF), Linde, Merck KGaA⁷⁶ y Aixtron que se encargan de suministrar productos químicos y las empresas alemanas Zeiss y Trumpf, que proveen piezas de maquinaria. En cuanto el resto de los procesos que conforman la cadena global, la UE es completamente dependiente de las importaciones extranjeras.

La UE tan solo fabrica alrededor del 10% de la producción mundial de semiconductores, lo que equivale a 37.000 millones de dólares americanos⁷⁷. Al inicio de este siglo, la producción europea suponía el 25% mundial, pero en los últimos años ese porcentaje se ha ido reduciendo progresivamente hasta la cifra actual⁷⁸, y se prevé que siga bajando hasta el 5%, si no se toman medidas preventivas⁷⁹. La baja producción se explica, en parte, porque los EEMM compran directamente los productos finales, sin intervenir en los procesos intermedios de fabricación, que, como hemos visto, suelen realizarse en Asia.

⁷⁵ VILLOSLADA CAMPS, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, "The European Chips Act: Europe's Quest for Semiconductor Autonomy", *EsadeGeo Policy Note*, EsadeGeo Center for Global Economy and Geopolitics, Esade Ramon Llull University, 2023. https://www.esade.edu/itemsweb/wi/esadegeo/Chips_Act_ESADE.pdf

⁷⁶ *Ibid.*

⁷⁷ POITIERS, Niclas Frederic y WEIL, Pauline, "Fishing for Chips. Assessing the EU Chips Act", *Briefings de l'Ifri*, Institut Français de Relations Internationales (IFRI), 2022. https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/poitiers_weil_eu_chips_act_2022.pdf

⁷⁸ VILLOSLADA CAMPS, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*

⁷⁹ EJDYS, Joanna, y SZPILKO, Danuta, "How to ensure the resilience of semiconductor supply chains in the European Union?", *Polish Journal of Management Studies*, vol. 28, núm. 1, 2023, pp. 101-122. <https://pjms.zim.pcz.pl/resources/html/article/details?id=617116>

Como contrapartida, su consumo representa un 20% del mercado global⁸⁰, con lo cual existe un gran desequilibrio que obliga a la UE a recurrir a los mercados extranjeros para suplir este desajuste entre la demanda y la oferta. En cuanto a la inversión, el gasto europeo en equipos para fabricar chips fue sólo del 3,7% en 2020 y el 3,2% en 2021 del gasto global total⁸¹. Europa tampoco tiene un porcentaje significativo de *foundries* ni de fábricas de ensamblaje y prueba, y las fábricas que existen se centran solamente en producir microchips antiguos, o de gran tamaño. Concretamente, la UE no tiene capacidad para producir chips de nueva generación, es decir de menos de 10 nm, y su fabricación se concentra en un 33% de chips intermedios y en un 67% de chips *legacy*⁸². En lo que se refiere al diseño, tampoco tiene una cuota significativa de mercado⁸³. Como punto positivo, las empresas europeas sí siguen siendo competitivas en áreas especializadas, como los sensores para pequeñas y medianas empresas (pymes), o los chips de energía y radiofrecuencia.

Sabiendo que la industria productiva europea de microchips es muy limitada y que hay una enorme dependencia de los mercados extranjeros, debemos preguntarnos: ¿qué tipo de semiconductores necesita la UE? Y, en consecuencia, ¿de dónde provienen estos semiconductores?

Como se ha indicado anteriormente, la mayor parte de la producción electrónica abandonó Europa a finales del siglo XX para trasladarse a Asia. Por lo tanto, la demanda de microchips avanzados en la UE es muy reducida. A grandes rasgos, podemos decir que en la UE hay tres grandes sectores que necesitan microchips: el automovilístico, el industrial y el electrónico. Los tres consumen mayoritariamente chips *legacy* o intermedios, es decir, de más de 14 nm⁸⁴. Parte de esta demanda puede ser cubierta por la industria local, pero el resto se importa desde el extranjero. De hecho, según los estudios de la propia Comisión, el 80% de los proveedores de microchips para empresas europeas están fuera de la UE⁸⁵, y los fabricantes internos se localizan principalmente en Alemania y Francia, y en un segundo término en Bélgica y los Países Bajos⁸⁶.

En cuanto a la pregunta sobre de dónde proceden los chips extranjeros, no existe una única respuesta. El mercado está repleto de distintos modelos, tamaños y chips diseñados con fines específicos. De hecho, cada vez más, se está imponiendo la tendencia de que se fabriquen semiconductores especializados para el dispositivo al que van destinados. Es decir, que los chips que puede llevar, por ejemplo, el iPhone 15 son únicos, especialmente diseñados para este teléfono e incompatibles con otros dispositivos, incluido el iPhone 14. Por no mencionar, además, que un mismo microchip pasa por diferentes países antes de

⁸⁰ BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, LEE, Paul, y BEERLAGE, Sophie, *op. cit.*

⁸¹ *Ibid.*

⁸² Consultar el Anexo 5. Clasificación de semiconductores según el tamaño.

⁸³ VILLOSLADA CAMPS, Joan. y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*

⁸⁴ La clasificación de los tipos de chips puede variar en función de la fuente consultada. Algunos consideran que existen chips avanzados, de 10 nm o de menor tamaño, y los chips *legacy*, que son los que superan los 10 nm. Otras clasificaciones incorporan una categoría adicional de chips intermedios, para los chips entre 14 nm y 48 nm, y restringen los *legacy* a los que son mayores de 48 nm.

⁸⁵ CIANI, Andrea, y NARDO, Michela, “The position of the EU in the semiconductor value chain: evidence on trade, foreign acquisitions, and ownership”, *Joint Research Center Working Papers in Economics and Finance*, European Commission, Ispra, 2022, JRC129035. <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2022-04/JRC129035.pdf>

⁸⁶ *Ibid.*

integrarse en el dispositivo final al que va destinado. De ahí la frase comúnmente utilizada en la literatura académica “*Chips come in many flavours*”⁸⁷. Aun así, para avanzar con la investigación, para las importaciones europeas me centraré en el análisis superficial de categorías genéricas, que no siempre reflejan con precisión la ingeniería existente detrás del producto, pero que nos permitirán obtener una idea general de la situación en la UE.

Los semiconductores utilizados por la industria europea provienen en su mayoría de Taiwán y Corea del Sur, especialmente los de última generación, y de Estados Unidos o Japón⁸⁸, mientras que los procesos de ensamblaje y prueba se desarrollan sobre todo en China.

Para responder a la hipótesis debemos plantearnos: ¿existe dependencia europea de la industria china de microchips? La respuesta en este caso sería “no”, al menos no una dependencia mayor de la que existe respecto a la cadena global. La producción china de chips de última generación no es tan relevante ni significativa como se apuntaba en un principio. Como hemos visto, China cuenta con una desventaja muy importante, pues lleva años de retraso tecnológico acumulado y ni todos los yuanes invertidos han sido capaces, por ahora, de cambiar esta realidad. Se calcula que, en lo relativo a gama alta, la cuota de mercado de China gira entorno al 7-8%, y entre los diez primeros fabricantes del mundo ninguno de ellos es chino⁸⁹. De hecho, de acuerdo con las estimaciones más fiables, pese toda la inversión pública, actualmente China tan solo ha conseguido establecer unas pocas empresas de producción de chips avanzados⁹⁰ capaces de competir con la industria taiwanesa. Sí se puede argumentar que existe una dependencia de la UE hacia China en la fase de ensamblaje, montaje y prueba, pero siempre integrado dentro de la cadena global. De hecho, la UE no es más dependiente de China de lo que lo es China con respecto a la UE o a Estados Unidos, y este es, en definitiva, el propósito final de la cadena global, que un Estado no pueda subsistir sin el otro.

Si buscamos identificar un eslabón débil en la cadena de producción para los intereses europeos este es, sin duda, el enorme peso que tiene Taiwán. Especialmente teniendo en cuenta el tamaño de la isla y los riesgos geopolíticos que comporta. Taiwán concentra el 63% de la producción mundial, y junto a Corea del Sur concentran el 81% en *foundries*⁹¹. Una hipótesis más realista, para conocer la dependencia externa europea, sería analizar la relación entre la UE y Taiwán, o la relación entre la UE y EEUU, aunque estas son hasta cierto punto lógicas ya que los tres países son aliados y mantienen fuertes vínculos históricos en cuanto a la deslocalización de los chips se refiere.

En cuanto a China, siempre ha habido un cierto reparo en promover la integración con este país, lo que también explica por qué sufre este retroceso tecnológico. Aun así, si queremos hacer un análisis en profundidad de la dependencia entre la UE y China

⁸⁷ BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, LEE, Paul, y BEERLAGE, Sophie, *op. cit.*

⁸⁸ CIANI, Andrea, y NARDO, Michela, *op. cit.*

⁸⁹ GARCÍA HERRERO, Alicia, “Reconfiguración de las cadenas globales de valor: rivalidad Estados Unidos China y rol de la UE”, *Revista CIDOB d’Afers Internacionals*, núm 134, 2023, pp. 51-73. <https://doi.org/10.24241/rci.2023.134.2.51>

⁹⁰ FIGURA, Jannis, “An assessment of the European microchip industry and its expansion strategy”, *Quarterly Journal by Beyond the Horizon ISSG*. Horizon Insights, vol. 6, núm. 1, 2023, pp. 1-8. https://behorizon.org/wp-content/uploads/2023/11/Horizon-Insights_2023_1.pdf

⁹¹ BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, LEE, Paul, y BEERLAGE, Sophie, *op. cit.*

debemos apuntar a otro aspecto clave que hasta ahora no habíamos tenido en cuenta, porque el análisis se había centrado en los semiconductores de última generación, más avanzados, pero los *legacy* son los que verdaderamente mueven el mercado, ya que suponen el 64% de toda la producción mundial de microchips⁹²⁹³.

Actualmente, la fabricación de chips *legacy* está repartida entre Corea del Sur, Taiwán, Japón, China y, en algunos tipos, también EEUU.⁹⁴ China concretamente acumula casi un tercio de la producción mundial⁹⁵. Sin embargo, no es la producción actual la que preocupa a los analistas, sino la futura. Los microchips *legacy*, pese a su nombre, se continúan utilizando para todo tipo de productos como lavadoras, coches, televisiones o dispositivos médicos y, aunque a primera vista pueden parecer menos atractivos que otros microchips más avanzados, en un futuro no muy lejano podrían generar problemas tanto para EEUU como para la UE.

China lleva años luchando para crear una industria avanzada propia, pero las sanciones occidentales, y en especial la prohibición de exportar tecnología puntera desde EEUU ha hecho que Beijing se replantee su estrategia. En 2023 el gobierno incrementó las inversiones en fabricación de microchips de mayor tamaño. El pasado septiembre anunció una inversión pública de 40.000 millones de dólares para fortalecer su industria nacional. Las sanciones americanas están pensadas solamente para restringir el acceso de China a la tecnología más avanzada, así que apenas tienen efecto en los microchips *legacy*. Matt Pottinger, ex-viceconsejero de seguridad nacional de los EEUU, alertó en una entrevista que una posición dominante en este tipo de microchips “le daría a Beijing una influencia coercitiva sobre todos los países e industrias (militares o civiles) que dependen de chips de 28 nanómetros, y eso es una gran, gran parte del universo de los chips”⁹⁶. También se ha advertido del riesgo que supondría para las empresas occidentales que China inundase el mercado con chips subvencionados por el gobierno. Estos se podrían vender a precios mucho más bajos, ya que no deberían preocuparse de generar beneficios, y dejarían al resto de competidores, en especial a los europeos, cuyo precio suele ser más elevado, literalmente “fuera de juego”⁹⁷.

En vez de tratar de alcanzar a los líderes en una carrera que lleva muchos años perdiendo, Pekín se ha dado cuenta de que quizás es mejor tratar de dominar un sector donde China ya tiene una posición fuerte. Esto, sumado a su posición de dominio en el sector de ensamblaje y prueba, dejaría a la UE en una posición muy débil. Con esta posibilidad en mente, veremos cuál ha sido la respuesta europea para intentar reducir esta dependencia global y ganar relevancia en el mercado de los semiconductores.

⁹² El 64% del total de la producción mundial de semiconductores corresponde a los chips *legacy* o *trailing-edge*, un 25% a los intermedios y tan solo un 10% los de nueva generación o avanzados. Si bien es cierto que los chips de nueva generación son muy importantes para la fabricación de determinados productos y para sus futuras aplicaciones, actualmente el mercado está dominado por los chips más antiguos que, pese a ser de mayor tamaño, son más sencillos de producir, más económicos y tienen múltiples aplicaciones.

⁹³ BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, LEE, Paul, y BEERLAGE, Sophie, *op. cit.*

⁹⁴ Consultar el Anexo 6. La producción mundial de microchips por tamaño y país.

⁹⁵ MARTIN, Nik, “Tech war: China could face US, EU curbs over legacy chips”, *Deutsche Welle*, 2024. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.dw.com/en/tech-war-china-could-face-us-eu-curbs-over-legacy-chips/a-68735425>

⁹⁶ SHIVAKUMAR, Sujai, y WESSNER, Charles, “The Strategic Importance of Legacy Chips”, *Center for Strategic and International Studies*, 2023. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.csis.org/analysis/strategic-importance-legacy-chips>

⁹⁷ MARTIN, Nik, *op. cit.*

4.2 La respuesta de la UE: la Ley Europea de Chips

La primera vez que la Comisión europea habló abiertamente sobre un proyecto enfocado a la industria de los chips fue durante el discurso de la presidenta de la Comisión, Ursula Von der Leyen, sobre el estado de la Unión Europea de 2021. Era una propuesta que se esperaba desde hacía tiempo, pero que, hasta aquel entonces, era completamente desconocida. La presidenta dijo:

“Nuestro objetivo es crear de manera conjunta un ecosistema europeo de chips de última generación que incluya su fabricación. Necesitamos interconectar nuestras capacidades de investigación, diseño y ensayo de categoría mundial. Tenemos que coordinar las inversiones nacionales y de la UE a lo largo de la cadena de valor. No se trata solo de nuestra competitividad. Se trata también de soberanía tecnológica.⁹⁸”

La UE presentaba así su plan estratégico para los semiconductores después de un 2020 fatídico, como consecuencia de la epidemia de Covid 19 y de la crisis de escasez que había experimentado el sector automovilístico europeo. Sin embargo, la UE no fue la única en presentar un proyecto millonario para la industria de los semiconductores. A raíz de la crisis mencionada, todos los gobiernos del mundo se dieron cuenta de la enorme amenaza que suponía para su soberanía y seguridad la dependencia de la cadena de valor global.

Aun así, este no ha sido el primer programa de chips diseñado por la UE. En 2013 se presentó el *New European Industrial Strategy for Electronics*, un plan desde una perspectiva industrial que tenía un objetivo muy similar al actual, doblar la producción de semiconductores en la UE para el 2020-2025⁹⁹. El *New European Industrial Strategy for Electronics* también incluía un plan para movilizar 100.000 millones de euros. No obstante, la iniciativa fracasó, según los más críticos, a causa de “la incapacidad histórica de la UE para llevar a cabo con éxito una política industrial a largo plazo y, especialmente, la falta de comprensión técnica de Bruselas sobre la industria de los microchips”¹⁰⁰. Con este plan la UE, al igual que China, estuvo luchando durante varios años para crear sus propias fábricas de microchips, y aún así, los gigantes de la industria siguen estando actualmente en Asia y EEUU.¹⁰¹

La estrategia de chips actual complementa la Recomendación de la Comisión de 2023 sobre áreas tecnológicas críticas para la seguridad económica de la UE, para una evaluación de riesgos adicional con los EEMM. Esta es una recomendación en la que la Comisión identifica cuatro áreas tecnológicas que pueden suponer un riesgo para la seguridad de la Unión. Entre ellas se encuentran, por supuesto, los semiconductores avanzados, como tecnologías críticas que la UE debería controlar para poder garantizar

⁹⁸ COMISIÓN EUROPEA, “Ley europea de Chips”, *Infograma*, 2022. [consulta 12 de abril de 2024]. Disponible en: <https://data.europa.eu/doi/10.2759/056883>

⁹⁹ HANCKÉ, Bob, y GARCIA CALVO, Angela, “Mister Chips goes to Brussels: On the Pros and Cons of a Semiconductor Policy in the EU”, *Global Policy*, vol. 13, núm. 4, 2022, pp. 585-593. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.13096>

¹⁰⁰ VILLOSLADA CAMPS, Joan. y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*, p. 13.

¹⁰¹ VILLOSLADA CAMPS, Joan. y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*

la soberanía tecnológica, la competitividad y la resiliencia del continente¹⁰²¹⁰³. Asimismo, el paquete de medidas también está estrechamente vinculado con la Estrategia de Seguridad Económica Europea de 2023¹⁰⁴¹⁰⁵.

En febrero de 2022 la Comisión publicó el llamado Paquete de la Ley Europea de Chips,¹⁰⁶ un conjunto de medidas legislativas para promover la producción de semiconductores en la UE que incluye una comunicación, dos propuestas legislativas y una recomendación para los EEMM. La comunicación traza las líneas generales del plan. La primera legislación, que es la llamada propiamente Ley Europea de Chips, establece el marco general de actuación, la segunda legislación propone la creación de una Empresa Conjunta de Chips en el marco del programa Horizonte Europa (HE) para la financiación de la investigación y la innovación de la UE en el período 2021-2027. Finalmente, la recomendación está dirigida a los EEMM para diseñar una caja de herramientas europea capaz de dar respuesta a épocas de escasez, y monitorear el ecosistema mundial de los microchips para recabar información y así adelantarse a futuras crisis. El paquete en su conjunto está dotado de 43.000 millones de euros destinados a inversiones, que serán sufragados tanto por el sector público como el privado. Lo más sorprendente del paquete en su conjunto es que se trata de una medida inusualmente proteccionista para la UE.

Este trabajo tiene por objetivo analizar la Ley Europea de Chips, que es la herramienta legislativa principal de este plan, aunque también deberé referirme a las otras partes del paquete de medidas cuando sea necesario para el estudio. La LEC fue oficialmente aprobada el 13 de setiembre de 2023 por el Parlamento y el Consejo europeo, y entró en vigor el 18 de setiembre de ese mismo año. Las negociaciones interinstitucionales duraron poco más de un año y no se realizó ni una evaluación de impacto, ni consulta pública¹⁰⁷. La base jurídica del Reglamento son los artículos 173 y 114 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea y cuenta con el apoyo generalizado de la industria europea, si bien con importantes críticas.

El objetivo principal de la medida es aumentar la producción europea de chips desde el 10% actual del mercado mundial al 20% para 2030. Además, se identifican algunos objetivos secundarios, como reforzar el liderazgo tecnológico y de investigación de Europa, desarrollar y reforzar la innovación, el diseño, la fabricación y el embalaje de chips avanzados, atraer trabajadores cualificados y desarrollar un marco capaz de prevenir, monitorear y responder de forma eficaz en casos de crisis.

¹⁰² COMISIÓN EUROPEA, “Commission recommends carrying out risk assessments on four critical technology areas: advanced semiconductors, artificial intelligence, quantum, biotechnologies”, *Comunicado de prensa*, 2023. [consulta 12 de abril de 2024]. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_4735

¹⁰³ COMISIÓN EUROPEA, “Commission Recommendation of 03 October 2023 on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment with Member States”, *Comisión Europea*, C (2023) 6689 final, 2023. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/commission-recommendation-03-october-2023-critical-technology-areas-eus-economic-security-further_en

¹⁰⁴ En inglés European Economic Security Strategy

¹⁰⁵ COMISIÓN EUROPEA, “An EU approach to enhance economic security”, *Comunicado de prensa*, 2023. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_3358

¹⁰⁶ En inglés European Chips Act package.

¹⁰⁷ NOVE TEAM, “Analysis: The EU Chips Act”, *NOVE*, 2022. [Consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://nove.eu/wp-content/uploads/2022/02/NOVE-Analysis-of-the-EU-Chips-Act-February-2022.pdf>

El Reglamento se estructura en tres pilares, que se corresponden con las tres grandes medidas propuestas por la ley. El primero es el fondo *Chips for Europe Initiative*¹⁰⁸, dedicado a promover la I+D en la UE para así aumentar la competitividad, resiliencia y capacidad de innovación de la industria de microchips europea. Dentro encontramos el *Chips Fund*, un fondo de ayudas públicas destinado a garantizar el suministro de chips y facilitar el acceso a financiación para las pymes, los pequeños inversores y las empresas tecnológicas de reciente creación (o *startups*). Para las pymes y las *startups* la ley también incluye mecanismos para facilitar el acceso a patentes protegidas por derechos de propiedad intelectual.

El segundo pilar es el de Seguridad del suministro y resiliencia¹⁰⁹ y va dirigido a aumentar el sector productivo europeo. Busca promover las instalaciones de producción integrada¹¹⁰, es decir instalaciones que no se especializan en un solo proceso de la cadena de producción, sino que incluyen diversos, y la apertura de *foundries* europeas. En contra de su política habitual, para asegurar la creación de un ecosistema sostenible de chips, la UE permitirá que los EEMM ofrezcan subsidios públicos para atraer empresas privadas a sus territorios¹¹¹. Para evitar la competencia interna, se ha establecido una cláusula según la cual solamente se podrá acceder a dichas subvenciones si la actividad a desarrollar es pionera en Europa y mejora la seguridad del suministro. También se prevén ayudas adicionales no económicas como acelerar los permisos necesarios para construir las nuevas fábricas integradas o *foundries* en territorio comunitario. Adicionalmente, los Estados miembros también pueden otorgar financiación pública propia, adicionales a las ya propuestas por la UE¹¹². Intel ha sido la primera empresa en anunciar la construcción de una *foundry* en territorio europeo gracias, en parte, a las ayudas previstas en la LEC y también a las ayudas ofrecidas por el gobierno alemán, que ha prometido una inversión de 17.000 millones de euros, es decir el equivalente al 40% del plan¹¹³, con la condición de que la nueva fábrica se instale en Alemania.

Finalmente, el tercer pilar es el llamado Mecanismo de coordinación para seguimiento de la cadena y respuesta a las crisis¹¹⁴. Como su propio nombre indica, el tercer pilar establece los cimientos para crear un mecanismo de monitoreo y alerta de la cadena global de producción. De acuerdo con el Reglamento, los EEMM deberán informar regularmente al Consejo Europeo de Semiconductores (en adelante ESB)¹¹⁵, un organismo creado por el mismo Reglamento que estará formado por representantes de los EEMM y de la Comisión, encargado de examinar si, de acuerdo con los datos aportados, hay que iniciar los procedimientos de actuación frente a la crisis, y que también

¹⁰⁸ Capítulo II, artículos del 3 al 12 del Reglamento 2023/1781, de 13 de septiembre de 2023.

¹⁰⁹ Capítulo III, artículos del 13 al 18 del Reglamento 2023/1781, de 13 de septiembre de 2023.

¹¹⁰ El equivalente a las fábricas integradas.

¹¹¹ En la UE generalmente las ayudas públicas o las subvenciones están prohibidas por ser contrarias al derecho de la competencia. Este tipo de ayudas públicas que alteran el funcionamiento del libre mercado se utilizan de forma muy excepcional, y denotan precisamente la importancia que la Comisión europea da a la industria de los microchips.

¹¹² MASCHKE, Wolfgang A., KIRK, Matthew, SERENTSCHY, Georg, LIBERATORE, Francesco, ECONOMIDES, Christina, y ZUCCARELLO CIMINO, Francesca, "The European Chips Act: reducing europe's dependence on third-country semiconductors?", *SQUIRE Patton Boggs*, 2022. [Consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.squirepattonboggs.com/en/insights/publications/2022/02/the-european-chips-act-reducing-europes-dependence-on-third-country-semiconductors>

¹¹³ POITIERS, Niclas Frederic, y WEIL, Pauline, "Fishing for Chips...", *op. cit.*

¹¹⁴ Capítulo IV, artículos del 19 al 27 del Reglamento 2023/1781, de 13 de septiembre de 2023.

¹¹⁵ En inglés European Semiconductor Board.

coordinará la compra conjunta de chips en casos de escasez¹¹⁶. Como ya se puede entrever, este pilar se inspira en las medidas adoptadas por la UE y los EEMM durante la crisis sanitaria de la Covid-19 y prevé medidas de respuesta muy parecidas, como en su día la compra conjunta de vacunas.

La Comisión mantiene la competencia para determinar cuándo se entra en una situación de crisis, pero puede delegar la función a otros órganos, como el ESB. Una crisis, según la definición del Reglamento, es un período de escasez de semiconductores lo suficientemente grave como para impactar negativamente en el mercado interior europeo. En ese caso, el Reglamento prevé que la Comisión pueda adoptar medidas de emergencia, como imponer controles a las exportaciones de chips, ordenar la compra conjunta, exigir a las *foundries* que se benefician de los subsidios europeos que prioricen a determinados clientes¹¹⁷ o solicitar a las fábricas europeas que den prioridad a la producción de determinados bienes clave para los sectores críticos¹¹⁸. Dichos sectores críticos vienen enumerados en el Reglamento, concretamente en el Anexo IV de la ley. Entre ellos destacan el transporte, la energía, la salud, la banca, los mercados financieros, la infraestructura digital, la administración pública o el espacio.

Puesto que la Comisión tiene poco margen de actuación en materia de política fiscal, las medidas incorporadas en la LEC tienen un carácter meramente industrial. “Dentro de los límites de las competencias y el presupuesto de la Comisión, la Ley de Chips anima a los países de la UE a utilizar subvenciones y permite la aplicación de nuevas restricciones comerciales. Como tal, marca una evolución significativa de la posición de la UE en materia de política industrial y comercial”¹¹⁹.

La financiación prevista para el plan asciende a un total de 43.000 millones de euros. Parte de los fondos provienen de programas ya aprobados con anterioridad, como el programa Horizonte Europa (HE), del que se sustraerán unos 400 millones, el *Digital Europe Programme* (DEP) y el *Key Digital Technologies Joint Undertaking*. Para compensar la pérdida sufrida por el programa Horizonte Europa la Comisión ha propuesto añadir 400 millones a este fondo para el periodo de 2023-2027¹²⁰. En la cantidad prometida, se incluyen los 5.000 millones de euros del Marco Financiero Plurianual (MFP) que ya estaban previstos para inversiones en microelectrónica. La *Chips for Europe Initiative*, incluida en el recuento, se financiará con el presupuesto europeo y tendrá una provisión de 3.300 millones de euros, entre los que se incluyen 1.650 millones del HE y otros 1.650 millones del DEP. En total la UE aportará 11.100 millones de euros del total anunciado, de los cuáles solamente 4.000 millones son inversiones completamente nuevas ya que el resto, de una forma u otra, estaba previsto previamente para financiar programas tecnológicos¹²¹. Una parte importante de la cantidad restante se prevé que provenga del próximo MFP 2028-2034¹²², mientras que el Banco Europeo de Inversiones también va a financiar algunas de las ayudas destinadas a las pymes¹²³. El resto se espera que provenga

¹¹⁶ El Consejo Europeo de Semiconductores se regula en el Capítulo V, bajo el título de Gobernanza, del Reglamento 2023/1781, de 13 de septiembre de 2023.

¹¹⁷ POITIERS, Niclas Frederic y WEIL, Pauline, “Fishing for Chips...”, *op. cit.*

¹¹⁸ MASCHKEK, Wolfgang, KIRK, Matthew, SERENTSCHY, Georg, LIBERATORE, Francesco, ECONOMIDES, Christina y ZUCCARELLO CIMINO, Francesca, *op. cit.*

¹¹⁹ POITIERS, Niclas Frederic, y WEIL, Pauline, “Fishing for Chips...”, *op. cit.*, p. 7.

¹²⁰ Artículos 3.2 y 3.4 de las enmiendas propuestas al Digital Europe Programme.

¹²¹ POITIERS, Niclas Frederic, y WEIL, Pauline, “Fishing for Chips...”, *op. cit.*

¹²² NOVE TEAM, *op. cit.*

¹²³ POITIERS, Niclas Frederic, y WEIL, Pauline, “Fishing for Chips...”, *op. cit.*

de inversiones realizadas por los mismos EEMM a través del Proyecto Importante de Interés Común Europeo de Microelectrónica y Tecnológicas de la Comunicación (IPCEI)¹²⁴¹²⁵, y del sector privado.

4.3 Comparación con otras regulaciones

Como se ha mencionado anteriormente, la UE no ha sido la única en adoptar en los últimos años una regulación específica para la industria de los semiconductores con el objetivo no solo de reducir, sino eliminar, su dependencia de la cadena global. De hecho, los riesgos descritos en el capítulo anterior pusieron en alerta a la mayoría de los Estados en el mundo, sobre todo aquellos que juegan un papel relevante en el mercado de chips.

La iniciativa más parecida a la propuesta europea es la norteamericana. En mayo de 2021 se propuso la Ley de Chips y Ciencia¹²⁶, que fue definitivamente aprobada el 9 de agosto de 2022, un año antes que la europea. Sin embargo, a diferencia de su contraparte europea, cuya propuesta se plantea desde la perspectiva industrial, esta ley adopta una postura más enfocada hacia la seguridad nacional. Aun así, a efectos prácticos, ambas son, en definitiva, instrumentos para promover la inversión nacional.

La ley americana va acompañada de una financiación de 50.000 millones de dólares y busca promover la I+D, la fabricación y el desarrollo de mano de obra especializada en semiconductores en territorio estadounidense, para así crear una cadena de suministros autónoma y resiliente dentro de las fronteras de EEUU. Del total prometido, 39.000 millones de dólares van a ir destinados a subsidios públicos para construir fábricas y los otros 13.000 millones de dólares restantes irán a inversiones en I+D. Una diferencia significativa con la propuesta europea es que la misma ley reserva parte de los fondos exclusivamente para la construcción de fábricas de producción de chips militares. De momento, EEUU ya ha conseguido que TSMC se comprometa a invertir 40.000 millones de dólares para construir dos fábricas de semiconductores de 3 y 5 nm¹²⁷ en Phoenix (Arizona) y que Samsung invierta 25.000 millones de dólares para construir otra fábrica en Austin (Texas)¹²⁸.

Taiwán, Corea del Sur y Japón han aprobado asimismo leyes ofreciendo a las empresas de semiconductores importantes exenciones fiscales¹²⁹. Por su parte, China ya inició sus inversiones en el sector de los chips en 2015 a través del Plan *Made in China*, con una provisión 150.000 millones de dólares a invertir en un periodo de 10 años. El objetivo

¹²⁴ En inglés Important Project of Common European Interest. Los IPCEI son instrumentos para la implementación de la Estrategia Industrial de la UE. Sirven como herramientas de inversión intercomunitaria que facilita la financiación pública y privada de proyectos transfronterizos dentro de la UE. Cada IPCEI se centra en un sector industrial concreto que tiene la capacidad de influir en la transición ecológica y digital de la UE. La Comisión se encarga de gestionar estos fondos y de incorporar mecanismos de protección que garanticen la libre competencia.

¹²⁵ DG COMPETITION, “IPCEI - Important Projects of Common European Interest”, *video de youtube*, 2023. [Consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=njAoAos7rh8>

¹²⁶ Del inglés CHIPS and Science Act o, simplemente, US Chips Act.

¹²⁷ YANG, Zeyi, “What’s next for the chip industry”, *MIT Technology Review*, Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2023. [Consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.technologyreview.com/2023/01/03/1065959/whats-next-chip-industry-2023/>

¹²⁸ VILLOSLADA CAMPS, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*

¹²⁹ YANG, Zeyi, *op. cit.*

detrás del plan era crear un ecosistema nacional de semiconductores capaz de competir con las primeras potencias de la industria. Sumando el apoyo financiero anunciado por EEUU, China, Japón, Corea del Sur y la UE, la inversión total prevista en semiconductores asciende a 721.000 millones de dólares o, lo que es lo mismo, el 0,9% del PIB mundial de 2020¹³⁰.

Otros muchos países están tratando de sacar ventaja de este impulso y del momento de cambio que vive la industria para intentar adquirir un rol en la cadena o, simplemente, mejorar su posición. India anunció en 2021 una inversión de 10.000 millones de dólares para atraer a fabricantes extranjeros¹³¹, Costa Rica informó en 2022 que Intel había decidido reabrir una de las únicas plantas de ensamblaje y prueba de chips que la compañía tenía en Occidente, acompañándolo de una inversión adicional de 1.000 millones de dólares¹³². Brasil, que ya posee una industria incipiente de semiconductores, ha anunciado recientemente una nueva política industrial orientada a escalar posiciones en la cadena de valor¹³³, etc.

4.4 Críticas recibidas por el Paquete de la Ley Europea de Chips

Si bien el sector de semiconductores europeo vio con buenos ojos la aprobación de la Ley Europea de Chips y, en especial, de las enormes inversiones prometidas, en ámbitos académicos se critica intensamente el planteamiento general adoptado y se considera difícil que consiga cumplir los objetivos planteados¹³⁴.

4.4.1 Chips come in many flavours

La principal crítica que ha recibido la LEC es que está completamente enfocada en desarrollar la producción de semiconductores de última generación, cuando en realidad la industria europea consume mayoritariamente chips *legacy*. La Asociación Española de la Industria de Semiconductores (AESEMI) alertó de que, si bien la valoración general de la LEC es positiva porque dota al sector de un marco regulativo propio y de mecanismos concretos para afrontar situaciones de crisis, dedicar la mayor parte del presupuesto a los chips de 2 nm no es aconsejable, puesto que la estrategia europea debería centrarse en asegurar el suministro de tecnologías maduras, que son las utilizadas por el tejido industrial comunitario. Ciertamente, muchas industrias europeas, sobre todo del sector automovilístico, dependen de circuitos integrados “grandes”, por lo que sería mejor diversificar la producción en tamaños diferentes¹³⁵.

El segundo pilar de la LEC, centrado en promover la apertura de nuevas fábricas, claramente estipula que para acceder a las ayudas públicas el proyecto en cuestión debe desarrollar una actividad pionera en Europa y ayudar a mejorar la seguridad del

¹³⁰ POITIERS, Niclas Frederic, y WEIL, Pauline, “Fishing for Chips...”, *op. cit.*

¹³¹ VILLOSLADA CAMPS, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*

¹³² MURILLO, Álvaro, “Costa Rica saca ventaja en la ‘guerra de los chips’ entre EE UU y China”, *El País, América/futura*, 2022. [Consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://elpais.com/america-futura/2022-10-10/costa-rica-saca-ventaja-en-la-guerra-de-los-chips-entre-ee-uu-y-china.html>

¹³³ ZIOLLA MENEZES, Fabiane, “Brazil plans to join the global semiconductor chain. Well, sort of”, *The Brazilian Report*, 2024. [Consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://brazilian.report/tech/2024/02/09/semiconductor-production-chain/>

¹³⁴ POITIERS, Niclas Frederic, y WEIL, Pauline, “Fishing for Chips...”, *op. cit.*

¹³⁵ VILLOSLADA CAMPS, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*

suministro. Las empresas de chips *legacy* cumplen con el segundo requisito, pero no el primero, por lo que no tendrán acceso a estos subsidios. Teniendo en cuenta las necesidades de la industria y el objetivo de aumentar la resiliencia, y reducir la dependencia del extranjero, sería aconsejable que la UE se centrara en priorizar la producción en los chips más antiguos¹³⁶. También se ha apuntado a un cambio de dirección en la estrategia china y los riesgos que entrañaría para la UE. Concentrarse en los semiconductores de mayor tamaño ayudaría a minimizar una futura dependencia del mercado chino.

Desde un punto de vista económico también tiene sentido invertir en chips *legacy*. Está previsto que la demanda europea de chips de más de 10 nm sea del 90%, al menos hasta el final de la década¹³⁷. El sector automovilístico crecerá un 11% respecto al nivel actual, mientras que la producción de estos chips solamente se incrementará en un 2%¹³⁸. También se cuestiona desde el punto de vista ecológico y financiero, porque se ha dejado de lado este segmento tan importante del mercado cuando los semiconductores avanzados se deterioran mucho más rápido y requieren constantes inversiones millonarias para poder innovar y mantenerse al día en la carrera tecnológica¹³⁹.

Los defensores de la LEC apuntan a que a medida que los diseños de los coches se van perfeccionando y modernizando, la UE va a necesitar más y más semiconductores avanzados. Pensemos en los vehículos eléctricos o los coches que incorporan tecnología de IA. Se prevé que la cuota de mercado de semiconductores de tamaño inferior a 10 nm crezca del 2% actual hasta un 10% en 2030¹⁴⁰. Por lo tanto, teniendo en cuenta el tiempo y el esfuerzo que cuesta desarrollar una industria propia, tiene sentido empezar a invertir en chips avanzados lo antes posible, ya que si no se invierte ahora en tecnología puntera la brecha entre la UE y Taiwán y Corea del Sur será todavía mayor en el futuro¹⁴¹. Si bien este argumento tiene un fundamento sólido, tampoco cambia que este sector del mercado tiene unas condiciones de entrada muy complejas, ya que es tremendamente competitivo y no satisface las necesidades actuales de la industria. Asimismo, actualmente las innovaciones en materia de chips para el sector automovilístico no se basan en reducir el tamaño, sino en incrementar la eficacia, por ejemplo, investigando el uso de materiales alternativos al silicio¹⁴².

Para que una industria europea de semiconductores avanzados tuviera sentido la UE también debería invertir en crear un mercado propio para este producto. Actualmente, la demanda es bastante reducida, al menos en comparación con la de los chips *legacy*. Además, puesto que en la UE prácticamente no existe una industria de ensamblaje y prueba, ni plantas dedicadas al montaje de dispositivos digitales (teléfonos, ordenadores, tabletas, etc.), estos semiconductores después deberían ser enviados igualmente a China u otros países asiáticos para concluir la fase final de la cadena, con lo cual, se seguiría manteniendo un alto grado de dependencia¹⁴³. La única posible solución al problema sería crear una cadena propia, como aspiran a lograr, en mayor o menor medida, China y EEUU,

¹³⁶ ARNAL, Judith, GARCÍA, Emilio, y JORGE RICART, Raquel, *op. cit.*

¹³⁷ VILLOSLADA CAMPS, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*

¹³⁸ SHIVAKUMAR, Sujai, y WESSNER, Charles, *op. cit.*

¹³⁹ ARNAL, Judith, GARCÍA, Emilio, y JORGE RICART, Raquel, *op. cit.*

¹⁴⁰ VILLOSLADA CAMPS, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*

¹⁴¹ FIGURA, Jannis, *op. cit.*

¹⁴² SHIVAKUMAR, Sujai, y WESSNER, Charles, *op. cit.*

¹⁴³ DEUTSCHE WELLE NEWS, "EU planning billions in subsidies for semiconductors", *video de Youtube*, 2023 [consulta 13 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=yfFzUZXU188>

pero desde un punto de vista realista para la UE actualmente eso es casi imposible. En el caso europeo establecer una cadena de producción propia sería enormemente difícil por los elevados costes de producción y en especial de la mano de obra trabajadora. Teniendo en cuenta estos factores cuesta imaginar un escenario donde las empresas europeas de microchips de última generación puedan competir a nivel mundial, sin estar completamente subvencionadas por los EEMM.

El comisario europeo de comercio, Valdis Dombrovkis, ya alertó de que un desacoplamiento total de China no es una opción realista en la actualidad, y dijo que “la UE debía seguir colaborando con China con pragmatismo y sin ingenuidad. Nuestra relación comercial necesita más equilibrio y reciprocidad”¹⁴⁴. En este mismo sentido la presidenta de la Comisión clarificó que la LEC busca aumentar la resiliencia europea y no la autosuficiencia¹⁴⁵. Precisamente por eso, la mejor opción seguramente hubiera sido una ley centrada en las necesidades actuales de la Unión y con parte de la financiación dirigida a cubrir las necesidades futuras. Si la UE planea mantener cierto grado de dependencia de la cadena, debería centrar sus recursos en reforzar los eslabones que la hacen más débil, en vez de participar en una carrera por la producción de los chips más avanzados que, al igual que ha sucedido con China, tiene prácticamente perdida.

4.4.2 La carrera internacional por los subsidios públicos

Prácticamente todas las leyes propuestas para aumentar la capacidad de las industrias nacionales de semiconductores y reducir la dependencia de la cadena global ofrecen ayudas públicas o subvenciones a las empresas privadas. China fue la primera en iniciar esta dinámica en 2015, posteriormente se le sumaron EEUU y la UE entre 2020 y 2021, y luego una larga lista de países. Como se ha mencionado en el apartado anterior, el total de ayudas anunciadas equivale al 0,9% del PIB mundial de 2020¹⁴⁶. Son cifras estratosféricas, difíciles de comprender para un ciudadano medio. Si bien las inversiones han sido bien recibidas por el mercado, los expertos apuntan a que nos dirigimos hacia una carrera internacional de subsidios públicos¹⁴⁷ para la ubicación de las nuevas *foundries*, bajo el riesgo de que eso termine hinchando los precios artificialmente, a costa del dinero de los contribuyentes. Es una carrera en la que apenas pueden participar un puñado de empresas muy concretas: TSMC, Samsung, Intel, SMIC y unas pocas más. En consecuencia, son los contribuyentes quienes asumen gran parte de los costes de abrir nuevas plantas de producción que, al fin y al cabo, son de propiedad privada. Asimismo, también hay una fuerte competencia interna entre esas empresas para acaparar la mayor cuota de mercado posible en la fabricación de chips de alta gama.

Ofrecer subvenciones generosas es una política relativamente habitual en China, pero lo que ha cogido desprevenidos a muchos actores es la adopción de líneas de ayudas por parte de EEUU y la UE, eternos abanderados de la defensa de la libre competencia y el libre mercado. “Los chips se están convirtiendo en síntoma y causa de cambios importantes en la formulación de políticas industriales y comerciales”¹⁴⁸. Históricamente, desde los inicios de la industria, las intervenciones gubernamentales han jugado un papel

¹⁴⁴ VILLOSLADA CAMPS, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*, pág. 21.

¹⁴⁵ BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, LEE, Paul, y BEERLAGE, Sophie, *op. cit.*

¹⁴⁶ POITIERS, Niclas Frederic, y WEIL, Pauline, “Fishing for Chips...”, *op. cit.*

¹⁴⁷ *Ibid.*

¹⁴⁸ *Ibid.*, pág. 8.

importante en desarrollar el ecosistema tecnológico y la expansión de los microchips. Aun así, dada la alta competitividad, la intervención de los gobiernos tampoco garantiza que los Estados vayan a ascender rangos en la cadena de valor. Construir *foundries* de última generación requiere dominar tecnologías muy complejas. Esta carrera mundial conlleva el riesgo de canalizar miles de millones de fondos públicos en inversiones que al final no sean rentables. Al centrar la mayor parte de la financiación pública en la fabricación de *foundries* y en I+D, los gobiernos pueden estar pasando por alto otras partes del proceso igualmente indispensables como la materia prima, el diseño o el ensamblaje y prueba de los microchips.

Algunos expertos también alertan del riesgo de sobredimensionar el sistema¹⁴⁹. Es decir, de que la producción aumente hasta superar la demanda, lo que provocaría una caída de precios y que muchas empresas perdieran competitividad y rentabilidad. No obstante, muchos otros argumentan que eso es improbable, puesto que a medida que aumentan las aplicaciones para los chips la demanda seguirá creciendo, tal como predice la Ley de Moore. También existe el riesgo de que, si todos estos subsidios se ofrecen exclusivamente para los semiconductores más avanzados, la producción de chips *legacy* quede desatendida.

Por último, otra preocupación es que los Estados se centren excesivamente en ofrecer ayudas públicas y herramientas proteccionistas, y no pongan suficiente atención en las medidas de coordinación. Esto puede generar un precedente comercial de *beggar-thy-neighbor*¹⁵⁰ en un sector profundamente interconectado y dependiente. Los EEUU y la UE han establecido entre ellas una cierta coordinación a través del Consejo de Comercio y Tecnología¹⁵¹, y EEUU tiene fuertes alianzas con Taiwán, Corea del Sur y Japón, pero el objetivo de estos intercambios es contener la expansión tecnológica de China. Mientras, todos los aliados están compitiendo para atraer empresas del mismo segmento del mercado. Seguramente “si la UE y sus socios coordinaran sus subsidios industriales en lugar de competir, podrían lograr mucho más con las mismas inversiones”¹⁵².

4.4.3 La competencia interna entre Estados miembros de la UE

Todos los EEMM parecen apoyar este paquete de medidas y han recibido con buenos ojos la LEC. Sin embargo, como la ley no prevé ningún método de cooperación y coordinación entre EEMM en cuanto al acceso a las ayudas, eso puede generar competencia interna entre ellos. Todos buscan beneficiarse de esas ayudas para impulsar sus industrias nacionales y es posible que eso genere desigualdades entre los EEMM. Aquellos con mayor margen fiscal podrán ofrecer más fondos públicos y así atraer más inversión privada, lo que no solamente perjudicará a los Estados más endeudados, sino que será peligroso e ineficiente para todo el bloque, ya que no parece prudente que un solo EEMM aspire a tener en su propio territorio toda o la mayor parte de la cadena de valor, del mismo modo que no es sensato que un Estado concentre todos los procesos. Seguramente, lo más acertado hubiera sido un marco que distribuyera las diferentes partes de la producción entre los EEMM en función de sus ventajas competitivas¹⁵³.

¹⁴⁹ POITIERS, Niclas, y WEIL, Pauline, “Is the EU Chips Act the right approach?”, *Bruegel*, 2022 [consulta 15 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.bruegel.org/blog-post/eu-chips-act-right-approach>

¹⁵⁰ Lo que en español se podría denominar como “políticas de empobrecer al vecino”.

¹⁵¹ En inglés Trade Technology Council (TTC).

¹⁵² POITIERS, Niclas, y WEIL, Pauline, “Fishing for Chips...”, *op. cit.*, pág. 10.

¹⁵³ ARNAL, Judith, GARCÍA, Emilio, y JORGE RICART, Raquel, *op. cit.*

Por ahora, tal como están diseñadas las ayudas, es muy probable que gran parte del dinero vaya a parar a Alemania, Francia, Países Bajos y Bélgica, los cuatro EEMM líderes en la industria de los semiconductores que ya disponen de ecosistemas propios. Esto ha creado tensiones con los Estados del este¹⁵⁴ que esperaban esta oportunidad para iniciarse en el sector, ya que, sobre el papel, dadas sus condiciones económicas, son los candidatos más apropiados para recibir las nuevas *foundries* europeas. Se podría haber aprovechado la iniciativa para instalar en estos países plantas de ensamblaje, embalaje y prueba, que requieren trabajadores menos cualificados y, por tanto, mano de obra más barata. Así, también se hubieran podido abrir alternativas a la industria china, especialmente fuerte en esta parte del proceso¹⁵⁵.

4.4.4 Los objetivos y la financiación de la Ley Europea de Chips

Gran parte de las críticas han ido dirigidas sobre todo al objetivo general de la LEC. La ley busca duplicar la producción europea para el 2030, es decir pasar del 10% actual a un 20% en seis años. Sin embargo, este 10% actual corresponde a semiconductores *legacy*. Por tanto, si la ley se enfoca exclusivamente en los chips avanzados, no estaríamos hablando de incrementar la producción actual, sino de crear una producción nueva completamente distinta prácticamente desde cero. Una fábrica de semiconductores de última generación cuesta alrededor de 20.000 millones de euros y tarda entre dos y tres años en construirse y estar operativa. El objetivo general, tal como está planteada la LEC, no es pues realista, al menos no a tan corto plazo. Asimismo, invertir mucho dinero no garantiza el éxito de la estrategia. Tenemos ejemplos muy concretos como el caso de China, que lleva invirtiendo miles de millones de dólares desde 2015 y, aun así, todavía no ha conseguido un ecosistema capaz de competir a primer nivel, o en su día el caso de la URSS, que a pesar de todos sus esfuerzos jamás logró atrapar a los estadounidenses. Un análisis económico de Deloitte apunta a que la UE podría seguir siendo importadora neta de semiconductores en 2030, a pesar de los mejores esfuerzos de la LEC¹⁵⁶.

Para los EEUU y China, intentar impulsar la producción nacional de chips avanzados puede tener mayor sentido, ya que refleja, en cierta medida, la competencia que mantienen desde 2014, para retener y alcanzar, respectivamente, la supremacía tecnológica y la hegemonía mundial. Por su parte, la UE se justifica diciendo que busca ganar influencia en una industria estratégica y defender su autonomía estratégica y su soberanía digital¹⁵⁷. La LEC demuestra un compromiso firme por parte de la Comisión en este sentido, pero está por ver si será capaz de alcanzar el objetivo propuesto¹⁵⁸.

Otra cuestión controversial ha sido la financiación. Si bien hay una satisfacción generalizada con la cuantía prometida, el origen de los fondos es poco claro. La UE ha trazado unas líneas generales, pero buena parte sigue sin concretarse y dependerá de la voluntad de otros actores, como los propios EEMM, o el sector privado. De los recursos que aportará la UE no hay prácticamente prevista ninguna inversión nueva, sino que se

¹⁵⁴ DEUTSCHE WELLE NEWS, *op. cit.*

¹⁵⁵ FIGURA, Jannis, *op. cit.*

¹⁵⁶ BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, LEE, Paul, y BEERLAGE, Sophie, *op. cit.*

¹⁵⁷ POITIERS, Niclas, y WEIL, Pauline, "Fishing for Chips...", *op. cit.*

¹⁵⁸ VILLOSLADA CAMPS, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, *op. cit.*

utilizarán fondos de otros programas y se redirigirán hacia la industria de los semiconductores¹⁵⁹, dejando previsiblemente desprovistos otros planes, al menos a corto plazo. La Comisión ha prometido refinar estos programas que han quedado mermados, pero para comprobarlo habrá que esperar al próximo MFP. Esta decisión ha recibido algunas críticas, especialmente fuera de la industria de los semiconductores, mientras que otras consideran que, si las prioridades de la UE y los EEMM han cambiado, es legítimo modificar el destino de los fondos, siempre que se mantengan dentro del sector al que iban destinados, en este caso, el tecnológico.

4.4.5 El mecanismo de seguimiento y respuesta a las crisis

El mecanismo de seguimiento y respuesta de la LEC es criticado especialmente desde el ámbito académico, y se destacan dos defectos importantes: no toma en consideración las características intrínsecas de la cadena de valor global y no prevé ningún rol para las industrias de consumo final. Algunos analistas coinciden en predecir que el instrumento diseñado en la LEC no va a ser efectivo para actuar en próximas crisis de escasez¹⁶⁰.

La ley incorpora un mecanismo voluntario de recogida de datos por parte de la industria para identificar con facilidad el inicio de una crisis, la compra común de semiconductores, las restricciones a la exportación y la obligación de cumplir con pedidos marcados como prioritarios por la Comisión. Sin embargo, se ha sugerido que en una etapa de escasez muchas de estas herramientas no serían efectivas. En primer lugar, muchos chips están altamente especializados y personalizados para un producto final específico, un sector o una empresa individual y, por lo tanto, no son intercambiables ni sustituibles. En segundo lugar, los productos finales constan de cientos o miles de chips diferentes procedentes de todo el mundo y la escasez de uno solo de ellos puede paralizar la fabricación por completo. En este contexto, instrumentos como la compra común sería ineficaces, ya que todas las empresas de un sector tendrían que ponerse de acuerdo sobre un conjunto de chips del que todos dependen. Lo mismo sucede con las reservas nacionales, que necesitarían anticipar qué conjunto de chips probablemente escasearán en el futuro. Los semiconductores son un producto relativamente “único”, en el sentido de que cualquier chip no sirve para todo, por lo tanto, no tiene sentido aplicar las mismas estrategias que se usan, por ejemplo, para las vacunas.

Adicionalmente, no se prevé ninguna solución en caso de colapso de las etapas de producción de las obleas, ni de los procesos de ensamblaje y prueba. La obligación de cumplir con pedidos marcados como prioritarios por la Comisión solo se prevé para las productoras de chips y tampoco resultaría efectiva, ya que la producción tarda aproximadamente seis meses. Un chip pedido en enero no llegará al cliente antes de junio del mismo año, y el proceso no se puede acelerar. En definitiva, algunos analistas se lamentan de que el tercer pilar parece no tener en cuenta que “no existe una única cadena de valor global de semiconductores, sino numerosas cadenas de valor diferentes que se superponen en algunas partes, pero que también tienen distinciones claras en otras”¹⁶¹.

¹⁵⁹ *Ibid.*

¹⁶⁰ KLEINHANS, Jan-Peter, y HESS, Julia, “Governments’ role in the global semiconductor value chain #3. Analysis of the EU Chips Act: The Crisis Response Toolbox”, *Policy Brief*, Stiftung Neue Verantwortung, 2022. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.stiftung-nv.de/en/publication/eca-toolbox>

¹⁶¹ *Ibid.*, p. 14.

4.5 Recomendaciones

El objetivo fundamental de la LEC es defender la autonomía estratégica y la soberanía digital, entendida como la “capacidad de Europa para actuar de forma independiente en el mundo digital, a través de mecanismos de protección, herramientas ofensivas y cooperación con actores clave, fomentando al mismo tiempo la innovación digital”¹⁶². Para conseguirlo, la UE busca recuperar su antigua posición en el mercado global e incrementar su rol como actor geopolítico. A nivel práctico, esto se plasma en intentar aumentar la resiliencia de la cadena, reducir la dependencia externa y aumentar la competitividad.

Con estas premisas, las recomendaciones propuestas desde el ámbito académico para mejorar la estrategia europea recogida en la LEC son las siguientes:

La primera y más obvia es cambiar los requisitos para acceder a las ayudas públicas y abrirlos a tecnologías menos avanzadas. Una distribución más equitativa de los subsidios ayudaría a cultivar una nueva industria de chips avanzados, pero también a dar respuesta a las necesidades de los fabricantes locales, disminuir el impacto de una posible crisis y aumentar el poder de la UE. En este mismo sentido, también sería lógico concentrarse en otras fases del proceso, además de hacerlo en I+D y en la producción, ya que en términos de la dependencia de la UE hacia China, actualmente el riesgo se encuentra en la fase de ensamblaje y prueba. Asimismo, algunos expertos también recomiendan invertir en diseño¹⁶³, una etapa significativamente menos costosa que la de producción, pero igualmente relevante.

Con respecto a los chips avanzados, la misma Comisión ha admitido que la ley no eliminará por completo la dependencia europea de los mercados externos en este segmento. Para prevenir posibles crisis sería mejor cambiar de modelo de compra, pasando de un sistema *just-in-time* a otro en el que las empresas dispongan de un mínimo de existencias para asegurar que, durante las etapas cíclicas de escasez, no haya que paralizar la producción, a riesgo de que esto aumente algo los costes de los productos finales. Los microchips son físicamente muy pequeños y no requieren de condiciones especiales para su almacenaje. En la mayoría de los productos, excepto en los relativos a informática y comunicación, los semiconductores representan una fracción pequeña de los costes totales de producción. Mantener un cierto volumen de existencias almacenadas es sin duda una medida mucho más rentable y eficiente que, por ejemplo, prohibir las exportaciones¹⁶⁴. Durante la crisis de 2020 a 2023, se vio como este sistema funcionó bien para la industria japonesa y consiguió reducir significativamente el impacto de la escasez en ese país.

En cuanto a las mejoras para el mecanismo de seguimiento y respuesta a la crisis, se recomienda cambiar el enfoque del plan de gestión de crisis a su prevención a largo plazo. Se podría conseguir este objetivo trabajando en cuatro áreas concretas: transparencia, una

¹⁶² ARCO ESCRICHE, Inés, “How can the European Union achieve digital strategic autonomy? Views from future leaders”, *CIDOB briefings*, núm. 42, 2022. https://www.cidob.org/en/publications/publication_series/cidob_briefings/how_can_the_european_union_achieve_digital_strategic_autonomy_views_from_future_leaders

¹⁶³ ARNAL, Judith, GARCÍA, Emilio, y JORGE RICART, Raquel, *op. cit.*

¹⁶⁴ KLEINHANS, Jan-Peter, y HESS, Julia, *op. cit.*

mejor gestión de la cadena de valor a largo plazo, recopilar información precisa y mapear mejor la cadena, y fortalecer las relaciones con los países aliados.

La realidad demuestra que no hay una buena comunicación entre los productores de semiconductores en Asia y las industrias de consumo, al igual que tampoco hay transparencia o intercambio de información entre consumidores, gobiernos y productores. Para intentar paliar este problema se ha creado la *Industrial Alliance on Processors and Semiconductor Technologies*¹⁶⁵, una organización que pretende unir a la sociedad civil europea para intercambiar información y reforzar la competitividad de las empresas, pero todavía está en una fase muy incipiente para poder evaluar si realmente esta siendo efectiva.

Para una mejor gestión de la cadena de valor la propuesta principal es la ya mencionada medida de incrementar las existencias almacenadas por las empresas, políticas como “las compras comunes, las reservas nacionales y las restricciones a las exportaciones de chips potencialmente desincentivan a las industrias finales a acumular excedentes. Por lo tanto, la Ley de Chips de la UE está enviando una señal equivocada al mercado”¹⁶⁶.

En general muchos gobiernos aún no comprenden bien la cadena de valor, las tendencias tecnológicas, la dinámica del mercado, los puntos críticos y las interdependencias. Por lo tanto, harían bien en invertir recursos en mapear el ecosistema global de semiconductores a largo plazo e identificar y evaluar las interdependencias nacionales para desarrollar políticas más eficaces¹⁶⁷.

Finalmente, tanto en lo referente al paquete en general como respecto al mecanismo de seguimiento y respuesta a la crisis, la clave se encuentra en trazar alianzas fuertes y duraderas. La cadena de valor global funciona gracias a una compleja red transnacional basada en la división del trabajo. Las dependencias de países extranjeros son inevitables y continuaran existiendo sin importar cuánto dinero inviertan los Estados en la industria nacional. Sólo se pueden abordar los problemas de resiliencia de la cadena a largo plazo si hay acuerdos internacionales. Numerosos expertos coinciden en que los gobiernos deben invertir en asociaciones estratégicas a largo plazo con aliados confiables¹⁶⁸.

En cuanto a la disputa entre EEUU y China, y su afán por controlar la industria, la UE debería tratar de mantenerse al margen y adoptar una postura neutral que beneficie a sus propios intereses económicos, que es, al fin y al cabo, la herramienta más poderosa que tiene la UE para negociar. Desde el inicio de la guerra comercial, en 2018, la UE ha tenido que enfrentarse a una nueva realidad, el multilateralismo, que desde los años ochenta ha sido la base de las relaciones internacionales, pero que está perdiendo influencia. Mientras, el desacoplamiento de la cadena entre China y EEUU, aunque parece inviable, está produciendo una lenta bifurcación¹⁶⁹. Teniendo en cuenta la dependencia de la UE de la tecnología americana en general y del mercado chino para el ensamblaje y la prueba de chips, se hace difícil creer que la UE vaya a salir bien parada de este conflicto, por lo que

¹⁶⁵ COMISIÓN EUROPEA “Alliance on Processors and Semiconductor technologies”, *Comisión Europea*, 2022. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/alliance-processors-and-semiconductor-technologies>

¹⁶⁶ KLEINHANS, Jan-Peter, y HESS, Julia, *op. cit.*, p. 9.

¹⁶⁷ *Ibid.*

¹⁶⁸ ARNAL, Judith, GARCÍA, Emilio, y JORGE RICART, Raquel, *op. cit.*

¹⁶⁹ GARCÍA-HERRERO, Alicia, “La bifurcación tecnológica”, *op. cit.*

parecería recomendable poner en valor su tamaño económico y su tecnología para incrementar su autonomía estratégica digital. Sin embargo, esto no debería suponer aislarse voluntariamente de los demás actores, sino cultivar y preservar mejores alianzas. En este sentido, la UE podría presentarse como una alternativa fiable en la actual competencia por el desarrollo tecnológico dividida hoy entre el modelo de Silicon Valley y el modelo chino. La cadena de valor global obliga a todos los que intervienen en ella a ser dependientes los unos de los otros, pero la UE puede aprovechar el impulso ofrecido por la LEC y las multimillonarias inversiones que la acompañan para replantearse de quién quiere depender y en qué sectores, y para tejer nuevas alianzas acordes con su propia estrategia e intereses.

5. Conclusiones

A lo largo de este trabajo he analizado en profundidad la cadena de valor global del sector de los microchips, que se divide en tres grandes fases, y la posición de los principales Estados que intervienen en cada una de ellas. La primera fase comprende la adquisición de materias primas, donde hemos visto que el principal productor de silicio es China, seguido de Rusia y Brasil. En la producción de obleas de silicio la imagen cambia radicalmente, situándose en primer lugar Japón, por delante de Taiwán y Alemania. La segunda fase es la fabricación del chip y se divide en diversas subetapas, que se desarrollan cada una en diversos países. En I+D, diseño y fabricación de equipos para la producción de semiconductores la mayor cuota de mercado recae en empresas de EEUU, la UE y Reino Unido. En cuando a la producción propiamente de microchips, hemos visto que existen dos modelos: las *fabless-foundries* y la producción integrada, si bien la realidad es mucho más difusa y no existe una división tan rígida. En este ámbito destacan Taiwán y Corea del Sur, aunque otros países también tienen una cuota de mercado relevante. La tercera y última fase es la de post producción, que consiste en el ensamblaje y prueba, y posterior montaje del chip en el dispositivo final. Estas funciones dentro de la cadena recaen sobre todo en China y, en menor medida, Malasia.

La crisis de suministro de 2020-2023 dejó entrever la enorme dependencia de los países, especialmente en el caso de la UE, con respecto a la cadena de producción global. Por este motivo, en 2023 la UE aprobó la LEC con el objetivo de crear un ecosistema propio de microchips, capaz de suministrar a las empresas europeas los chips que necesitan para cubrir sus necesidades y ayudar a prevenir futuras crisis de abastecimiento. La UE tiene una gran capacidad en I+D y, gracias a los Países Bajos, también en la producción de equipos de fabricación. No obstante, la producción actual de la UE está tan solo en torno al 10% del total mundial. Posee algunas fábricas de semiconductores *legacy*, pero no son suficientes para cubrir la creciente demanda interna, que se nutre en su mayoría de semiconductores importados desde el extranjero. Los sectores europeos que más microchips demandan son la automoción y los equipos industriales. Además, la UE apenas produce chips de alta tecnología.

La hipótesis planteada al inicio de este trabajo era: ¿conseguirá la nueva Ley Europea de Chips reducir la dependencia de la UE con respecto a China? En la introducción planteé que para poder responder esta hipótesis era necesario examinar algunas cuestiones previas sobre el funcionamiento del mercado mundial y la posición europea, pero, sobre todo, era preciso confirmar si realmente existe o no una dependencia de la UE hacia China en el sector de los microchips.

Hemos visto que la industria europea se nutre mayoritariamente de microchips importados, pero la LEC se centra especialmente en los chips de última generación, que no proceden de China, sino específicamente de Taiwán y de Corea del Sur. Por lo tanto, la respuesta a la primera pregunta sería claramente “no”, es decir, no existe una dependencia de la UE hacia China en la producción de semiconductores. Tras el análisis realizado, hemos visto que China juega un papel clave en el suministro de silicio y en el ensamblaje y prueba, pero no en la producción de microchips de última generación. De hecho, éste ha sido uno de los grandes desafíos para el gigante asiático, su incapacidad para alcanzar a los principales productores y generar un ecosistema propio y autónomo en este segmento de mercado.

La hipótesis identifica por tanto erróneamente la posición de China en el sector. No es que la UE sea dependiente de China, sino que ambas, la UE y China, son igualmente dependientes de la cadena mundial. Igual que los son los EEUU, Taiwán, Corea del Sur, Japón y el resto de los países del mundo. Precisamente el diseño mismo de la cadena garantiza que sea así y pone enormes obstáculos para que un solo Estado consiga replicarla a nivel nacional. En este sentido, se ha cuestionado la eficacia de los planes nacionales, como el puesto en marcha por China, que buscan generar un ecosistema completamente independiente, ya que es algo que ningún país ha logrado hasta ahora. La industria se sustenta gracias a la Ley de Moore, sin la deslocalización y la especialización por países no hubiera sido posible hacer prosperar un sistema enfocado al consumo en masa de microchips y, por lo tanto, jamás se hubieran alcanzado los niveles de producción e innovación tecnológica que existen hoy en día.

En resumen, la UE no es dependiente de China *per se*, sino que es dependiente de la cadena mundial en general. China tiene una posición de dominio en los procesos de montaje y prueba, pero siempre dentro del contexto de la cadena, ya que si su industria no estuviera integrada no se sostendría. Si evaluamos en términos de producción, la UE es mucho más dependiente de los chips taiwaneses que de los chinos.

Sin embargo, al analizar la relación UE-China debemos ir un paso más allá y no quedarnos solamente en el mercado actual, sino también ver su posible evolución en el futuro. Los sectores de la automoción y de los equipos industriales utilizan mayormente semiconductores *legacy*. Pese a su nombre, eso no implica que sean necesariamente más atrasados o que estén obsoletos. De hecho, como he apuntado anteriormente, en la actualidad más de la mitad de toda la producción mundial de microchips se concentra en los modelos *legacy*. Son los más demandados, mucho más que los chips de última generación, y se espera que la demanda de este componente siga aumentando a medida que se realizan avances tecnológicos y se descubren nuevas aplicaciones. Asimismo, la innovación en este tipo de semiconductores no se centra tanto en reducir su tamaño, sino en mejorar la eficiencia del dispositivo, por lo que no se prevé por ahora un salto generalizado de los chips *legacy* a los de última generación.

Por su parte, tras casi diez años tratando de construir un ecosistema propio de microchips de última generación parece que finalmente China ha desistido en su intento. Las barreras de entrada del sector son extremadamente altas y, además, China debe hacer frente a las sanciones y bloqueos comerciales estadounidenses en el marco de la guerra comercial que mantienen. Teniendo en cuenta todas estas circunstancias es poco probable que China consiga desarrollar en los próximos años una industria propia de microchips de última generación suficientemente competitiva como para desbancar a Taiwán o Corea del Sur. Por este motivo, parece que el gobierno chino ha decidido finalmente desviar su foco de atención hacia los chips *legacy*. Estos son igualmente imprescindibles y sus beneficios para la industria son mayores, ya que no requieren inversiones tan elevadas. Actualmente China ya posee un tercio de la producción mundial, por lo que parte de una posición mucho más cómoda para incrementar su cuota de mercado. Si lograra monopolizar el mercado de los chips *legacy* entonces sí que existiría una dependencia preocupante de la UE hacia la industria china, y todo parece indicar que lentamente nos dirigimos hacia ese escenario, aunque todavía queden años para llegar a esa situación. En consecuencia, las autoridades europeas tampoco pueden relajarse, ya que existe una posibilidad muy real de que en un futuro cercano China asuma una posición dominante en la producción de microchips *legacy* y eso deje a las empresas europeas en una situación delicada.

Si pasamos a examinar la respuesta europea, vemos que la LEC tiene como objetivo incrementar la producción de chips en la UE hasta el 20% del total mundial con el fin de cubrir la totalidad de sus necesidades internas en 2030. Para ello, permitirá que se ofrezcan subsidios públicos para atraer empresas que se establezcan en los Estados miembros. Si bien el objetivo quizás es poco realista, *a priori* tampoco parece una mala estrategia aumentar la producción cuando la mayoría de los fabricantes europeos importan sus semiconductores del extranjero. Eso permitiría evitar episodios como el de la crisis de 2020. Sin embargo, estos subsidios solamente están disponibles para proyectos que acrediten desarrollar una actividad pionera en Europa que contribuya a mejorar la seguridad del suministro. En otras palabras, la LEC promueve de forma exclusiva la creación de una industria europea de microchips de última generación, cuando la mayor parte de la industria consume en realidad chips *legacy*. Adicionalmente, realizar grandes inversiones tampoco garantiza el éxito de la operación. Además, parece que el legislador ha obviado por completo las dificultades intrínsecas de la industria, como la imperiosa necesidad de disponer de mano de obra barata para poder garantizar la rentabilidad del negocio, o la constante inversión necesaria para mantener las fábricas al día.

Si la UE lograra construir una industria de chips de última generación podría cubrir las necesidades en este segmento del mercado, pero no resolvería el verdadero problema de fondo, que es la enorme dependencia de la cadena global y, especialmente, la dependencia al alza de China en los chips *legacy*. Asimismo, la LEC solo se centra en la fase de producción. Aun si se creara un ecosistema europeo propio, éste seguiría dependiendo de países extranjeros para proveerse de materias primas, y de China en particular para el ensamblaje, prueba y montaje de los chips en los dispositivos finales. No parece entonces la mejor estrategia realizar grandes inversiones en fabricar el producto, para seguir dependiendo igualmente de China para la posproducción. Por lo tanto, la respuesta a la pregunta: ¿conseguirá la LEC reducir o eliminar esta dependencia? es, de nuevo, “no”. La LEC muy probablemente no conseguirá reducir la dependencia europea de los mercados exteriores, de hecho, la impresión es que la LEC fue diseñada para prevenir futuras crisis de suministro de microchips, pero sin tener en cuenta la complejidad de la cadena en su conjunto.

La Ley Europea de Chips fue un instrumento normativo muy esperado por el sector que, en líneas generales, ha sido bien recibido. En el capítulo anterior se incluye una lista de recomendaciones para tratar de mejorar la ley, entre las que destaca una idea principal: la de que quizás hubiera sido mejor si, en vez de especializarse sólo en un sector de la cadena de valor y en un tipo de microchip tan específico y costoso, la LEC se hubiera enfocado en la producción de los dos tipos de microchips, los *legacy*, dirigidos a cubrir las necesidades generales de la industria de consumo, y los chips de última generación, utilizados para finalidades más específicas como la IA, la computación avanzada o la industria militar.

Invertir en semiconductores de última generación, si se consigue crear una industria rentable, es una apuesta interesante, pero debería hacerse sin dejar de lado la producción de chips *legacy*, que es el segmento donde se concentran las principales vulnerabilidades europeas que la UE parece querer erradicar. En conclusión, la LEC prevé muchos cambios. Deberemos ser cautelosos y esperar un tiempo para ver cómo se materializan, pero un análisis en profundidad apunta a que, igual que sucedió con normativas anteriores, la LEC se quedará corta en sus objetivos y no conseguirá resolver una situación que, según la propia Comisión, puede ser crítica para el futuro de la Unión Europea.

6. Bibliografía

Artículos, libros y recursos digitales

ABAD QUINTANAL, Gracia, “El liberalismo en la teoría de relaciones internacionales: su presencia en la escuela española”, *Comillas Journal of International Relations*, núm. 16, 2019, pp. 57-64.

<https://doi.org/10.14422/cir.i16.y2019.004>

ARCO ESCRICHE, Inés, “How can the European Union achieve digital strategic autonomy? Views from future leaders”, *CIDOB briefings*, núm. 42, 2022.

https://www.cidob.org/en/publications/publication_series/cidob_briefings/how_can_the_european_union_achieve_digital_strategic_autonomy_views_from_future_leaders

ARNAL, Judith, GARCÍA, Emilio, y JORGE, Raquel, “Policies and tools for strengthening the European semiconductor ecosystem”, *Elcano Policy Paper*. Real Instituto Elcano, 2023.

<https://www.realinstitutoelcano.org/en/policy-paper/policies-and-tools-for-strengthening-the-european-semiconductor-ecosystem/>

BARBÉ, Esther, *Relaciones Internacionales*, 3ª ed., Editorial Tecnos, Barcelona, 2007.

BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, y LEE, Paul, “A new dawn for European chips. Europe ramps up its semiconductor industry to become more self-sufficient”, *Deloitte Insights*, 2022 [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/xs/en/insights/industry/technology/semiconductor-chip-shortage-supply-chain.html>

BLANCHARD, Ben, “Taiwan's TSMC to work in separate teams to minimise COVID-19 risk”, *Reuters*, 2021. [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.reuters.com/article/health-coronavirus-taiwan-tsmc/update-1-taiwans-tsmc-to-work-in-separate-teams-to-minimise-covid-19-risk-idUSL2N2N40M6/>

BUSINESS EXECUTIVES FOR NATIONAL SECURITY, “The Global Semiconductor Supply Chain: Key Inputs”, *Business Executives for National Security*, 2023. [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bbnc.bens.org/semiconductors---page-3-key-inputs>

CIANI, Andrea, y NARDO, Michela, “The position of the EU in the semiconductor value chain: evidence on trade, foreign acquisitions, and ownership”, *Joint Research Center Working Papers in Economics and Finance*, European Commission, Ispra, 2022, JRC129035.

<https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2022-04/JRC129035.pdf>

COMISIÓN EUROPEA, “Alliance on Processors and Semiconductor technologies”, *Comisión Europea*, 2022. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/alliance-processors-and-semiconductor-technologies>

COMISIÓN EUROPEA, “An EU approach to enhance economic security”, *Comunicado de prensa*, 2023. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_3358

COMISIÓN EUROPEA, “Commission Recommendation of 03 October 2023 on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment with Member States”, *Comisión Europea*, C (2023) 6689 final, 2023. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/commission-recommendation-03-october-2023-critical-technology-areas-eus-economic-security-further_en

COMISIÓN EUROPEA, “Commission recommends carrying out risk assessments on four critical technology areas: advanced semiconductors, artificial intelligence, quantum, biotechnologies”, *Comunicado de prensa*, 2023. [consulta 12 de abril de 2024]. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_4735

COMISIÓN EUROPEA, “Ley europea de Chips”, *Infograma*, 2022. [consulta 12 de abril de 2024]. Disponible en: <https://data.europa.eu/doi/10.2759/056883>

COMISIÓN EUROPEA, “European Chips Act”, *Comisión Europea*, 2023. [consulta 2 de mayo de 2024]. Disponible en: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA, “El papel de la UE en el comercio mundial”, *Infograma*, 2021. [consulta 2 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.consilium.europa.eu/es/infographics/the-eu-s-role-in-global-trade/>

CRISTETO, Begoña, “La crisis de los semiconductores en el sector automoción”, *KPMG Tendencias*, 2021. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.tendencias.kpmg.es/2021/09/crisis-semiconductores-sector-automocion>

DE LEÓN BARRIOS, Víctor Hugo, “Neurotecnología: el futuro”, *Revista académica CUNZAC*, vol. 5, núm. 2, 2022, pp. 107-113. <https://doi.org/10.46780/cunzac.v5i2.77>

DEUTSCHE WELLE NEWS, “EU planning billions in subsidies for semiconductors”, *video de Youtube*, 2023 [consulta 13 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=ytFzUZXU188>

EJDYS, Joanna, y SZPILKO, Danuta, “How to ensure the resilience of semiconductor supply chains in the European Union?”, *Polish Journal of Management Studies*, vol. 28, núm. 1, 2023, pp. 101-122. <https://pjms.zim.pcz.pl/resources/html/article/details?id=617116>

FAIRLIE REINOSO, Alan, y QUEIJA DE LA SOTTA, Sandra, *Relaciones Económicas Perú-Chile: Integración o Conflicto?*, 1ª ed., Centro de Investigaciones Sociológicas, Económicas, Políticas y Antropológicas (CISEPA). Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, 2007.

FIGURA, Jannis, “An assessment of the European microchip industry and its expansion strategy”, *Quarterly Journal by Beyond the Horizon ISSG*. Horizon Insights, vol. 6, núm. 1, 2023, pp. 1-8.

https://behorizon.org/wp-content/uploads/2023/11/Horizon-Insights_2023_1.pdf

GARCÍA-HERRERO, Alicia, “La bifurcación tecnológica”, *Política Exterior*, 2023. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.politicaexterior.com/la-bifurcacion-tecnologica/>

GARCÍA HERRERO, Alicia, “Reconfiguración de las cadenas globales de valor: rivalidad Estados Unidos-China y rol de la UE”, *Revista CIDOB d’Afers Internacionals*, núm. 134, 2023, pp. 51-73.

<https://doi.org/10.24241/rcai.2023.134.2.51>

GARCÍA HERRERO, Alicia, y TAN, Junyu, “Competencia estratégica EEUU-China: del comercio a la tecnología”, en FÀBREGUES, Francesc, y FARRÉS, Oriol, (coords.), *Anuario internacional CIDOB 2021*, 2021, pp. 117-121.

[https://www.cidob.org/ca/articulos/anuario_internacional_cidob/2021/competencia_estrategica_eeuu_china_del_comercio_a_la_tecnologia/\(language\)/esl-ES](https://www.cidob.org/ca/articulos/anuario_internacional_cidob/2021/competencia_estrategica_eeuu_china_del_comercio_a_la_tecnologia/(language)/esl-ES)

GARCÍA RECHE, Natalia, *Microchips y terapias personalizadas* (Trabajo de fin de grado), Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, 2017.

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NATALIA%20GARCIA%20RECHE.pdf>

GRIMES, Seamus, y DU, Debin, “China’s emerging role in the global semiconductor value chain”, *Telecommunications Policy*, vol. 46, núm. 2, 2022, pp. 1-14.

<https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101959>

HANCKÉ, Bob, y GARCIA CALVO, Angela, “Mister Chips goes to Brussels: On the Pros and Cons of a Semiconductor Policy in the EU”, *Global Policy*, vol. 13, núm. 4, 2022, pp. 585-593.

<https://doi.org/10.1111/1758-5899.13096>

HAUTALA, Heidi, “Informe sobre la reestructuración industrial y la deslocalización en la Unión Europea”, Parlamento Europeo, Informe A4-0335/1996, 1996. [consulta 2 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-4-1996-0335_ES.html?redirect

HOLSTI, Kalevi J., *The Dividing Discipline: Hegemony and Diversity in International Theory*, 1ª ed., Allen & Unwin, Boston, 1985.

<https://archive.org/details/dividingdiscipli0000hols/page/n5/mode/2up>

JENKINS, Tudor, “A Brief History of... Semiconductors”, *Physics Education*, vol. 40, núm. 5, 2005, pp. 430-439.

<https://doi.org/10.1088/0031-9120/40/5/002>

JIMÉNEZ, Marimar, “La escasez de chips seguirá golpeando a diferentes industrias hasta bien entrado 2022”, *CincoDías*, 2021. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/03/28/companias/1616933296_084339.html

JONES, Scott, LANMAN, Chris, y SIGNORINO, Irene, “Surviving the silicon storm. Why the automotive industry is the hardest hit and how automakers –and other chip buyers– can prepare for future semiconductor shortages”, *KPMG*, 2021 [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pl/pdf/2021/10/pl-Raport-KPMG-pt-Surviving-the-silicon-storm.pdf>

KLEINHANS, Jan-Peter, y HESS, Julia, “Governments’ role in the global semiconductor value chain #3. Analysis of the EU Chips Act: The Crisis Response Toolbox”, *Policy Brief*, Stiftung Neue Verantwortung, 2022. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.stiftung-nv.de/en/publication/eca-toolbox>

KPMG, “Ukraine-Russia sector considerations: Semiconductor industry”, *KPMG*, 2023. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2022/08/semiconductor-considerations.html>

LEE, Yen Nee, “2 charts show how much the world depends on Taiwan for semiconductors”, *CNBC*, 2021 [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.cnbc.com/2021/03/16/2-charts-show-how-much-the-world-depends-on-taiwan-for-semiconductors.html>

LIN, Christina, “Taiwan’s Kaohsiung: a game of diversification in the Indo-Pacific chip supply chain”, *NATO Defense College Foundation*, 2022 [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.natofoundation.org/food/taiwans-kaohsiung-a-game-of-diversification-in-the-indo-pacific-chip-supply-chain/>

MARÍN, José Luis, “Los principales fabricantes de microchips del mundo”, *El Orden Mundial*, 2023. [consulta 2 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/principales-fabricantes-microchips-mundo/>

MARTIN, Nik, “Tech war: China could face US, EU curbs over legacy chips”, *Deutsche Welle*, 2024. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.dw.com/en/tech-war-china-could-face-us-eu-curbs-over-legacy-chips/a-68735425>

MASCHEK, Wolfgang A., KIRK, Matthew, SERENTSCHY, Georg, LIBERATORE, Francesco, ECONOMIDES, Christina, y ZUCCARELLO CIMINO, Francesca, “The European Chips Act: Reducing Europe’s Dependence on Third-country Semiconductors?”, *SQUIRE Patton Boggs*, 2022 <https://www.squirepattonboggs.com/en/insights/publications/2022/02/the-european-chips-act-reducing-europes-dependence-on-third-country-semiconductors>

MILLER, Chris, *La Guerra de los Chips. La gran lucha por el dominio mundial*, 2ª ed., Edicions 62, Barcelona, 2023.

MOROZOV, Evgeny, “Geopolítica de los chips. Los semiconductores en el centro de una batalla mundial”, *Le Monde Diplomatique (edición Cono Sur)*, núm. 266, 2021. <https://www.lemondediplomatique.cl/2021/08/geopolitica-de-los-chips.html>
<https://es.scribd.com/document/523558109/Geopolitica-de-los-chips-El-Diplo>

MORRISON, Simon, “Semiconductor materials: What is silicon?” *Power & Beyond. The platform for power electronics*, 2022. [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.power-and-beyond.com/semiconductor-materials-what-is-silicon-a-ba604a23f39215d0c410a14e5f071121/>

MURILLO, Álvaro, “Costa Rica saca ventaja en la ‘guerra de los chips’ entre EE UU y China”, *El País, América/Futura*, 2022. [Consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://elpais.com/america-futura/2022-10-10/costa-rica-saca-ventaja-en-la-guerra-de-los-chips-entre-ee-uu-y-china.html>

NOVE TEAM, “Analysis: The EU Chips Act”, 2022. <https://nove.eu/wp-content/uploads/2022/02/NOVE-Analysis-of-the-EU-Chips-Act-February-2022.pdf>
<https://nove.eu/news/882/>

NYE, Joseph S., y KEOHANE, Robert O., “Transnational Relations and World Politics: An Introduction”, *International Organization*, vol. 25, núm. 3, 1971, pp. 329-349. <https://www.jstor.org/stable/2706043>

PARK, Do-Joon, y LIU, Shuzhi, “A Study on the Economic Effects of U.S. Export Controls on Semiconductors to China”, *Journal of International Trade & Commerce*, vol. 19, núm. 1, 2023, pp. 129-142. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4391187

POITIERS, Niclas, y WEIL, Pauline, “Fishing for Chips: Assessing the EU Chips Act”, *Briefings de l'IFRI*, Institut Français des Relations Internationales (IFRI), 2022. https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/poitiers_weil_eu_chips_act_2022.pdf

POITIERS, Niclas, y WEIL, Pauline, “Is the EU Chips Act the right approach?”, *Bruegel*, 2022 [consulta 15 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.bruegel.org/blog-post/eu-chips-act-right-approach>

POLACHEK, Solomon W., “Conflict and Trade”. *Journal of Conflict Resolution*, vol. 24, núm. 1, pp. 55-78, 1980. <https://doi.org/10.1177/002200278002400103>

RAMÓN RALLO, Juan, *Liberalismo. Los 10 principios básicos del orden político liberal*, 1ª ed., Editorial Planeta, Barcelona, 2019.

SHIVAKUMAR, Sujai, y WESSNER, Charles, “The Strategic Importance of Legacy Chips”, *Center for Strategic and International Studies*, 2023. [consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.csis.org/analysis/strategic-importance-legacy-chips>

SLKOR MICRON SEMICON, “Russian Chip Plan: Mass Production of 28nm Chips by 2027 and 14nm Chips by 2030”, *Medium*, 2023. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://slkor.medium.com/russian-chip-plan-mass-production-of-28nm-chips-by-2027-and-14nm-chips-by-2030-f759731cf79d>

STATISTA RESEARCH DEPARTMENT, “Major countries in silicon production worldwide in 2022”, *Statista*, 2023. [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/268108/world-silicon-production-by-country/>

THE INVESTOPEDIA TEAM, “The Main Types of Chips Produced by Semiconductor Companies”, *Investopedia*, 2022 [consulta 19 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.investopedia.com/ask/answers/042115/what-are-main-types-chips-produced-semiconductor-companies.asp#:~:text=When%20looked%20at%20according%20to,digital%2C%20ana log%2C%20and%20mixed>

URUSOV, Pavel, “Vital Microchip Sanctions Will Hit Russian Computing Power Hard”, *Carnegie Politika*, Carnegie Endowment for International Peace, 2023. [consulta 4 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://carnegieendowment.org/politika/90250>

URQUILLA CASTANEDA, Alicia, “El impacto de los implantes de los microchips en los Estados Unidos. ¿Esclavitud o beneficio?”, *Realidad y Reflexión*, núm. 47, 2018, pp. 108-121.
<https://doi.org/10.5377/ryr.v0i47.6280>

VILLOSLADA, Joan, y SAZ-CARRANZA, Ángel, “The European Chips Act: Europe’s Quest for Semiconductor Autonomy”, *EsadeGeo Policy Note*, EsadeGeo-Center for Global Economy, Esade Ramon Llull University, 2023.
https://www.esade.edu/itemsweb/wi/esadegeo/Chips_Act_ESADE.pdf

YANG, Zeyi, “What’s next for the chip industry”, *MIT Technology Review*, Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2023. [Consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.technologyreview.com/2023/01/03/1065959/whats-next-chip-industry-2023/>

ZIOLLA MENEZES, Fabiane, “Brazil plans to join the global semiconductor chain. Well, sort of”, *The Brazilian Report*, 2024. [Consulta 15 de abril de 2024]. Disponible en: <https://brazilian.report/tech/2024/02/09/semiconductor-production-chain/>

Legislación

UNIÓN EUROPEA, Reglamento (UE) núm. 2023/1781 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de septiembre de 2023, por el que se establece un marco de medidas para reforzar el ecosistema europeo de semiconductores y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2021/694 (Reglamento de chips).

7. Anexos

Anexo 1. La cadena de valor global de los semiconductores.

La cadena valor:

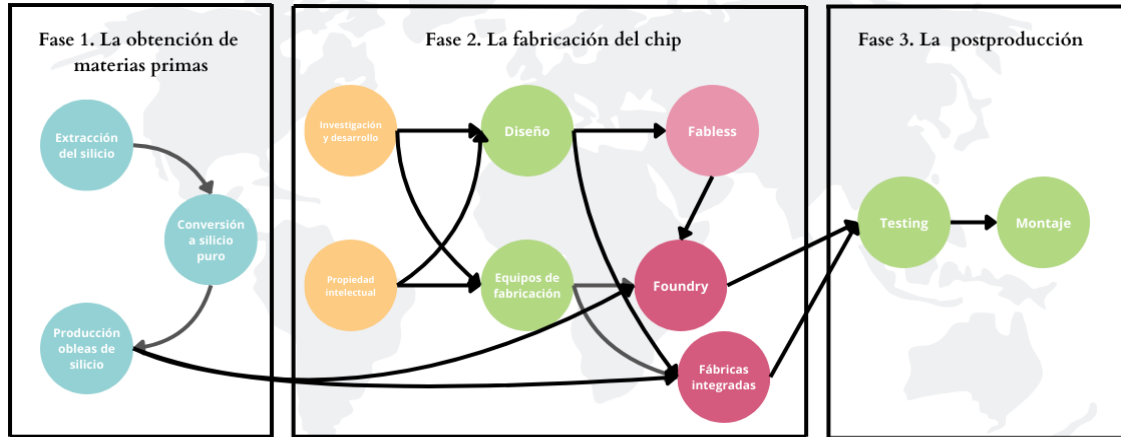
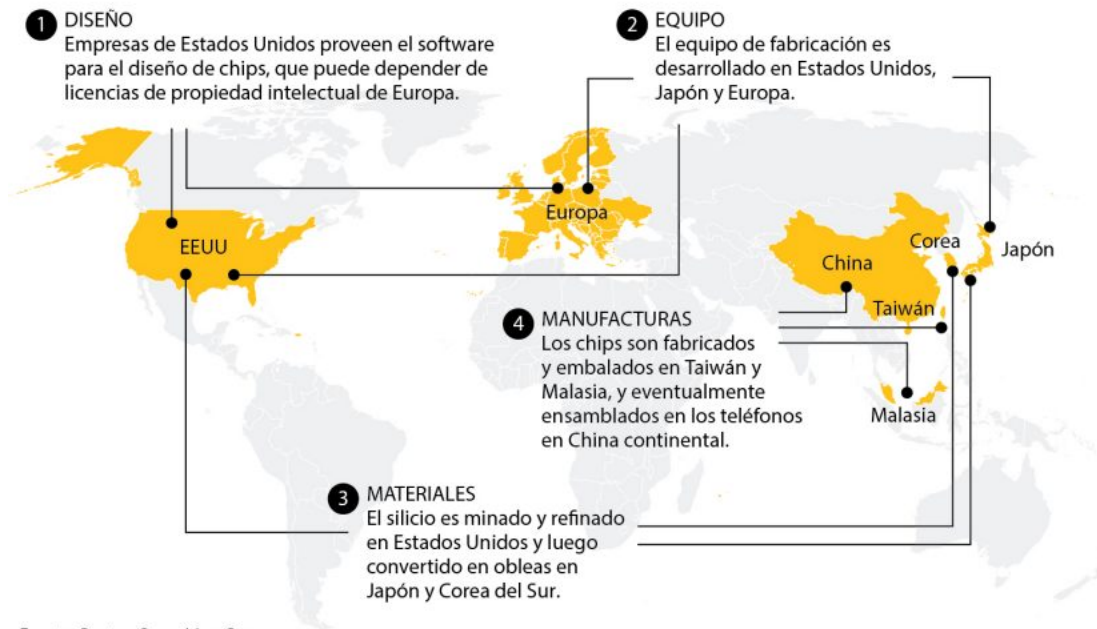


Gráfico 1. La distribución de la cadena de valor dividida en tres fases con los procesos que componen cada una de ellas. Fuente: elaboración propia.

La cadena global de suministro del procesador de un teléfono

La producción de semiconductores involucra cientos de materiales y procesos, con partes de la cadena de suministro diseminadas a lo largo del mundo.



Fuente: Boston Consulting Group

C. Canipe 12/04/2021

REUTERS

Gráfico 2. La cadena global de suministro del procesador de un teléfono¹⁷⁰.

¹⁷⁰ LIN, Christina, "Taiwan's Kaohsiung: a game of diversification in the Indo-Pacific chip supply chain", *NATO Defense College Foundation*, 2022 [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.natofoundation.org/food/taiwans-kaohsiung-a-game-of-diversification-in-the-indo-pacific-chip-supply-chain/>

Anexo 2. Tablas comparativas sobre el volumen de la cadena de producción global de semiconductores¹⁷¹

| Empresa | Localización de su sede | Ingresos (en miles de millones de dólares) | Porcentaje de cuota de mercado |
|----------------|--------------------------------|---|---------------------------------------|
| Samsung | Corea del Sur | 74,6 | 15,51 |
| Intel | EEUU | 70,8 | 14,72 |
| Toshiba | Japón | 38,7 | 8,05 |
| SK Hynix | Corea del Sur | 35,3 | 7,34 |
| TSMC | Taiwán | 32,4 | 6,74 |
| Micron | EEUU | 30,4 | 6,32 |
| Qualcomn | EEUU | 22,7 | 4,72 |
| Broadcom | EEUU | 20,8 | 4,32 |
| Texas Inst | EEUU | 15,7 | 3,26 |
| NXP | Países Bajos | 9,4 | 1,95 |
| Top 10 | – | 350,8 | 72,9 |
| Total | – | 481 | 100 |

Tabla 3. Tabla de ingresos y porcentaje de participación en el mercado de las diez principales empresas en la industria de los semiconductores en 2018.

| Sector | Ingresos (en miles de millones de dólares) | Porcentaje de cuota de mercado |
|--|---|---------------------------------------|
| Sistema de diseño y manufacturación integrados | 232 | 51,7 |
| Equipamiento | 37 | 8,2 |
| <i>Fabless</i> | 103 | 22,9 |
| <i>Foundry</i> | 50 | 11,1 |
| Subcontratas de montaje y prueba | 27 | 6,0 |
| Total | 449 | 100 |

Tabla 4. Tabla de ingresos y porcentaje de participación en el mercado de los diferentes procesos que integran la cadena de valor de la industria de los semiconductores en 2018.

| | EEUU | Corea del Sur | Japón | Europa | Taiwán | China | Singapur | Otras |
|---|-------------|----------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|-----------------|--------------|
| Sistema de diseño y manufacturación integrados | 51 | 28 | 11 | 7 | 2 | – | – | 1 |
| <i>Fabless</i> | 62 | – | 1 | 2 | 18 | 10 | – | 7 |
| <i>Foundry</i> | 10 | 6 | 2 | – | 73 | 7 | – | 2 |
| Subcontratas de montaje y prueba | 17 | – | 5 | – | 54 | 12 | 12 | – |

Tabla 5. Tabla de porcentajes del total de ingresos por cada proceso de la cadena de producción por distribución geográfica en 2018.

¹⁷¹ GRIMES, Seamus, y DU, Debin, *op. cit.*

Anexo 3. El rol de Taiwán en el sector de los semiconductores¹⁷²

Semiconductor contract manufacturers by market share
Total foundry revenue stood at \$85.13 billion in 2020

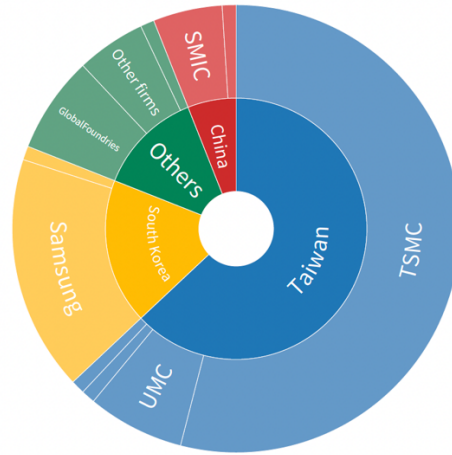


Gráfico 6. Fabricantes de semiconductores según su porcentaje de cuota de mercado.

Top semiconductor foundries by revenue

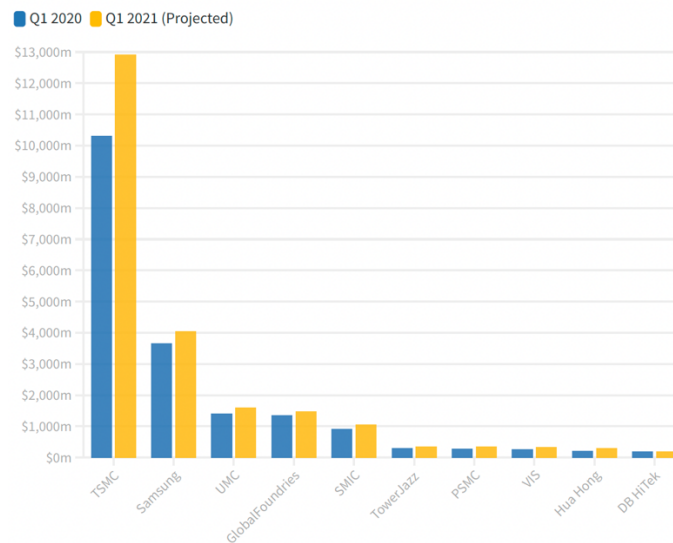


Gráfico 7. Principales *foundries* de semiconductores por nivel de ingresos.

¹⁷² LEE, Yen Nee, “2 charts show how much the world depends on Taiwan for semiconductors”, *CNBC*, 2021 [consulta 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.cnbc.com/2021/03/16/2-charts-show-how-much-the-world-depends-on-taiwan-for-semiconductors.html>

Anexo 4. El impacto de la crisis de 2020-2023 sobre el sector de los automóviles

Exhibit 1. Demand for automotive semiconductors plunged by 30 percent in spring 2020

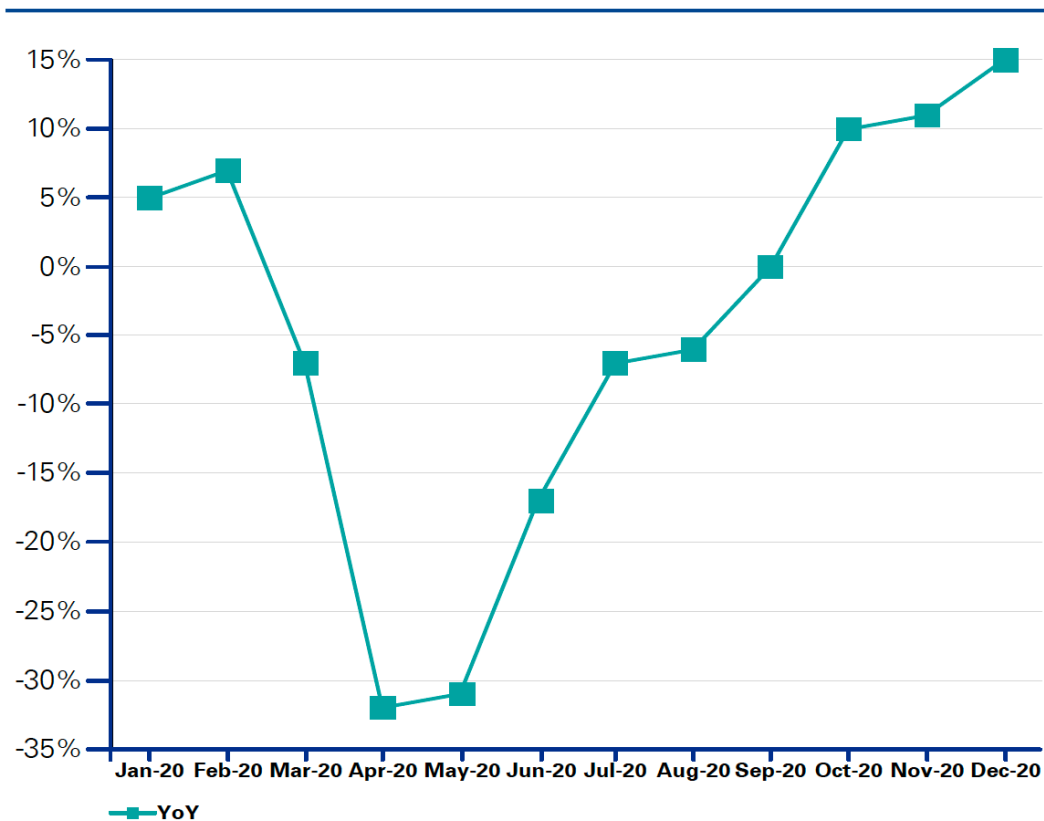


Gráfico 8. La caída de la demanda de microchips en el sector del automóvil en el verano de 2020¹⁷³.

¹⁷³ JONES, Scott, LANMAN, Chris, y SIGNORINO, Irene, *op. cit.*

Anexo 5. Clasificación de los semiconductores según el tamaño

CLASIFICACIÓN DE LOS SEMICONDUCTORES SEGÚN EL TAMAÑO

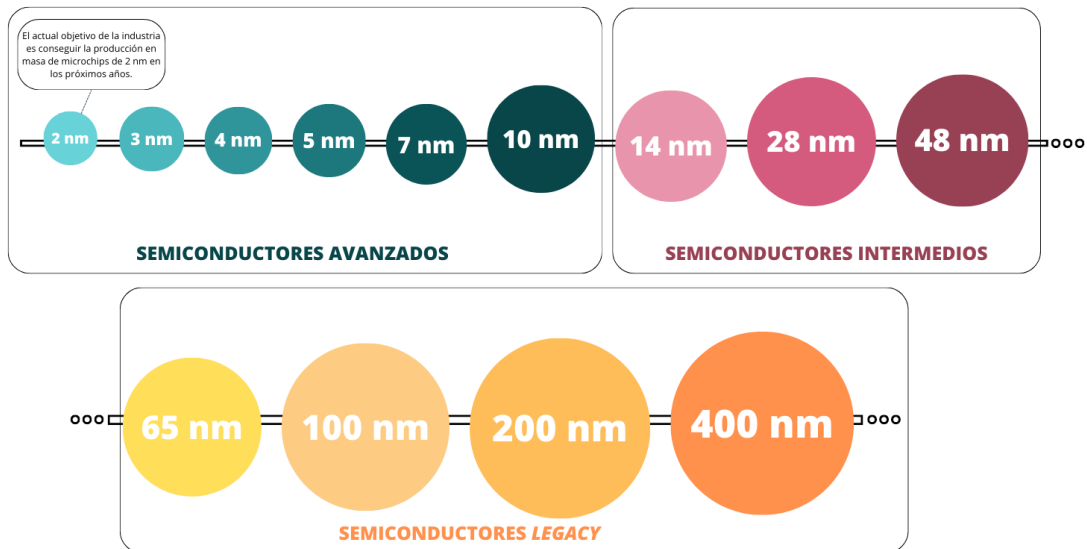


Gráfico 9. Clasificación más común de los semiconductores en el mercado según su tamaño en avanzados, intermedios y *legacy* (también llamados *trailing*). Esta clasificación puede variar ligeramente según la fuente consultada¹⁷⁴. Fuente: elaboración propia.

¹⁷⁴ Datos extraídos de BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, LEE, Paul, y BEERLAGE, Sophie, *op. cit.*

Anexo 6. La producción mundial de microchips

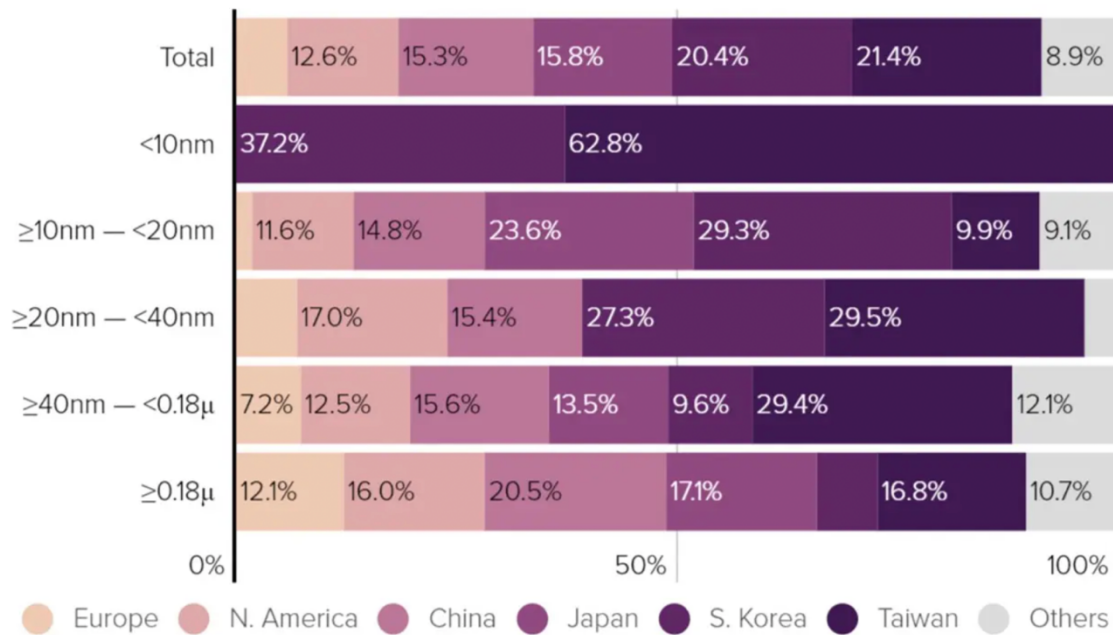


Gráfico 10. La producción mundial de microchips en 2022 según su tamaño y por países¹⁷⁵.

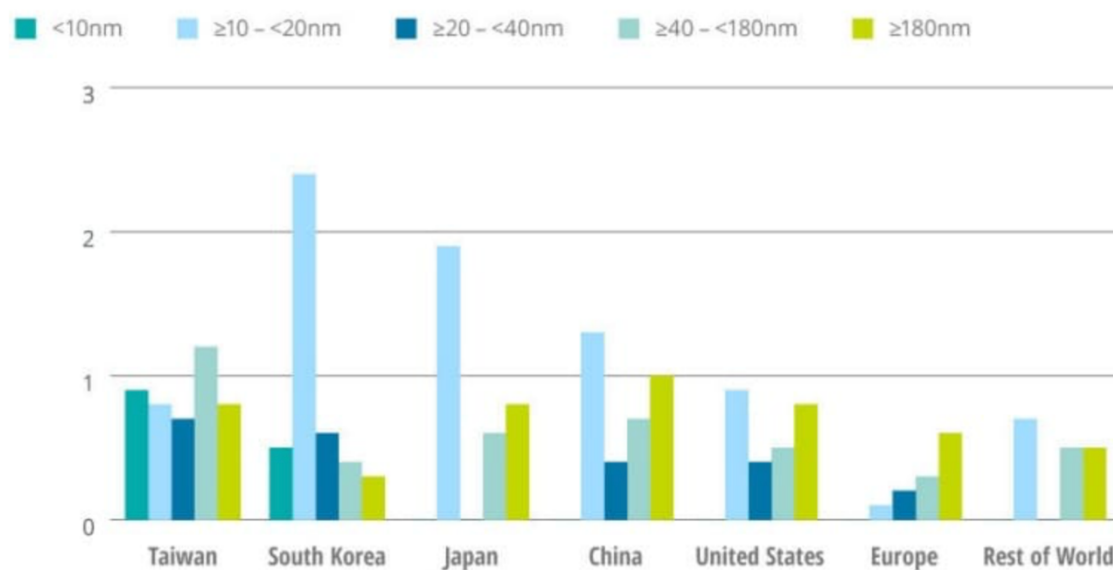


Gráfico 11. La producción mundial de microchips en 2020 según su tamaño y por países en millones de obleas por mes¹⁷⁶.

¹⁷⁵ FIGURA, Jannis, *op. cit.*

¹⁷⁶ BISH, Jordan, STEWART, Duncan, RAMACHANDRAN, Karthik, LEE, Paul, y BEERLAGE, Sophie, *op. cit.*