

La inserción de Estados Unidos y China en la cadena global de valor de semiconductores.

¿Y México?*

U.S. and China's Insertion into the Global Semiconductor Value Chain. What about Mexico?

DANITZA JIMÉNEZ CHALICO**

SAMUEL ORTIZ VELÁSQUEZ***

RESUMEN

El artículo examina el funcionamiento de la industria de semiconductores en el siglo XXI y discute diferentes instrumentos de política industrial adoptados por Estados Unidos y China para avanzar a una cadena resiliente y geográficamente próxima, ante la disputa tecnológica entre ambos países profundizada con la crisis sanitaria de 2020. Se reflexiona sobre el papel que jugará México en dicha reconfiguración. Se partió del marco analítico de las cadenas globales de valor y de desarrollos conceptuales recientes de política industrial. Se concluye que la cadena presenta predominantemente una gobernanza relacional, altas barreras a la entrada y concentración; la elevada interdependencia y especialización genera una colaboración entre empresas globales con sede en Estados Unidos y Asia. El acoplamiento estratégico en América del Norte impulsado por Estados Unidos profundizará la inserción de México en ensamble, ante la crisis de la manufactura desde 2000 y la falta de políticas industriales activas.

Palabras clave: semiconductores, cadenas globales de valor, acoplamiento estratégico, Estados Unidos, China, México.

ABSTRACT

This article examines how the twenty-first-century semiconductor industry functions and discusses different industrial policy instruments used by the United States and China to move ahead toward a resilient, geographically-close chain in the face of the technological dispute between them, deepened by the 2020 health crisis. The authors consider the role Mexico will play in this reorganization, using the analytical framework of global value chains and recent industrial policy conceptual developments. They conclude that the chain has a predominantly relational governance, high barriers for entry and concentration, and that its high interdependence and specialization generates a collaboration among global companies based in the United

* Investigación realizada gracias al Programa UNAM PAPIME PE307323 "Propuesta didáctica para la enseñanza de contenidos curriculares de la asignatura Operaciones de comercio exterior".

** Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); <danitza.chalico@gmail.com>.

*** División de Estudios Profesionales, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); <samuvelov@economia.unam.mx>.

States and Asia. The strategic coupling in North America fostered by the United States will deepen Mexico's insertion into this, given the crisis in manufacturing since 2000 and the lack of active industrial policies.

Key words: semiconductors, global value chains, strategic coupling, United States, China, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Un rasgo del proceso de segmentación internacional de la producción (sIP) es la expansión del comercio de bienes intermedios; entre 1990-2021, éstos crecieron a una tasa media anual del 8.4 por ciento. La participación relativa de los semiconductores (sc), circuitos integrados, *microchips* o *chips*, en el comercio mundial de bienes intermedios pasó del 7 por ciento en 1990, al 13.7 por ciento en 2010 y al 21 por ciento en 2021, convirtiéndose así en el producto más comercializado a nivel mundial por encima del petróleo y los automóviles (Banco Mundial, 2023). El impulso del comercio de sc es resultado del avance de la digitalización, el cual se basa principalmente en las tecnologías modernas (Internet de las cosas, inteligencia artificial, automatización, nanotecnología, red 5G, entre otras); asimismo, se aceleró con la crisis sanitaria de 2020.

En efecto, la sIP y el desabasto de sc por la pandemia de COVID-19 revelaron las vulnerabilidades en las cadenas globales de suministro, incluida la de sc. Resalta que la participación relativa de Estados Unidos en la manufactura global de sc se redujo del 37 por ciento en 1990 al 12 por ciento en 2021 (White House, 2021; Capri, 2021a), mientras China está realizando altos montos de inversión en la cadena de sc para tener mayor presencia, dada la importancia de los semiconductores en múltiples cadenas de valor. Por ello, los sc están en el centro de la competencia tecnológica entre China y Estados Unidos, donde este último no está dispuesto a ceder su hegemonía tecnológica (Rosales, 2020).

Por tal motivo, se han reforzado las tendencias a la regionalización o deslocalización cercana (*nearshoring*) y planteado que la intervención del Estado es la vía para ganar la competencia tecnológica (White House, 2021; Capri, 2021a). Destaca el recientemente aprobado paquete *Chips-Plus* en Estados Unidos y particularmente la Ley de creación de incentivos útiles para producir semiconductores para Estados Unidos (Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors, *CHIPS and Science Act of 2022*) que asigna más de 52 700 millones de dólares (mdd) durante cinco años en incentivos para desarrollar la manufactura de sc en Estados Unidos, y en respuesta a la expansión de la industria de sc en Asia.

En tal contexto, el artículo presenta un análisis puntual del funcionamiento de la industria mundial de *sc* en el siglo *xxi* desde un enfoque de cadenas globales de valor, con énfasis en segmentos, estilos de gobernanza, empresas, países y captura de valor. Identifica dos actores clave: Estados Unidos y China, e incorpora diversos instrumentos de política industrial usados en ambos países con el objetivo de generar una cadena más corta y resiliente. Asimismo, identifica el tipo especial de inserción comercial que presenta México en la cadena y sus opciones de *upgrading*.¹

El documento se estructura en cinco secciones, incluida la introducción. La sección dos ofrece una discusión actualizada del marco analítico de las cadenas globales de valor y su relación con la política industrial, recuperando los aportes más recientes de Gereffi (2014; 2020) y la geografía económica a partir de los trabajos de Coe y Yeung (2019). Con base en el marco analítico, en la sección tres se examina el funcionamiento de la industria global de *sc*, con énfasis en segmentos, gobernanza, países, empresas y captura de valor.

La estadística reportada se basa en diversas publicaciones de organismos especializados, por ejemplo: la Asociación de la Industria de Semiconductores (Semiconductor Industry Association, *sia*), *IC Insights*, Boston Consulting Group, el Centro de Seguridad y Tecnología Emergente (*cset*), el Comité Nacional de Ciencias de Estados Unidos (National Science Board, *nsb*) y la Fundación Hinrich.² Por otro lado, debido a que México tiene una participación marginal en la manufactura de *sc*, la información se aproxima con datos gruesos de la Secretaría de Economía, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (*inegi*) y el Banco Interamericano de Desarrollo. La sección cuatro ofrece un recuento de diferentes instrumentos de política industrial en Estados Unidos y China para el impulso de la industria de *sc*; se enfatiza que Estados Unidos busca un autoabasto regional y por ello se acopla estratégicamente con América del Norte; en la sección se identifica el tipo especial de inserción del segmento de *sc* que opera en México y sus opciones de escalamiento. La última sección presenta las conclusiones.

¹ En la segunda Reunión Anual del Diálogo Económico de Alto Nivel México-Estados Unidos (*dean*) de 2022 se acordó trabajar en un programa piloto para determinar la viabilidad de acercar los centros de producción de insumos de *sc* para reducir riesgos de futuras interrupciones en las cadenas de suministro (*se*, 2022b).

² Todos los organismos parten de la base de datos privada de la Organización Mundial de Estadísticas Comerciales de Semiconductores (*World Semiconductor Trade Statistics, wsts*). La base de datos es la única fuente de datos disponible de la industria de *sc* con registro histórico de los últimos cuarenta años para todas las regiones del mundo. Los datos se recopilan por la información que brindan las empresas de *sc*.

LA PRODUCCIÓN INTERNACIONAL ABORDADA A TRAVÉS DEL ENFOQUE CADENAS DE VALOR

Motivados por la rentabilidad, desde la década de los ochenta del siglo xx las principales empresas transnacionales (ETN) con sede en Estados Unidos y Europa inician de forma exitosa con la fragmentación espacial de la producción internacional. El proceso fue facilitado por diversos avances tecnológicos —por ejemplo, la caída de los costos de transporte, el desarrollo de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)— y la creciente apertura para el comercio y las inversiones en los países, lo que dio origen a la aparición de complejas redes de producción con múltiples empresas y territorios interconectados, donde la empresa del centro controla la información principal. La fragmentación ha incidido en la dinámica productiva de los territorios, pues los empuja a competir por segmentos específicos y apropiación de valor.

Como señala Garrido (2022), el fenómeno de la producción internacional fragmentada ha sido examinado con cargo a los conceptos de cadena y red: cadena global de valor (GVC, *global value chain*), cadena global de producción (GCC, *global commodity chain*), cadena global de suministro (GSC, *global supply chains*) y red global de producción (GPN, *global production network*). Al respecto, el marco analítico de las GVC desarrollado por Gereffi en la década de los noventa involucra varios rasgos relevantes (Gereffi, 2020):

1. **Gobernanza.** El concepto hace referencia a la manera mediante la cual las empresas líderes ejercen el poder corporativo para distribuir los beneficios y riesgos en una industria (Gereffi, 2014). La literatura inicial contrastó la gobernanza que opera en cadenas “impulsadas por el productor” y las “impulsadas por el comprador”. En la década de 2000 se introdujo una nueva tipología con cinco estilos de gobernanza (Gereffi *et al.*, 2005); en los puntos extremos incluye jerarquías (o integración vertical a través de inversión extranjera directa) y mercados competitivos, junto con otras tres gobernabilidades (modular, relacional y cautiva), cada una con niveles variados de coordinación explícita clientes-proveedor. En la gobernanza relacional las elevadas competencias de los proveedores impulsan el *outsourcing* para obtener competencias complementarias y los vínculos se basan en confianza o cercanía geográfica. La cadena requiere altos niveles de coordinación, por lo que el equilibrio de poder es más simétrico.
2. Las cadenas globales de suministro tienen divisiones del trabajo especializadas y su geografía puede cambiar con el tiempo.

3. El valor se distribuye de manera desigual, por ejemplo, las actividades de alto valor se ubican predominantemente en componentes especializados, en preproducción (investigación más desarrollo, diseño) y postproducción (servicios postventa).
4. El *upgrading* hace referencia a la capacidad para avanzar a segmentos que permitan una mayor captura de valor. La política industrial es fundamental para elevar la endogeneidad territorial (Dussel Peters, 2003), *per se* la inserción en las cadenas de valor no garantiza el aprendizaje, ni origina encadenamientos que permitan elevar el valor agregado. En un artículo reciente, Chang y Andreoni (2020) abogan por una nueva teoría de la política industrial que incorpore dos temas poco abordados: la empresa (por ejemplo, los compromisos bajo incertidumbre y los procesos de aprendizaje) y el papel de Estado en la gestión de la macroeconomía y en el manejo de los conflictos resultantes de la política industrial. La nueva teoría debe incorporar tres cambios recientes en la realidad económica: las cadenas globales de valor, la financiarización y el “nuevo imperialismo”, en la medida en que reducen el margen de acción de la política industrial. Es decir, para nuestros autores la política industrial debe ser abordada desde una perspectiva multinivel (o sistémica) y glocal.
5. El enfoque invita a reflexionar cómo una transición de una clasificación sectorial del sistema de cuentas nacionales, a una basada en procesos y segmentos, puede permitir a los gobiernos enfocarse en el desarrollo de dominios de capacidad (por ejemplo, procesamiento de alimentos, materiales avanzados, mecánica y sistemas de control, TIC), en lugar de industrias particulares definidas en términos del producto final (Chang y Andreoni, 2020).
6. Las políticas estatales pueden ejercer presiones contradictorias sobre las empresas líderes y los proveedores en las cadenas de valor (Gereffi, 2020).

Vinculado con el último ítem, a partir de 2008 varios indicadores de la globalización económica retrocedieron (UNCTAD, 2022), dando lugar a nuevas tendencias conocidas en la literatura como *nearshoring*, *reshoring* y *onshoring*, frente al *offshoring*. En efecto, la inversión extranjera directa (IED) y su dispersión geográfica cayeron a una tasa media anual del 0.5 por ciento y el 3 por ciento respectivamente; entre tanto, el comercio de mercancías como parte del producto retrocedió al 0.7 por ciento (véase el cuadro 1). Durante el periodo 1990-2008, las políticas de liberalización y de crecimiento orientado por las exportaciones, los avances tecnológicos y factores diferenciales de costos funcionaron como facilitadores del *offshoring* y el *outsourcing*, todo lo cual impactó favorablemente en los indicadores de la globalización económica y en la rentabilidad de la IED. Desde 2008, la caída de la tasa de rentabilidad de la IED, el

auge de las economías asiáticas (en particular China), el aumento del proteccionismo económico, las tensiones comerciales y tecnológicas Estados Unidos-China, las tecnologías digitales que favorecen formas de producción internacional con activos ligeros; explican la desaceleración de los indicadores de la producción internacional fragmentada y la emergencia del *nearshoring*, *reshoring* y *onshoring* (Garrido, 2022; UNCTAD, 2022). Dichos procesos se aceleraron con la interrupción y lenta recuperación de las cadenas de suministro en el mundo por la COVID-19 y la invasión de Rusia a Ucrania.

En el contexto de América del Norte, el proceso es promovido por empresas y gobierno en Estados Unidos, lo que se ha manifestado en un crecimiento acumulado del 73.2 por ciento en el coeficiente de entrada a salida del *stock* de IED durante el periodo 2008-2021, frente a un fuerte descenso del indicador en China (-61.1 por ciento), Corea del Sur (-50.6 por ciento) y Alemania (-30.8 por ciento) (UNCTAD, 2022). Estados Unidos pasó de ser un emisor neto de IED a un receptor neto; su participación relativa en el *stock* mundial de IED entrante se elevó de un 16.49 por ciento al 29.97 por ciento entre 2008-2021, mientras que China se convirtió en un emisor neto de IED: su participación relativa en el *stock* mundial de IED saliente pasó del 6.11 por ciento al 11.16 por ciento respectivamente (UNCTAD, 2022).

Las tendencias descritas han generado nuevas discusiones en torno a la producción internacional. Desde un enfoque basado en la geografía económica Coe y Yeung (2019) proponen el marco analítico GPN 2.0 para mejorar la capacidad de identificar la causalidad en la explicación de los vínculos entre las configuraciones de las GPN y el desarrollo territorial desigual.

Al respecto el concepto de acoplamiento estratégico (*strategic coupling*) permite delimitar las diferentes formas en que las economías regionales y nacionales se cruzan con las GPN; el concepto es útil para mostrar cómo el desarrollo regional puede ser impulsado por la conexión juiciosa de las economías regionales a las GPN. Es un concepto dinámico que puede significar procesos de acoplamiento, desacoplamiento y reacoplamiento, y que no siempre concibe el acoplamiento en términos positivos (Coe y Yeung, 2019). En el contexto de América del Norte, Garrido (2022) sostiene que, a partir del impulso a la regionalización en Estados Unidos, la vecindad geográfica de México con Estados Unidos es un factor que está generando un acoplamiento estratégico entre ambos países; al respecto, la industria de SC es un ejemplo de acoplamiento estratégico en la región de América del Norte.

Cuadro 1
INDICADORES DE LA PRODUCCIÓN INTERNACIONAL (1990-2021)

| | 1990 | 2000 | 2007 | 2008 | 2010 | 2019 | 2020 | 2021 | 1990-2000 | 2000-2007 | 2008-2021 |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----------|-----------|-----------|
| | (Valores) | | | | | | | | | | |
| | (Tasa de crecimiento media anual) | | | | | | | | | | |
| Inversión extranjera directa (IED) a/ | 205 | 1 356 | 1 891 | 1 697 | 1 365 | 1 540 | 999 | 1 582 | 20.8 | 4.9 | -0.5 |
| Tasa de rentabilidad de la IED (%) b/ | 3.7 | 4.7 | 6.8 | 7.3 | 7.1 | 5.4 | 4.7 | 4.9 | 2.4 | 5.4 | -3.0 |
| Dispersión geográfica de la IED c/ | 22 | 30 | 36 | 40 | 38 | 32 | 31 | 30 | 3.2 | 2.6 | -2.2 |
| Comercio de mercaderías (% del PIB) | 30.0 | 38.8 | 48.6 | 51.1 | 46.3 | 44.0 | 42.0 | 46.8 | 2.6 | 3.3 | -0.7 |
| Valor agregado extranjero (%) d/ | 23.8 | 26.5 | 29.9 | 30.5 | 29.6 | 28.3 | nd | nd | 1.1 | 1.8 | -0.8 |
| Regalías y licencias a/ | 31 | 89 | 152 | 177 | 230 | 391 | 394 | 471 | 11.1 | 7.9 | 7.8 |
| Inversión bruta (% del PIB) | 26.0 | 24.3 | 25.3 | 25.3 | 24.4 | 26.5 | 26.4 | 26.9 | -0.7 | 0.5 | 0.5 |
| PIB e/ | 100 | 134 | 171 | 175 | 180 | 236 | 228 | 242 | 3.0 | 3.5 | 2.5 |

a/ Billones de dólares;

b/ renta de la IED a stock de IED;

c/ número de países que en conjunto representan el 90 por ciento del stock de IED;

d/ en porcentaje de las exportaciones brutas, la tasa de crecimiento abarca el periodo 2008-2018;

e/ índice 1990=100, cifras originales expresadas en millones de dólares constantes de 2010.

Fuente: Elaboración propia con base en UNCTAD (2022) y Banco Mundial (2023).

CARACTERÍSTICAS DE LA CADENA DE VALOR DE SEMICONDUCTORES

Principales segmentos y procesos

La cadena de SC se compone de cuatro procesos típicos: investigación más desarrollo (I+D), diseño, manufactura, ensamblaje, prueba y embalaje (*outsourced semiconductor assembly and test*, OSAT) (Khan *et al.*, 2021; Capri, 2020; Baisakova y Kleinhans, 2020). En 2019, la generación de valor agregado de la cadena global fue de 290 000 mdd; a su vez, se destinaron 92 000 mdd a I+D y el gasto en capital ascendió a 108 000 mdd. Las compañías de SC son de las que más recursos destinan a I+D (el 22 por ciento) y gasto en capital (el 26 por ciento), como porcentaje de sus ventas mundiales (Varas *et al.*, 2021).

1. *Investigación más desarrollo*. Es una etapa de alta colaboración entre gobierno, empresas y universidades para incidir en el avance tecnológico de otros segmentos, a través (por ejemplo) del financiamiento de proyectos de investigación. Se calcula que entre un 15 y un 20 por ciento del gasto en I+D de la cadena global se realiza en esta fase (Varas *et al.*, 2021).
2. *Diseño*. Esta etapa es intensiva en capital y conocimiento por la complejidad del manejo de *software* de diseño (*electronic design automation*, EDA) y la adquisición de licencias de propiedad intelectual (PI). Por ejemplo, en 2020 el diseño de un SC de 5 nanómetros (nm) superó los 540 mdd (Baisakova y Kleinhans, 2020). El diseño participa con el 53 por ciento del gasto en I+D de la cadena global y las empresas suelen destinar a I+D entre un 12 y un 20 por ciento de sus ingresos anuales. Esta fase añade el 50 por ciento del valor de un SC (Varas *et al.*, 2021) y tiene presencia principalmente en cuatro países; ello se refleja en la participación relativa en generación de valor agregado en 2021: Estados Unidos con una participación relativa del 49 por ciento, Corea del Sur con el 20 por ciento, Japón con un 9 por ciento y Europa con un 8 por ciento. En su interior, el subsegmento EDA y PI representa el 4 por ciento del valor de un SC y está altamente concentrado; por ejemplo, en 2021 Estados Unidos y Europa participan con el 72 por ciento y el 20 por ciento respectivamente del valor agregado generado en el subsegmento (SIA, 2022).
3. *Manufactura*. Esta etapa recibe el diseño del SC para convertirlo en algo tangible y el proceso dura entre tres y cinco meses (Varas *et al.*, 2021). Los principales elementos para la manufactura son obleas de silicio, materiales químicos para la fotoprotección de las obleas y equipo de manufactura (*semiconductor manufacturing equipment*, SME) como deposición, grabado y fotolitografía

(Khan *et al.*, 2021). A grandes rasgos, en esta etapa se prepara la oblea para ser cortada en cubos durante la fase siguiente denominada OSAT.

Debido a la complejidad del proceso, la manufactura requiere altos montos de capital fijo (Varas *et al.*, 2021); tan sólo la inversión física en el segmento representa el 64 por ciento de toda la cadena y las fábricas operan con un coeficiente de inversión (relación inversión fija a ingresos anuales) que fluctúa entre un 30 y un 40 por ciento. Los costos de construcción de vanguardia van de doce mil a más de veinte mil mdd (White House, 2021) y el equipo SME es sumamente costoso. Por ejemplo, el equipo de litografía para la fabricación de sc de 7 nm o menos asciende a ciento cincuenta mdd (Varas *et al.*, 2021).

El segmento de manufactura representa el 25 por ciento del valor de un sc (Varas *et al.*, 2021) y tiene presencia particularmente en Asia porque China, Taiwán, Corea del Sur y Japón presentan las más altas participaciones relativas en el valor agregado que generó esta fase en 2021, con participaciones del 21, el 19, el 17 y el 16 por ciento respectivamente (SIA, 2022).

A nivel de subsegmento, la proveeduría de SME significa el 10 por ciento del valor de un sc (Varas *et al.*, 2021) y se localiza en lo básico en tres países, lo cual se muestra en la participación relativa de valor agregado en 2021: Estados Unidos con una participación del 42 por ciento, Japón con el 27 por ciento y Europa con el 21 por ciento (SIA, 2022). Ello se entiende porque son economías con altos gastos en I+D. Las empresas SME necesitan invertir entre un 10 y un 15 por ciento de sus ingresos anuales en I+D y representan el 9 por ciento de la I+D de la cadena global (Varas *et al.*, 2021).

Por su parte, la proveeduría de materiales químicos y obleas de silicio representa el 5 por ciento del valor de un sc (Varas *et al.*, 2021) y las economías que destacan son: Taiwán con una participación relativa en el valor agregado del subsegmento en el año de 2021 del 23 por ciento, China con un 19 por ciento, Corea del Sur con un 17 por ciento y Japón con el 14 por ciento (SIA, 2022).

4. *Ensamblaje, prueba y embalaje (OSAT)*. La etapa comienza con la oblea lista para ser cortada en cubos que serán el núcleo del sc. Se colocan los cubos en marcos y se conectan a terminales en forma de patas para darle la forma tradicional de un sc. Se tiene que verificar que el sc no esté dañado y funcione correctamente. Finalmente, se añade el número de serie y nombre para que el sc esté listo.

Este segmento representa el 13 por ciento del gasto de capital de la cadena global y las empresas participantes operan con un coeficiente de inversión promedio del 15 por ciento. Esta fase añade el 6 por ciento del valor de un sc (Varas *et al.*, 2021) y se encuentra principalmente en Asia porque China, Taiwán

y Corea del Sur presentan las más altas participaciones relativas en el valor agregado generado durante la etapa; por ejemplo, en 2021 las participaciones relativas se situaron en el 38, el 19 y el 9 por ciento respectivamente (SIA, 2022).

Gobernanza

En la industria de SC existen dos modelos de negocio: la integración vertical (IDM, por sus siglas en inglés) y la modalidad planta sin fábrica (*fabless-foundry*). El modelo IDM tuvo su auge en los años de 1950-1970; sin embargo, el rápido avance tecnológico incrementó los costos de producción de SC. Por tal razón, en la década de 1980 surgió el modelo *fabless-foundry* donde las empresas líderes se dedican al diseño y venta de SC, subcontratan la etapa de manufactura a una empresa de fundición (*foundry*), que es una fábrica de SC, para que se encargue de la inversión física y, a su vez, estas últimas subcontratan el segmento OSAT (véase el cuadro 2).

La modalidad *fabless-foundry* requiere altos niveles de coordinación. Se necesitan elevadas capacidades y el poder se reparte equitativamente para obtener competencias complementarias, por ejemplo, NVIDIA necesita de la tecnología de TSMC para que manufacture sus diseños. Mientras que, las empresas OSAT deben tener elevadas capacidades en conocimiento de técnicas para el empaquetado de SC. También se requiere de una alta especialización de los proveedores de EDA, PI, SME, y materiales químicos. Las empresas líderes requieren de fuertes vínculos con los proveedores para crear SC sofisticados, lo cual origina una alta dependencia (véase el cuadro 2). Por ejemplo, Intel, Samsung y TSMC apoyan la I+D de ASML, que es el único proveedor de equipo de fotolitografía avanzado (Khan *et al.*, 2021).

No obstante que, para los IDM aplica un estilo de gobernanza jerárquica, en la última década han adoptado características del modelo *fabless-foundry* o gobernanza relacional para poder estar a la vanguardia tecnológica. Incluso, hay IDMs que actúan como empresas de fundición para empresas de diseño, como Intel que bajo su filial Intel Foundry Services manufactura SC diseñados y vendidos por Qualcomm.

ANÁLISIS POR EMPRESA SEGÚN NACIONALIDAD

Las empresas estadounidenses participan con el 46 por ciento de las ventas mundiales de SC (SIA, 2022). Sus principales compañías son IDMs y empresas de diseño con participaciones relativas del 51 por ciento y el 62 por ciento de los ingresos mundiales respectivos (Grimes y Du, 2022).

| Cuadro 2 | | |
|---|--------------|---|
| CADENA GLOBAL DE VALOR DE SEMICONDUCTORES POR MODELO DE NEGOCIO | | |
| IDM (Empresas que integran en su mayoría el diseño, la manufactura y la etapa OSAT) | | <ol style="list-style-type: none"> 1. Intel, Micron y Texas Instruments (Estados Unidos). 2. Samsung y SK Hynix (Corea del Sur). 3. Infineon (Alemania), NXP (Países Bajos) y STMicroelectronics (sede Suiza, propiedad Francia-Italia) (Europa). 4. Kioxia y Renesas (Japón). |
| <i>Fabless-Foundry</i> | Segmentos | Diseño (Empresas de diseño) <ol style="list-style-type: none"> 1. Qualcomm, Broadcom, NVIDIA y AMD (Estados Unidos). 2. MediaTek, Novatek y RealTek (Taiwán). 3. UNISOC, HiSilicon, ZTE Microelectronics (China). |
| | | Manufactura (Empresas de fundición) <ol style="list-style-type: none"> 1. TSMC, UMC, VIS, PSMC (Taiwán). 2. SMIC, Hua Hong y YMTC (China). 3. Global Foundries (Estados Unidos). 4. Renesas y TowerJazz Panasonic Semiconductor (Japón). |
| | | OSAT (Empresas de ensamblaje y empaquetado) <ol style="list-style-type: none"> 1. JCET, Tongfu Microelectronics y TSHT (China). 2. ASE Technology y Power-tech (Taiwán). 3. Amkor Technologies (Estados Unidos). |
| <i>Proveeduría</i> | Subsegmentos | EDA y PI (Empresas de software de diseño y propiedad intelectual) <ol style="list-style-type: none"> 1. Synopsys, Cadence, Silicon Storage, Silvaco y Ansys (Estados Unidos). 2. Mentor Graphics-Siemens EDA (sede Estados Unidos, propiedad Alemania) (Europa). 3. ARM (sede Reino Unido, propiedad Japón) (Japón). |
| | | SME (Empresas de equipo para fabricar SC) <ol style="list-style-type: none"> 1. AMAT, Lam Research y KLA Tencor (Estados Unidos). 2. ASML (Países Bajos) (Europa). 3. Tokyo Electron y Nikon (Japón). |
| | | Obleas de silicio (Empresas de la materia prima principal para fabricar SC) <ol style="list-style-type: none"> 1. Shin-Etsu y Sumco (Japón). 2. GlobalWafers (Taiwán). 3. Siltronic (Alemania) (Europa). |
| | | Materiales químicos (Empresas de materiales para fabricar SC) <ol style="list-style-type: none"> 1. Shin-Etsu Chemical, Sumitomo Chemical y Mitsui Chemicals (Japón). 2. BASF (Alemania), Linde (sede Irlanda, propiedad Alemania) y Merck KGaA (Alemania) (Europa). |
| Fuente: Elaboración propia. | | |

Estados Unidos domina las actividades intensivas en I+D; sin embargo, tiene carencia de empresas de fundición y empresas proveedoras de SME como fotolitografía (Khan *et al.*, 2021). Las empresas estadounidenses dominan la industria global de SC; tan sólo seis empresas representan un tercio de los ingresos de la industria global. La empresa de mayor vanguardia tecnológica es Intel con el 12 por ciento de los ingresos globales de la industria de SC (véase el cuadro 3).

La relevancia de las empresas surcoreanas se debe a que participan con el 21 por ciento de las ventas mundiales de SC (SIA, 2022). Lo anterior se debe principalmente a Samsung y Sk Hynix (White House, 2021). Sus compañías son en su mayoría IDMS y abarcan el 28 por ciento de los ingresos mundiales correspondientes (Grimes y Du, 2022). Samsung representa *per se* cerca del 13 por ciento de los ingresos mundiales de la industria de SC (véase el cuadro 3).

Las empresas taiwanesas representan el 8 por ciento de las ventas mundiales de SC (SIA, 2022). Taiwán es relevante porque concentra el segmento de manufactura y OSAT con el 73 por ciento y el 54 por ciento de los ingresos mundiales respectivos. Tan sólo TSMC significa el 56 por ciento de los ingresos globales del negocio de fundición porque es la más importante a nivel mundial (Grimes y Du, 2022), lo cual a su vez explica que sea la tercera empresa más grande de la industria global de SC en cuanto a ingresos (véase el cuadro 3).³

Las empresas japonesas y europeas representan el 9 por ciento de las ventas mundiales de SC, respectivamente (SIA, 2022). Su participación es principalmente como proveedores: Japón se especializa en obleas de silicio, materiales químicos y SME, mientras que Europa se especializa en PI y SME. Por ejemplo, las niponas Shin-Etsu y Sumco dominan el 60 por ciento del mercado de obleas (Baisakova y Kleinhans, 2020) y Europa es el principal proveedor de equipo de litografía (Khan *et al.*, 2021).

China ha acelerado su participación en la cadena a través de grandes inversiones, y actualmente sus empresas participan con el 7 por ciento de las ventas mundiales de SC (SIA, 2022), aunque van dos generaciones atrás de los líderes globales (Capri, 2020). Sus ingresos provienen de la etapa de diseño, manufactura y OSAT con el 10 por ciento, el 7 por ciento y el 12 por ciento del total mundial respectivamente (Grimes y Du, 2022). La principal dificultad de China es la carencia de empresas de proveeduría de EDA, PI y SME (Khan *et al.*, 2021).

³ TSMC y Samsung son las únicas compañías capaces de producir los SC más avanzados (menores a los 10 nm); Intel espera hacerlo en 2023 (White House, 2021).

Cuadro 3
PRINCIPALES COMPAÑÍAS DE LA INDUSTRIA DE SEMICONDUCTORES, SEGÚN INGRESOS (2000-2021) (MDD) a/

| Compañía | Sede de la matriz | Modelo de negocio | 2000 | | 2010 | | 2019 | | 2020 | | 2021 | |
|--|-------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | mdd | % total |
| Total de ingresos de la industria de semiconductores | | | 218 557 | 100.00 | 213 957 | 100.00 | 504 382 | 100.00 | 464 000 | 100.00 | 615 000 | 100.00 |
| Samsung | Corea del Sur | IDM | 10 600 | 4.85 | 32 500 | 15.19 | 51 800 | 10.27 | 58 555 | 12.62 | 78 850 | 12.82 |
| Intel | Estados Unidos | IDM | 29 700 | 13.59 | 40 200 | 18.8 | 69 800 | 13.85 | 76 328 | 16.45 | 75 550 | 12.28 |
| TSMC | Taiwán | <i>Foundry</i> | - | - | 13 300 | 6.23 | 34 500 | 6.84 | 45 572 | 9.82 | 56 633 | 9.21 |
| SK Hynix | Corea del Sur | IDM | - | - | 10 400 | 4.88 | 22 300 | 4.42 | 26 094 | 5.62 | 35 628 | 5.79 |
| Micron | Estados Unidos | IDM | - | - | 9 100 | 4.26 | 20 000 | 3.96 | 22 542 | 4.86 | 30 087 | 4.89 |
| Qualcomm | Estados Unidos | <i>Fabless</i> | - | - | 7 200 | 3.37 | 14 300 | 2.84 | 19 357 | 4.17 | 29 136 | 4.74 |
| Nvidia | Estados Unidos | <i>Fabless</i> | - | - | 3 600 | 1.67 | 10 500 | 2.09 | 14 659 | 3.16 | 23 029 | 3.74 |
| Broadcom | Estados Unidos | <i>Fabless</i> | - | - | 6 600 | 3.08 | 15 900 | 3.16 | 15 941 | 3.44 | 18 864 | 3.07 |
| Texas Instruments | Estados Unidos | IDM | 9 600 | 4.39 | 13 000 | 6.1 | 12 700 | 2.52 | 12 731 | 2.74 | 15 889 | 2.58 |
| Kioxia | Japón | IDM | 11 000 | 5.03 | 13 000 | 6.1 | 9 800 | 1.95 | 10 553 | 2.27 | 12 132 | 1.97 |

a/ Millones de dólares.

Fuente: Elaboración propia con base en IC Insights (2011, 2020, 2022).

Comercio exterior y captura de valor

Asia emergió en el año 2000 como la región más dinámica en el comercio de sc. En 2021 ocho economías asiáticas concentraron el 88.1 por ciento de las exportaciones y el 83.8 por ciento de las importaciones globales de sc, de las cuales destaca China (véase el cuadro 4). Desde una perspectiva histórica, la apertura comercial de China y su ingreso a la Organización Mundial del Comercio en 2001 reconfiguró el comercio de los sc.

En el año 2000 China representó el 1.3 por ciento de las exportaciones mundiales de sc y en 2021 su participación se elevó al 15.9 por ciento. Por otro lado, China es actualmente el mayor consumidor de sc en el mundo porque en 2021 sus compras representaron el 32.9 por ciento del total mundial, mientras que en el año 2000 su participación relativa era del 5.1 por ciento. En contraste, Estados Unidos redujo su competitividad en el comercio de sc. En el año 2000 Estados Unidos era el principal exportador (el 17.7 por ciento) e importador (el 15.8 por ciento) y actualmente es el octavo exportador e importador de sc con participaciones relativas del 2.9 por ciento y el 3.7 por ciento, respectivamente (véase el cuadro 4).

Una tendencia similar sucede con el valor agregado que generó la industria global por país durante el periodo 2001-2016. En 2001 Japón, Estados Unidos y Europa fueron los actores relevantes de la cadena, con participaciones relativas en el valor agregado global del 30, el 28.5 y el 10.4 por ciento respectivamente, pero desde entonces se asistió a una fuerte reorientación hacia Asia (véase el cuadro 4).

En el año 2016 Asia generó más de dos terceras partes del valor agregado de la industria global, particularmente porque China, Taiwán y Corea del Sur elevaron su participación en términos relativos al 31.3 por ciento, el 14.5 por ciento y el 10.2 por ciento, respectivamente, mientras que, Estados Unidos, Europa y Japón redujeron con particular fuerza su participación en la apropiación de valor (véase la gráfica 1). Esto se relaciona con el hecho de que actualmente el 75 por ciento de la fabricación de sc se realiza en Asia del Este (Varas *et al.*, 2021).

DESACOPLAMIENTO ESTRATÉGICO DE ESTADOS UNIDOS Y CHINA EN SEMICONDUCTORES. ¿Y EL ACOPLAMIENTO CON MÉXICO?

Antes de la crisis económica asociada a la pandemia de COVID-19, los sc ya estaban en el centro de discusión en China, por su interés de que las tecnologías modernas se conviertan en el motor de la economía en los próximos años. Sin embargo, aún dependen de importaciones de sc para satisfacer a su mercado porque sus empresas

Cuadro 4
EXPORTADORES E IMPORTADORES DE SEMICONDUCTORES (2000-2021) (MDD) a/

| | 2000 | | 2010 | | 2019 | | 2020 | | 2021 | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | mdd | % total |
| Exportaciones | 227 712 | 100.00 | 330 432 | 100.00 | 690 182 | 100.00 | 770 257 | 100.00 | 987 637 | 100.00 |
| Hong Kong | 2 129 | 0.93 | 219 | 0.07 | 134 806 | 19.53 | 154 305 | 20.03 | 211 518 | 21.42 |
| China | 2 938 | 1.29 | 30 413 | 9.20 | 103 474 | 14.99 | 118 133 | 15.34 | 156 695 | 15.87 |
| Taiwán | 18 655 | 8.19 | 46 105 | 13.95 | 100 482 | 14.56 | 123 226 | 16.00 | 156 007 | 15.80 |
| Singapur | 28 836 | 12.66 | 77 296 | 23.39 | 77 002 | 11.16 | 86 323 | 11.21 | 112 622 | 11.40 |
| Corea del Sur | 20 006 | 8.79 | 37 920 | 11.48 | 79 119 | 11.46 | 82 911 | 10.76 | 109 336 | 11.07 |
| Malasia | 15 040 | 6.60 | 22 859 | 6.92 | 44 903 | 6.51 | 49 349 | 6.41 | 59 749 | 6.05 |
| Japón | 30 266 | 13.29 | 34 601 | 10.47 | 27 894 | 4.04 | 29 031 | 3.77 | 34 126 | 3.46 |
| Estados Unidos | 40 420 | 17.75 | 24 271 | 7.35 | 22 479 | 3.26 | 23 502 | 3.05 | 28 229 | 2.86 |
| Filipinas | 15 486 | 6.80 | 6 434 | 1.95 | 21 895 | 3.17 | 23 712 | 3.08 | 24 079 | 2.44 |
| Alemania | 9 779 | 4.29 | 10 650 | 3.22 | 15 202 | 2.20 | 13 018 | 1.69 | 16 317 | 1.65 |
| Vietnam | 4 | 0.00 | 407 | 0.12 | 11 537 | 1.67 | 13 969 | 1.81 | 14 514 | 1.47 |
| Países Bajos | 7 121 | 3.13 | 3 987 | 1.21 | 11 261 | 1.63 | 11 692 | 1.52 | 13 636 | 1.38 |
| Irlanda | 4 302 | 1.89 | 2 049 | 0.62 | 7 204 | 1.04 | 8 231 | 1.07 | 11 215 | 1.14 |
| Tailandia | 4 458 | 1.96 | 8 218 | 2.49 | 6 954 | 1.01 | 7 181 | 0.93 | 8 379 | 0.85 |
| Francia | 6 734 | 2.96 | 7 631 | 2.31 | 8 026 | 1.16 | 6 780 | 0.88 | 7 744 | 0.78 |
| Israel | 338 | 0.15 | 2 360 | 0.71 | 2 107 | 0.31 | 2 933 | 0.38 | 3 761 | 0.38 |
| México | 1 822 | 0.80 | 1 062 | 0.32 | 2 353 | 0.34 | 2 899 | 0.38 | 3 659 | 0.37 |

Cuadro 4
EXPORTADORES E IMPORTADORES DE SEMICONDUCTORES (2000-2021) (MDD) a/
 (continuación)

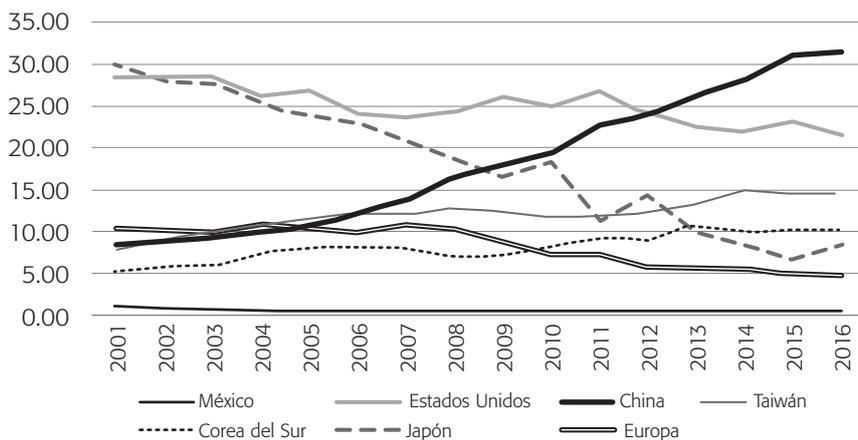
| | 2000 | | 2010 | | 2019 | | 2020 | | 2021 | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|
| | mdd | % total | mdd | % total |
| Importaciones | 267 957 | 100.00 | 488 995 | 100.00 | 815 463 | 100.00 | 901 984 | 100.00 | 1 139 317 | 100.00 |
| China | 13 616 | 5.08 | 140 596 | 28.75 | 268 701 | 32.95 | 310 279 | 34.40 | 375 493 | 32.96 |
| Hong Kong | 15 106 | 5.64 | 70 070 | 14.33 | 151 566 | 18.59 | 169 184 | 18.76 | 221 413 | 19.43 |
| Singapur | 26 784 | 10.00 | 52 600 | 10.76 | 60 643 | 7.44 | 71 751 | 7.95 | 94 505 | 8.29 |
| Taiwán | 20 665 | 7.71 | 32 905 | 6.73 | 53 793 | 6.60 | 62 655 | 6.95 | 81 664 | 7.17 |
| Corea del Sur | 16 963 | 6.33 | 23 910 | 4.89 | 35 782 | 4.39 | 40 356 | 4.47 | 50 397 | 4.42 |
| Vietnam | 428 | 0.16 | 1 535 | 0.31 | 30 709 | 3.77 | 39 233 | 4.35 | 47 994 | 4.21 |
| Malasia | 21 001 | 7.84 | 28 466 | 5.82 | 31 997 | 3.92 | 33 426 | 3.71 | 42 861 | 3.76 |
| Estados Unidos | 42 479 | 15.85 | 22 162 | 4.53 | 33 656 | 4.13 | 32 394 | 3.59 | 42 049 | 3.69 |
| Japón | 17 898 | 6.68 | 20 499 | 4.19 | 18 634 | 2.29 | 18 875 | 2.09 | 25 519 | 2.24 |
| México | 8 845 | 3.30 | 10 833 | 2.22 | 21 448 | 2.63 | 18 877 | 2.09 | 21 924 | 1.92 |
| Alemania | 11 708 | 4.37 | 12 910 | 2.64 | 17 268 | 2.12 | 13 568 | 1.50 | 17 542 | 1.54 |
| Filipinas | 10 229 | 3.82 | 12 267 | 2.51 | 13 648 | 1.67 | 13 425 | 1.49 | 15 457 | 1.36 |
| Países Bajos | 6 571 | 2.45 | 2 708 | 0.55 | 13 563 | 1.66 | 13 795 | 1.53 | 15 122 | 1.33 |
| Tailandia | 6 413 | 2.39 | 10 225 | 2.09 | 9 772 | 1.20 | 12 219 | 1.35 | 14 276 | 1.25 |
| India | 307 | 0.11 | 1 278 | 0.26 | 10 263 | 1.26 | 8 478 | 0.94 | 12 630 | 1.11 |

a/ Millones de dólares.

Nota: El comercio de semiconductores se aproxima a través del código 8542 "circuitos integrados y microestructuras electrónicas" del Sistema Armonizado.
Fuente: Elaboración propia con base en el Banco Mundial (2023).

sólo producen el 9 por ciento de su consumo, siendo Estados Unidos su mayor proveedor con más del 56 por ciento (Capri, 2020).

Gráfica 1
PARTICIPACIÓN PORCENTUAL EN EL VALOR AGREGADO
DE LA INDUSTRIA GLOBAL DE SEMICONDUCTORES (2001-2016) a/



a/ Cifras originales expresadas en millones de dólares.

Fuente: Elaboración propia con base en NSB (2018).

El planteamiento anterior fue la base para el Plan *Made in China 2025* con el objetivo de reducir la dependencia tecnológica extranjera para que en 2030 el 80 por ciento de los sc utilizados sean de origen nacional. Particularmente, el Plan Nacional de Circuitos Integrados de 2014 buscó que la industria china tenga presencia en toda la cadena de sc. La estrategia consistió en promover el desarrollo de sus empresas mediante la transferencia de tecnología a través de la atracción de IED y fusiones y adquisiciones (*mergers and acquisitions, M&A*) transfronterizas; por ejemplo, en 2015 China tocó su máximo relativo con treinta y cuatro movimientos de M&A transfronterizas con empresas estadounidenses de sc (Capri, 2020). Por ello, se creó el Fondo Nacional de Inversión en Circuitos Integrados para elevar la participación china en el segmento de manufactura; por ejemplo, en 2018 China participó con más de la mitad del gasto global destinado a la construcción de empresas de fundición. Además, el gobierno de China otorga créditos a tasas por debajo del índice de referencia de la banca china, se ceden terrenos y se condonan impuestos. Se calcula que entre 2015 y 2025, el apoyo del gobierno ascendería a los doscientos mil mdd (White House, 2021).

En su momento, los planes industriales de China no fueron del agrado de la administración de Trump porque se consideró que el gobierno chino otorga masivo

financiamiento, lo cual distorsiona la competencia. Estados Unidos supuso que era un riesgo para su liderazgo en la industria global de sc porque China tendría acceso al control de actividades de mayor valor agregado gracias a que una característica de la industria es la interdependencia entre todas las etapas que la conforman, especialmente en los segmentos de diseño y manufactura. Por ello, en 2018 surge la Ley de Reforma del Control de Exportaciones (*Export Control Reform Act*) de 2018 como respuesta a los planes de China. Los controles aplican para exportaciones de sc a China y de una tercera economía a China si los componentes estadounidenses superan el 25 por ciento del valor del sc. Por ejemplo, se pueden controlar exportaciones a través de TSMC, que utiliza proveeduría estadounidense, y de la cual dependen empresas chinas como HiSilicon de Huawei (Capri, 2020). Otro ejemplo relevante fue que en 2020 se limitaron exportaciones a SMIC, la empresa de fundición más importante de China. Ese mismo año se aprobó la Ley de modernización del análisis del riesgo de la inversión extranjera (*Foreign Investment Risk Review Modernization Act*) para tener más facultades con qué restringir inversiones chinas. Esta legislación contribuyó a una desaceleración de la inversión china dirigida a Estados Unidos y el mundo: de 2017 a 2020 las M&A de China en el mundo se redujeron un 77 por ciento y dentro de Estados Unidos cayeron un 89 por ciento (CEPAL, 2021). En 2020 se amplió la autorización a inversiones que den como resultado el acceso a PI y no únicamente el control.

RESPUESTA DE ESTADOS UNIDOS Y CHINA AL DESABASTO DE SEMICONDUCTORES

El desacoplamiento estratégico de Estados Unidos con China en la cadena se intensificó tras el año 2020 por la escasez de sc provocada por la pandemia de COVID-19, que afectó a diversas industrias como la automotriz. Una estimación gruesa indica que la escasez de sc costó a la industria automotriz cerca de ciento diez mil mdd en 2021 (White House, 2021). En 2021, la llegada del presidente Biden significó la continuidad del desacoplamiento al endurecer las restricciones a la inversión extranjera y los controles de exportación a empresas y centros de investigación chinos, así como firmar una orden ejecutiva para no depender de China en las cadenas de suministro de industrias estratégicas, con énfasis en sc (Capri, 2021a). A partir de ello, el Departamento de Comercio realizó una investigación de la cadena de sc, en la cual recomendó financiar la Ley CHIPS para fortalecer la industria estadounidense.

En agosto 2022 se promulgó el paquete *Chips-Plus* (incluyendo la Ley CHIPS) para promover la manufactura en Estados Unidos a través de créditos fiscales del 25 por ciento para inversiones en equipo SME e instalaciones de manufactura avanzada hasta

2026 y asigna 52 700 mdd en fondos durante cinco años para el desarrollo de la I+D, la manufactura, la fuerza laboral y la cooperación extranjera. Además, se hace hincapié en que los beneficiarios tienen prohibido ampliar su base manufacturera de SC en China por diez años desde la adjudicación y ninguna empresa de propiedad china puede tener acceso a estos incentivos (*CHIPS and Science Act*, 2022).

Al momento, Samsung considera diecisiete mil mdd para una empresa de fundición en Texas a finales de 2023. Por su parte, TSMC anunció tres proyectos en Arizona de doce mil mdd en una empresa de fundición para estar operando en 2024, de veintitrés mil a veinticinco mil mdd en una empresa de fundición para los siguientes diez a quince años y de más de veinte mil mdd en una empresa de fundición sin fecha de apertura, mientras que Intel dispondrá de veinte mil mdd para dos empresas de fundición en Arizona sin fecha aún de inicio de operaciones. Por último, Global Foundries anunció la inversión de mil cuatrocientos mdd en la expansión de su empresa de fundición en Nueva York para estar lista en 2022 (White House, 2021; Capri, 2021a).

Sumado a lo anterior, el gobierno de Estados Unidos destaca que es necesario promover alianzas y asociaciones internacionales con economías también preocupadas con el avance chino (Capri, 2021a). Por ello, se retomó el DEAN (Diálogo Económico de Alto Nivel) con México en 2021 y se acordó hacer competitiva la cadena en América del Norte. También se planea crear una alianza tecnológica global y existe interés de establecer una asociación con el Diálogo de Seguridad Cuadrilateral (Estados Unidos, Japón, Australia e India) para coordinar las cadenas de valor. Además, se ha priorizado el acercamiento con el Grupo de los Siete (Estados Unidos, Alemania, Canadá, Francia, Italia, Japón y Reino Unido) para discutir el avance tecnológico chino.

Dada la política industrial estadounidense en SC y el contexto de la pandemia de COVID-19, China redoblará sus esfuerzos por reducir la dependencia extranjera en SC a través del XIV Plan Quinquenal (2021-2025). A grandes rasgos, se expone que la innovación y el consumo doméstico son necesarios para lograr el objetivo y le resta importancia al crecimiento impulsado por exportaciones. En este plan, China se compromete a aumentar el gasto en I+D a una tasa de crecimiento promedio anual del 7 por ciento de 2021 a 2025 (CEPAL, 2021).

En el plan chino se hace hincapié en buscar capacidades extranjeras como la colaboración en I+D y atracción de talento, especialmente de Corea del Sur y Taiwán, así como el uso de plataformas de código abierto para el diseño de SC. Se propone establecer un Comité entre universidades e industria para promover la I+D y la formación de trabajadores capacitados en empresas chinas de SC, como SMIC y Huawei, que dependan de proveeduría extranjera y que enfrenten restricciones por otras economías. El enfoque será el diseño, equipo SME y subsidiar la utilización de SC domésticos. Por ejemplo, se incentiva la utilización de proveedores nacionales dando seguros contra

materiales defectuosos y exenciones de impuestos a empresas que utilicen tecnología avanzada. Incluso, la Iniciativa de la Franja y la Ruta es esencial para la exportación de sc chinos porque el financiamiento en infraestructura a otros países establece el uso de tecnología china. Además, se indica que únicamente las tecnologías que no se puedan producir en China tienen un trato arancelario preferencial, por ejemplo, EDA y equipo SME (White House, 2021).

Como último punto, se puede decir que China aún tiene problemas para producir sc menores a los doce nm y por ello ha enfatizado la producción para la industria automotriz, que necesita actualmente sc menos avanzados comparada con otras industrias y que a su vez tienen menos restricciones por parte de otros países. Por esta razón, las empresas chinas quieren aprovechar la sinergia entre la industria automotriz y la de sc conforme aumenten las necesidades tecnológicas de los automóviles y el hecho de que China es el mercado de vehículos eléctricos más grande del mundo (Capri, 2021b).

PARTICIPACIÓN DE MÉXICO EN LA CADENA DE SEMICONDUCTORES

Como se desprende de la gráfica 1, la participación de México en la cadena de sc es marginal y ello se refleja en una captura de valor que no supera el 1 por ciento desde 2001. De 2000 a 2021, México mantiene un déficit comercial en sc que actualmente ronda los 16.5 mdd, lo cual se debe a que las importaciones han crecido a una tasa promedio anual del 3.9 por ciento, mientras que las exportaciones están estancadas (véase el cuadro 5); muestra de ello es que México es el décimo importador de sc a nivel mundial (véase el cuadro 4). La dependencia es tan elevada que el 4.3 por ciento de las importaciones totales de México se debe a los sc (véase el cuadro 5).

El fenómeno coincide con la situación de crisis que enfrenta la manufactura mexicana y que se ve amplificada por la rama de componentes electrónicos (*proxy* de sc), cuyo producto y productividad retrocedieron a una tasa promedio anual del -0.9 por ciento y el -2.3 por ciento respectivamente entre 2000 y 2020. Detrás del retroceso en productividad se localiza la abrupta caída en la relación capital por trabajador y el aumento del valor agregado importado, que pasó del 63.8 por ciento al 71.3 por ciento entre 2000 y 2020 (véase el cuadro 6).

Las tendencias descritas muestran que México ha profundizado su inserción en el segmento de maquila (en esta industria se denomina OSAT). A nivel de empresa, ello se materializa en que México no cuenta con participación en el segmento de manufactura, sólo cuatro empresas transnacionales participan: Intel en Guadalajara en

el segmento de diseño; Skyworks Solutions (Mexicali), Texas Instruments (Aguascalientes) e Infineon (Tijuana) en el segmento OSAT con bajo aprendizaje tecnológico. Por otro lado, el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) (un organismo público) desarrolla actividades de I+D y EDA a empresas como IBM, Motorola, Intel y Global Foundries (Filippo *et al.*, 2022).

Cuadro 5
ESTRUCTURA DEL COMERCIO EXTERIOR DE MÉXICO (2000-2021) (MDD) a/

| | Comercio total | | Industria electrónica | | Semiconductores | |
|------|----------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | Exportación | Importación | Exportación | Importación | Exportación | Importación |
| 2000 | 166 294 | 179 404 | 47 516 | 46 261 | 1 822 | 8 845 |
| 2010 | 298 473 | 301 482 | 71 455 | 70 870 | 927 | 10 658 |
| 2018 | 450 713 | 464 302 | 81 925 | 94 903 | 2 103 | 19 305 |
| 2019 | 460 704 | 455 295 | 80 028 | 94 779 | 2 197 | 21 398 |
| 2020 | 412 403 | 381 752 | 74 946 | 82 867 | 2 729 | 18 824 |
| 2021 | 445 053 | 455 410 | 78 126 | 91 450 | 3 067 | 19 651 |

a/ Millones de dólares.

Fuente: Elaboración propia con base en SE (2023).

A partir de la Ley CHIPS en Estados Unidos, en la segunda reunión del DEAN se abrió la posibilidad de impulsar la cadena de valor en la región, porque la relocalización de segmentos de alto valor en Estados Unidos implica oportunidades de *nearsourcing* para México, a partir de los costos de transporte y del arancel preferencial por el Tratado México-Estados Unidos-Canadá (T-MEC). En tal contexto, el proyecto “Rumbo a una política industrial” de la Secretaría de Economía (SE, 2022a), sitúa a los SC como industria estratégica; particularmente en el eje transversal 3 se busca aumentar la participación de los fabricantes de componentes de SC y el fortalecimiento de las MIPYMES. El documento no hace referencia ni a una bolsa de recursos ni a proyectos específicos, solo se habla de habilitadores (por ejemplo, facilitadores de la inversión, incentivos, financiamiento internacional, T-MEC, entre otros) y se centra en atraer inversiones para la etapa de ensamblaje de SC (SIA, 2022).

A pesar de un entorno global favorable de regionalización de la inversión, la baja competitividad sistémica que tipifica al aparato productivo mexicano (Ortiz Velásquez, 2015) y la ausencia de políticas industriales activas (De la Mora, 2017), determinarán que México profundice su inserción en la cadena a través de participación en actividades de ensamblaje de SC.

Cuadro 6
MÉXICO: INDICADORES DE LA INDUSTRIA
DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS (2000-2020)

| | 2000 | 2010 | 2019 | 2020 | 2000 | 2010 | 2019 | 2020 | 2000 -2020 |
|---|--|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|---------------|
| | (Participación porcentual en el total) | | | | (Índice 2000=100) | | | | TCPA |
| <i>Valor agregado bruto</i> | | | | | | | | | |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 115.33 | 141.96 | 130.85 | 1.4 |
| Manufacturas | 19.04 | 16.66 | 16.64 | 16.36 | 100.00 | 100.92 | 124.05 | 112.44 | 0.6 |
| Componentes electrónicos | 0.56 | 0.27 | 0.33 | 0.36 | 100.00 | 54.75 | 83.51 | 82.93 | -0.9 |
| (Coeficientes) | | | | | | | | | |
| <i>Productividad del trabajo (valor agregado a población ocupada)</i> | | | | | | | | | |
| Total | 0.40 | 0.42 | 0.45 | 0.43 | 100.0 | 104.4 | 112.3 | 108.8 | 0.4 |
| Manufacturas | 0.38 | 0.41 | 0.38 | 0.36 | 100.0 | 110.4 | 101.4 | 96.2 | -0.2 |
| Componentes electrónicos | 0.35 | 0.35 | 0.21 | 0.22 | 100.0 | 101.3 | 61.5 | 62.9 | -2.3 |
| <i>Relación capital-trabajo (acervo neto de capital a población ocupada)</i> | | | | | | | | | |
| Total | 0.90 | 1.07 | 1.15 | 1.20 | 100.0 | 119.3 | 127.4 | 133.7 | 1.5 |
| Manufacturas | 0.54 | 0.71 | 0.73 | 0.76 | 100.0 | 132.4 | 136.5 | 142.0 | 1.8 |
| Componentes electrónicos | 0.62 | 0.88 | 0.26 | 0.25 | 100.0 | 141.9 | 41.1 | 40.7 | -4.4 |
| <i>Valor agregado importado (% de la producción de la manufactura global)</i> | | | | | | | | | |
| Total | 59.3 | 59.7 | 53.7 | 53.7 | 100.00 | 100.67 | 90.56 | 90.56 | -0.5 |
| Manufacturas | 63.4 | 65.9 | 61.8 | 62.1 | 100.00 | 103.94 | 97.48 | 97.95 | -0.1 |
| Componentes electrónicos | 63.8 | 78.8 | 73.5 | 71.3 | 100.00 | 123.51 | 115.20 | 111.76 | 0.6 |
| <i>Población ocupada con escolaridad media (% de la población ocupada total)</i> | | | | | | | | | |
| Total | 38.32 | 44.71 | 45.70 | 46.25 | 100.00 | 116.68 | 119.26 | 120.69 | 0.9 |
| Manufacturas | 44.32 | 54.43 | 57.12 | 57.31 | 100.00 | 122.81 | 128.87 | 129.32 | 1.3 |
| Componentes electrónicos | 55.57 | 69.19 | 69.49 | 68.62 | 100.00 | 124.49 | 125.04 | 123.48 | 1.1 |
| <i>Remuneración promedio de asalariados con escolaridad media (pesos por mes)</i> | | | | | | | | | |
| Total | 12 854 | 12 510 | 12 912 | 13 269 | 100.00 | 97.32 | 100.45 | 103.23 | 0.2 |
| Manufacturas | 12 825 | 10 719 | 10 503 | 10 519 | 100.00 | 83.58 | 81.89 | 82.02 | -1.0 |
| Componentes electrónicos | 19 952 | 18 341 | 15 616 | 16 420 | 100.00 | 91.93 | 78.26 | 82.30 | -1.0 |
| Nota: Cifras originales en millones de pesos constantes de 2013. | | | | | | | | | |
| Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2022a y b). | | | | | | | | | |

La baja competitividad sistémica se puede apreciar en la conducta de indicadores macroeconómicos clave desde 1994: la fuerte caída del crédito dirigido a actividades productivas, el retroceso de la inversión pública en infraestructura y los periodos recurrentes de apreciación del tipo de cambio real, todo ello en un entorno de lento crecimiento económico, son factores que inhiben el desarrollo de proveeduría nacional y su inversión (Ortiz Velásquez, 2015).

CONCLUSIONES

La cadena global de valor de SC es altamente especializada, opera con elevados gastos en capital tangible e I+D, lo cual ha generado interdependencias en la industria global. Si bien en México hay presencia de algunas empresas de SC, no se cuenta con el entorno favorable para elevar la captura de valor. A pesar del interés del gobierno de México de aprovechar el desacoplamiento entre Estados Unidos-China y considera a los SC como una industria estratégica en una etapa de reconfiguración de las cadenas de valor postCOVID-19, no se ha planteado un proyecto de desarrollo, la estrategia se enfoca en atraer ensambladoras de SC aprovechando los beneficios que ofrece el T-MEC y la cercanía geográfica con Estados Unidos. Bajo esta premisa, el país pretende sumarse a esta cadena a partir de la maquila de SC, lo cual no tendrá efectos en el desarrollo económico del país.

Para que México eleve la captura de valor en la cadena es clave la participación del gobierno a través de una estrategia que lleve como eje básico un compromiso por elevar la inversión a largo plazo para desarrollar capacidades propias en SC. Las políticas deben centrarse en:

- i.* Aprovechar la demanda de SC de las industrias con mayor presencia en México, como la automotriz y la de electrodomésticos, que son apoyadas por el dinamismo de las exportaciones, principalmente por el T-MEC. Además, tomando en cuenta que el tipo de SC que requieren estas industrias es de menor capacidad tecnológica en comparación con los SC más avanzados.
- ii.* Coordinación entre el sector público, privado y educativo para atender las necesidades de SC de estas industrias en cuanto a generación de talento y desarrollo de proveedores. Por ejemplo: promover carreras universitarias afines a los SC y que sus programas de estudio respondan a lo que se requiere, orientar a los institutos de investigación a generar la tecnología de SC necesaria, facilitar las certificaciones que se deben cumplir, apoyar programas de capacitación, así como dar una mayor difusión de esta información.

- iii. El gobierno puede apoyar al desarrollo de proveedores mediante el financiamiento a tasas preferenciales, optimizando la burocracia y otorgando tipos de cambio especiales. Para ello es importante la promoción de estas iniciativas.
- iv. Elevar el gasto público para mejorar la infraestructura del país (por ejemplo red eléctrica, drenaje, carreteras, red ferroviaria, telecomunicaciones, entre otros), la creación de parques industriales e incrementar la seguridad con el objetivo de estimular la inversión.

FUENTES

BAISAKOVA, NURZAT y JAN-PETER KLEINHANS

2020 “The Global Semiconductor Value Chain: A Technology Primer for Policy Makers”, octubre, en <<https://www.stiftung-nv.de/en/publication/global-semiconductor-value-chain-technology-primer-policy-makers>>, consultada el 12 de febrero de 2023.

BANCO MUNDIAL

2023 “World Integrated Trade Solutions (wits)”, en <<https://wits.worldbank.org/>>, consultada el 12 de febrero de 2023.

CAPRI, ALEX

2021a “Techno-nationalism Via Semiconductors: Can Chip Manufacturing Return to America?”, junio, en <<https://www.hinrichfoundation.com/research/wp/tech/technonationalism-via-semiconductors-chip-manufacturing-return-to-america/>>, consultada el 13 de febrero de 2023.

2021b “China’s Microchip Ambitions: Semiconductors Advance the Next Phase of Techno-nationalism”, junio, en <<https://www.hinrichfoundation.com/research/wp/tech/china-microchip-ambitions-semiconductors-advance-techno-nationalism/>>, consultada el 13 de febrero de 2023.

2020 “Semiconductors at the Heart of the U.S.-China Tech War. How a New Era of Techno-Nationalism is Shaking up Semiconductor Value Chains”, enero, en <<https://www.hinrichfoundation.com/research/wp/tech/semiconductors-at-the-heart-of-the-us-china-tech-war/>>, consultada el 13 de febrero de 2023.

CHANG, HA-JOON y ANTONIO ANDREONI

2020 “Industrial Policy in the 21st Century”, *Development and Change*, vol. 51, no. 2, enero, pp. 324-351, DOI: <https://doi.org/10.1111/dech.12570>

CHIPS AND SCIENCE ACT OF 2022

2022 "Titles – H.R.4346- 117th Congress (2021-2022): CHIPS and Science Act", agosto, en <<https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/4346/titles>>, consultada el 12 de febrero de 2023.

COE, NEIL M. y HENRY WAI-CHUNG YEUNG

2019 "Global Production Networks: Mapping Recent Conceptual Developments", *Journal of Economic Geography*, vol. 19, no. 4, julio, pp. 775-801, DOI: <https://doi.org/10.1093/jeg/lbz018>

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL)

2021 "La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe 2021", en <<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47147>>, consultada el 12 de febrero de 2023.

DUSSEL PETERS, ENRIQUE

2003 "Endogeneidad territorial y polarización", en María Eugenia Negrete, Silvana Levi y John Page, coords., *Entre fenómenos físicos y humanos*, México, El Colegio de México, pp. 159-164.

FILIPPO, AGUSTÍN, *et al.*

2022 "México y la cadena de valor de los semiconductores: oportunidades de cara al nuevo escenario global", junio, DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0004276>, consultada el 12 de febrero de 2023.

GARRIDO, CELSO

2022 *México en la fábrica de América del Norte y el nearshoring* (LC/MEX/TS.2022/15/-*), México, CEPAL.

GEREFFI, GARY

2020 "What Does the COVID-19 Pandemic Teach Us About Global Value Chains? The Case of Medical Supplies", *J Int Bus Policy*, no. 3, pp. 287-301, DOI: <https://doi.org/10.1057/s42214-020-00062-w>

2014 "Global Value Chains in a Post-Washington Consensus World", *Review of International Political Economy*, vol. 21, no. 1, pp. 9-37, DOI: <https://doi.org/10.1080/09692290.2012.756414>

GEREFEL, GARY, JOHN HUMPHREY y TIMOTHY STURGEON

2005 “The Governance of Global Value Chains”, *Review of International Political Economy*, vol. 12, no. 1, pp. 78-104, DOI: <https://doi.org/10.1080/09692290500049805>

GRIMES, SEAMUS y DEBIN DU

2022 “China’s Emerging Role in the Global Semiconductor Value Chain”, *Telecommunications Policy*, vol. 46, no. 2, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101959>

IC INSIGHTS

2022 “Report Contents and Summaries”, en <https://www.icinsights.com/services/mcclean-report/report-contents/>, consultada el 6 de octubre de 2022.

2020 “U.S. IC Companies Maintain Global Marketshare Lead”, en <https://www.icinsights.com/news/bulletins/US-IC-Companies-Maintain-Global-Marketshare-Lead/>, consultada el 6 de octubre de 2022.

2011 “Tracking the Top 10 Semiconductor Sales Leaders over 26 Years”, en <https://www.icinsights.com/news/bulletins/Tracking-The-Top-10-Semiconductor-Sales-Leaders-Over-26-Years/>, consultada el 6 de octubre de 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI)

2022a “Valor agregado de exportación de la manufactura global”, en <https://www.inegi.org.mx/temas/pibval/>, consultada el 12 de febrero de 2023.

2022b “Productividad total de los factores. Base 2013”, en <https://www.inegi.org.mx/programas/ptf/2013/>, consultada el 12 de febrero de 2023.

KHAN, SAIF M., ALEXANDER MANN y DAHLIA PETERSON

2021 “The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness”, enero, en <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/The-Semiconductor-Supply-Chain-Issue-Brief.pdf>, consultada el 13 de febrero de 2023.

MORA SÁNCHEZ, LUZ MARÍA DE LA

2017 *Políticas para la atracción de inversión extranjera directa como impulsora de la creación de capacidades locales y del cambio estructural. El caso de México*, México, CEPAL, en <https://hdl.handle.net/11362/43136>.

NATIONAL SCIENCE BOARD (NSB)

2018 “Science & Engineering Indicators 2018”, en <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/>, consultada el 12 de febrero de 2023.

ORTIZ VELÁSQUEZ, SAMUEL

2015 “Inversión en la industria manufacturera mexicana y sus determinantes mesoeconómicos: 1988-2012”, tesis doctoral, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en <<http://132.248.9.195/ptd2015/julio/0731522/Index.html>>.

ROSALES, OSVALDO

2020 *El sueño chino. Cómo se ve China a sí misma y cómo nos equivocamos los occidentales al interpretarla*, Santiago, CEPAL/Siglo XXI, en <<http://hdl.handle.net/11362/45114>>.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA (SE)

2023 “Sistema de consulta de información estadística por país”, en <http://www.economia-snci.gob.mx/sic_php/pages/estadisticas/>, consultada el 13 de febrero de 2023.

2022a “Rumbo a una política industrial”, en <<https://www.gob.mx/se/es/articulos/secretaria-de-economia-presenta-la-estrategia-rumbo-a-una-politica-industrial-314996>>, consultada el 13 de febrero de 2023.

2022b “2ª Reunión Anual del Diálogo Económico de Alto Nivel México-Estados Unidos (DEAN). Declaración conjunta”, en <<https://www.gob.mx/se/articulos/2a-reunion-anual-del-dialogo-economico-de-alto-nivel-mexico-estados-unidos-dean-314343?idiom=es>>, consultada el 13 de febrero de 2023.

SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION (SIA)

2022 “2022 State of the U.S. Semiconductor Industry”, noviembre, en <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/11/SIA_State-of-Industry-Report_Nov-2022.pdf>, consultada el 13 de febrero de 2023.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD)

2022 “World Investment Report 2022 (Overview)”, en <https://unctad.org/system/files/official-document/wir2022_overview_en.pdf>, consultada el 13 de febrero de 2023.

VARAS, ANTONIO, *et al.*

2021 “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era”, abril, en <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf>, consultada el 13 de febrero de 2023.

WHITE HOUSE

2021 “Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing, and Fostering Broad-Based Growth. 100-Day Reviews under Executive Order 14017”, junio, en <<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/100-day-supply-chain-review-report.pdf>>, consultada el 13 de febrero de 2023.