

Cambio tecnológico incorporado y su impacto sobre la estructura productiva. Análisis comparativo Alemania y México, 2005-2015

Incorporated technological change and its impact on the productive structure. Comparative analysis Germany and Mexico, 2005-2015

Ricardo Zárate Gutiérrez*

*Posdoctorante CONAHCyT en la Dirección de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía, UNAM.
Correo electrónico: ricardozrate157@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1285-3567>

RESUMEN

Se analiza la importancia del sector productor de bienes de capital en dos economías con diferentes niveles de desarrollo económico, Alemania y México, durante los años 2005 y 2015. Con el fin de determinar el esfuerzo innovador que se incorpora directa e indirectamente en cada sector, se emplea la metodología de sectores verticalmente integrados, la cual permite identificar tres elementos que podrían ser la causa del atraso de la economía mexicana frente a la alemana: en primer lugar, la economía mexicana se caracteriza por su baja capacidad innovadora, reflejo de un pobre esfuerzo visto como gasto de I+D; segundo, ausencia de un sector productor de bienes de capital con conexiones importantes con la estructura productiva y, tercero, inexistencia de una política industrial que impulse y fomente el esfuerzo innovador, lo cual se agrava dentro del actual contexto de cambio tecnológico acelerado a nivel mundial.

ABSTRACT

The importance of the capital goods producing sector is analyzed in two economies with different levels of economic development, Germany, and Mexico, during the years 2005 and 2015. The methodology of vertically integrated sectors is used in order to determine the innovative effort that is incorporated directly and indirectly in each sector, which allows us to identify three elements that could be the cause of the backwardness of the Mexican economy compared to the German: firstly, the Mexican economy is characterized by its low innovative capacity, reflecting a poor effort seen as R&D expenditure; second, absence of a capital goods producing sector with important connections with the productive structure and, third, lack of an industrial policy that promotes and encourages innovative efforts, which is aggravated within the current context of accelerated technological change worldwide.

Recibido: 12/noviembre/2022
Aceptado: 29/septiembre/2023
Publicado: 06/mayo/2024

Palabras clave:

| Capital incorporado |
| Sectores de alta tecnología |
| Articulación productiva |
| Industria 4.0 |

Keywords:

| Incorporated capital |
| High-tech sectors |
| Productive articulation
process | Industry 4.0 |

Clasificación JEL | JEL Classification |

O14, R15, P52, L64, L65

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia del capitalismo una de sus características más sobresalientes ha sido el continuo– y cada vez más acelerado – progreso técnico, que ha provocado cuatro grandes revoluciones industriales. La primera de ellas, en el siglo XVIII, impulsada por el desarrollo de la máquina de vapor, implicó la sustitución de la producción manual por la máquina. La segunda, a principios del siglo XX, se basó en la aplicación a gran escala de la energía eléctrica y el proceso de producción innovador en la línea de montaje, lo cual aumentó la capacidad productiva y creó un modelo de producción en masa. La tercera revolución industrial comenzó en 1970 con el desarrollo de la tecnología de la información, que propició que los procesos de producción se orientaran hacia



Esta obra está protegida
bajo una Licencia
Creative Commons
Reconocimiento-
NoComercial-
SinObraDerivada 4.0
Internacional

los métodos automatizados. Y, más recientemente, a partir del 2010, el desarrollo de una nueva generación de tecnologías de la información y la comunicación dio origen a un conjunto de innovaciones, entre las que destacan el Internet móvil, *big data*, computación en la nube y controladores industriales programables. Todos éstos han generado cambios profundos en el modelo de desarrollo y producción manufacturera, que algunos autores como Kuo (2019) han concebido como el desencadenamiento de la cuarta revolución industrial.

En cada una de dichas revoluciones industriales, el sector productor de maquinaria y equipo ha jugado un papel importante en la introducción y difusión del progreso técnico. Tal como lo afirman Nathan Rosenberg (1963, 1982, 1998) y Fernando Fajnzylber (1989, 1990), dentro del proceso de desarrollo y difusión del progreso tecnológico, un factor económico fundamental ha sido el sector de bienes de capital, productor de la maquinaria y equipo que incorpora, desarrolla y difunde las innovaciones que se introducen en el sistema económico, por lo que este sector permite vincular el proceso de innovación con el desarrollo de la estructura productiva.

Así también, el llamado proceso de globalización ha hecho inevitable la integración de las economías nacionales a la dinámica internacional, incluyendo varios aspectos, como el comercio, la inversión extranjera y los procesos de fragmentación productiva, entre otros. En este sentido, cada país emplea diversos mecanismos, dependiendo de su nivel de desarrollo económico y tecnológico, para incorporarse a este proceso. Al respecto, la hipótesis del presente trabajo es que el sector productor de bienes de capital ha sido y sigue siendo un elemento clave para generar, asimilar y difundir el cambio tecnológico que se incorpora en la estructura productiva de cada país, y su nivel de desarrollo podrá estimular o limitar el crecimiento de la economía. Lo anterior permite explicar el desempeño contrastante de dos países con diferentes niveles de desarrollo: por un lado, la positiva inserción y evolución de un país avanzado como Alemania, el cual mediante la estrategia Industria 4.0 – en la que el sector de bienes de capital ha desempeñado un papel importante – ha tenido avances significativos en la generación e introducción de innovaciones en su sector industrial; mientras que, por otro lado, un país como México, con una carencia de política industrial y un casi inexistente sector de bienes de capital, se caracteriza por sus bajos niveles de articulación productiva, un evidente nivel de subdesarrollo y, consecuentemente, enfrenta un proceso de integración subordinado y dependiente dentro del bloque de América del Norte.

El objetivo de este trabajo es analizar la importancia del sector de bienes de capital en Alemania y México durante los años de 2005 y 2015, como factor protagónico del cambio tecnológico incorporado, evaluar su evolución y determinar su función dentro de la estructura productiva de cada país. Para ello, se propone emplear el análisis de Sectores Verticalmente Integrados (SVI), a partir del modelo básico de Leontief, (1973) por ser una herramienta metodológica capaz de medir tanto las interrelaciones de las diferentes industrias con el conjunto de la estructura productiva y definir el grado de incorporación del esfuerzo innovador realizado por cada sector económico y, en particular, de la producción de bienes de capital.

Se pretende mostrar cómo una cantidad inicial de innovación realizada como producto de la investigación y el desarrollo (I+D) de una industria genérica, podría estar incorporada en los productos básicos que dicha industria produce, probablemente aumentando su calidad; es decir, incrementando la cantidad de innovación que incorporan. Tal cantidad de innovación es resultado también de aquellas otras industrias que han comprado esos bienes como insumos intermedios o como bienes de capital necesarios para producir su producto. Como resultado, la I+D gastada en un sector puede tener efectos sobre otros sectores de la economía (Cresti *et al.*, 2022).

Para cumplir con dicho objetivo, el presente documento está organizado en tres secciones: en la primera, se presentan algunas características sobre el cambio tecnológico incorporado en los dos países, con la idea de contextualizar y entender sus diferencias y posibles similitudes; en la segunda sección, se expone la metodología de sectores verticalmente integrados y el análisis gráfico de redes, los cuales fueron utilizados para estudiar la importancia del sector dentro de la estructura productiva de cada país; en la tercera sección, se analizan

los resultados para cada uno de los países, específicamente, la función de dicho sector dentro del proceso de cambio tecnológico y, finalmente, se presentan las conclusiones.

I. IMPORTANCIA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO INCORPORADO EN ALEMANIA Y MÉXICO. ELEMENTOS CONTEXTUALES

La difusión tecnológica se lleva a cabo a través de diversos mecanismos mediante los cuales las empresas adquieren innovación tecnológica externamente, en lugar de generarla internamente. Uno de estos mecanismos se presenta a partir de las compras de insumos, de maquinaria y de equipo que incorporan tecnología de última generación. Sin embargo, tanto para la creación como para la asimilación de esta nueva tecnología, las empresas necesitan realizar un importante esfuerzo a fin de lograr su implementación y, por lo mismo, precisan de actividades de investigación y desarrollo (I+D), las cuales se pueden identificar como la inversión o el gasto en I+D realizado por las empresas.

A diferencia de aquellos trabajos que se basaban principalmente en los derrames "desincorporados" o, también llamados, de conocimiento, que pertenecen a la corriente neo-schumpeteriana (Mansfield, 1991; Nonaka y Takeuchi, 1995; Lam, 2004), el presente trabajo se inscribe dentro de aquellas investigaciones que destacan la importancia de la tecnología incorporada (Terleckyj, 1974; Scherer, 1982; Sakurai *et al.*, 1997; Papaconstantinou *et al.*, 1996) y que se basan en el empleo de la información del gasto en I+D y su relación con los flujos inter-industriales (Schnabl, 1995; Leoncini *et al.*, 1996; Chang y Shih, 2005; Hauknes y Mark, 2009) y cuya característica principal es intentar identificar los flujos tecnológicos y sus efectos en la estructura productiva con el empleo de las matrices de insumo-producto. Todos estos estudios concluyen que un grupo limitado de sectores tienen una importancia fundamental para el conjunto del sistema económico por ser productores netos de tecnología, ya que representan una gran proporción de toda la tecnología incorporada en el producto final, añadiendo y transfiriendo los avances tecnológicos en materias primas y componentes. Además, la "intensidad innovadora", a nivel sectorial y de país, cambia según se trate de gasto en I+D de origen interno, o si se adquiere indirectamente a través de insumos intermedios y bienes de capital. De acuerdo con Papaconstantinou *et al.* (1996), en la mayoría de los países, se confirma la importancia de la tecnología incorporada en capital fijo por el incremento en la participación del I+D incorporado en inversión de capital, frente a una relativa disminución del I+D incorporado en productos intermedios. Por su parte, Griliches y Lichtenberg (1984), demuestran el efecto positivo sobre la productividad del gasto en I+D incorporado en insumos intermedios y bienes de capital, siendo más significativos para los últimos.

Para cuantificar el esfuerzo realizado en la asimilación y generación de nuevo conocimiento se emplea como aproximación la inversión o el gasto en I+D, ya que favorece la absorción de conocimiento y por ser un prerrequisito para su difusión. Se parte de la idea de que el éxito de una innovación dependerá de los esfuerzos previos, debido a que la mayoría de los avances técnicos se construyen sobre tecnologías anteriores e incorporan muchas de las características de los productos y procesos realizados con antelación (Rosenberg y Mowery, 1998). De esta manera, las actividades de I+D que realizan las empresas ayudan a fortalecer su capacidad tanto de asimilación de tecnología externa como de implementar mejoras en sus productos y procesos, apoyándose en los esfuerzos realizados en el pasado.

Para el caso de producción de maquinaria y equipo, la inversión en I+D consta de dos etapas: la primera, es el desarrollo de tecnología innovadora y, la segunda, es la mejora de la capacidad de absorción y aprendizaje de la tecnología generada externamente. En este sentido las empresas que invierten en I+D, estarán involucradas de alguna manera en el proceso de creación y difusión tecnológica; de ahí, la importancia de identificar la

magnitud del gasto en I+D, en particular, de aquel que se incorpora en la maquinaria y el equipo que se difunde por el sistema económico. Esto puede ser útil para distinguir los flujos intersectoriales entre la producción de bienes de capital y el resto de las actividades productivas.

Lo anterior, no implica dejar de aceptar que el conocimiento y la tecnología se difunde a través de diversos canales; por ejemplo, en estudios como el de Leoncini *et al.* (1996) y Drejer (2000) se plantea que la identificación de los flujos de I+D de producto-incorporado es un primer paso para un mejor entendimiento de la estructura de un Sistema Nacional de Innovación (Freeman y Soete, 1997; Lundvall, 1988).

Esto último cobra relevancia en el contexto actual en el que el cambio tecnológico acelerado ha propiciado una mayor integración de las economías dentro del actual proceso de globalización, el cual se caracteriza por una creciente fragmentación productiva que se conjuga con la dinámica de la inversión extranjera directa y el creciente flujo comercial. Frente a esto, cada país ha implementado diferentes estrategias de acuerdo con su visión del desarrollo. En países como Alemania se ha optado por implementar políticas proactivas hacia la innovación y el fortalecimiento industrial; en contraparte, países como México, siendo más bien pasivos, esperan que la apertura económica por sí sola permita una inserción favorable y que el sector exportador y la dinámica externa sean los factores que impulsen el desarrollo.

En el caso alemán, su gobierno – asesorado por la Academia Alemana de Ciencias – implementó el programa INDUSTRIE 4.0, basado en la producción manufacturera de dicho país. De acuerdo con los análisis de la propia Academia de Ciencias, las principales características de la Industria 4.0 son la interconexión de todo tipo de tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), así como entre las TIC y las diversas instalaciones de producción – máquinas, productos, dispositivos, dispositivos portátiles y el contenido en línea generado por el usuario de forma autónoma en el sector manufacturero, basado en cyber sistemas físicos (CPS, por sus siglas en inglés). Cabe señalar que los CPS combinan operaciones físicas con redes de tecnología de la información a través de sensores que se implantan en las instalaciones de producción y se conectan a través de Internet para intercambiar información, comunicarse, desencadenar acciones y controlarse entre sí de forma independiente (Kagerman *et al.*, 2013).

Pese a que Alemania tiene industrias de fabricación de equipos y maquinaria de clase mundial y, específicamente, se considera un líder en el campo de los sistemas integrados y la ingeniería de automatización, la industria alemana enfrenta dos desafíos importantes. En primer lugar, la competencia mundial en el campo de la maquinaria y el equipo es cada vez más feroz, los Estados Unidos no solo están revitalizando activamente su sector manufacturero, sino que los fabricantes asiáticos de maquinaria y equipo también se están poniendo al día, amenazando el estado de los fabricantes alemanes. En segundo término, el software y la tecnología de Internet son las debilidades relativas de la industria alemana (Kuo, Chu-Chi, 2019). Para enfrentar desafíos de la revolución tecnológica y mantener el liderazgo entre los proveedores mundiales de fabricación de equipos, y obtener ventajas en el campo de los sistemas integrados, Alemania desarrolló su propia Estrategia INDUSTRIA 4.0.

A diferencia del caso alemán, México implementó la llamada política neoliberal, que deja en la mano invisible toda iniciativa para el desarrollo, utilizando como principales mecanismos la apertura indiscriminada y, en particular, la integración con la economía de Estados Unidos mediante la firma del Tratado de Libre Comercio, pero sin una política industrial. En diversos trabajos se ha señalado las consecuencias que ha tenido esta visión del desarrollo para la economía mexicana, destacando la desarticulación de la estructura productiva (Nuñez, 2018), la poca calidad de las exportaciones mexicanas en términos de sus bajos niveles de productividad, generación de empleo y nivel de remuneraciones, además de la concentración de las actividades en un reducido número de sectores, lo cual limita aún más la posibilidad de articulación y encadenamientos con el conjunto de la economía (Fuji y Betancourt, 2022). En particular, en términos de la competitividad de

las exportaciones manufactureras a nivel sectorial, se indica que México sólo cuenta con ventaja sistemática en una sola industria (Automotriz), en tanto que presentan claras desventajas en manufacturas basadas en otros recursos y en manufacturas de tecnología media (procesos) (Gómez y Camacho, 2020). Todo ello es indicativo de que el proceso de globalización implica que la economía mexicana lejos de encaminarse en una senda de crecimiento y desarrollo transita por un camino de subordinación y sin más destino que ser una economía de enclave, en la que aquellas actividades que estén fuera de la dinámica de la globalización estarán excluidas del progreso económico.

II. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Un sector verticalmente integrado, o también denominado subsistema, es definido como el conjunto de todas las actividades requeridas – directa e indirectamente – para satisfacer la demanda final de un bien determinado. Este enfoque se basa en los desarrollos teóricos de Pasinetti (1985, p. 118), quien establece que “un sector verticalmente integrado es, desde un punto de vista interindustrial, un sector muy complejo, debido a que atraviesa una y otra vez todas las intrincadas conexiones interindustriales. Cualquier proceso alcanza su fin solamente cuando el producto que resulta es una mercancía final (bien de consumo o inversión)”. La correspondiente desagregación en subsistemas se obtiene al descomponer la producción de cada actividad en partes, las cuales representan la contribución global – directa e indirecta – del sector para satisfacer cada componente de la demanda final. De esta forma, se obtiene una matriz que puede reclasificar cualquier variable sectorial en subsistemas (Marengo y Sterlacchini, 1990).

Un subsistema o sector verticalmente integrado se calcula mediante una matriz insumo producto a partir del siguiente operador:

$$B = (\hat{x}^{-1}) (I - A)^{-1} \hat{y} \quad (1)$$

donde \hat{x} es la matriz diagonal de productos sectoriales, \hat{y} es la matriz diagonal de demandas finales, $(I - A)^{-1}$ es la inversa de Leontief. Cada columna del operador representa un subsistema, es decir, un vector de cuotas de producción sectorial, directa e indirectamente, necesarias para satisfacer la demanda final real del bien correspondiente. En cambio, cada fila da las proporciones de la producción del sector correspondiente que contribuyen, directa e indirectamente, a satisfacer cada componente de la demanda final; por lo tanto, debe sumar uno (Marengo y Sterlacchini, 1990).

El operador B se utiliza para reclasificar el gasto sectorial en Investigación y Desarrollo (I+D), obteniendo la matriz:

$$R = \hat{r} B \quad (2)$$

donde \hat{r} es la matriz diagonal de actividades de I+D (ya sea gasto o empleo). El elemento en la posición $i - j$ en la matriz resultante da la cantidad de I+D realizada por el sector i -ésimo pero incorporada directa e indirectamente a la producción del j -ésimo producto final. La suma de los elementos de la i -ésima fila arroja el indicador de I+D del i -ésimo sector, mientras que la suma de los elementos de la j -ésima columna da la cantidad total de I+D incorporada en la demanda final del j -ésimo producto.

Las columnas en la matriz muestran qué tanto incorpora cada subsistema en gastos de I+D (ya sea del mismo sector o de otras actividades) para producir el monto de demanda respectivo del producto y_j de demanda final, directa e indirectamente. Mediante este procedimiento, el enfoque de matriz de subsistema reproduce los flujos tecnológicos interindustriales, que muestran el gasto en innovación empleado en cada producto final individual j .

La matriz R corresponde a la intensidad en I+D sectorial directo (gasto en I+D por unidad de producto bruto); las matrices de flujos de innovación intersectorial $R(nxm)$ derivadas de la ecuación (2), denotan en el renglón i el monto de gasto en I+D realizado por el sector i para innovar el producto re-empleado (elementos en la diagonal principal) y el producto restante requerido por los otros sectores (elementos fuera de la diagonal principal). La columna j está simétricamente descrita en términos de requerimientos (Leoncini *et al.*, 1996).

Debido a que es de interés particular identificar las interdependencias del sector productor de bienes de capital en la economía y delinear la estructura de interrelaciones con el resto de los sectores, el estudio de SVI se complementa con el análisis cualitativo y de redes, que permite también realizar un análisis comparativo de la estructura de interrelaciones de diferentes países (Leoncini *et al.*, 1996; Leoncini y Montresor, 2000). Cabe señalar que, en cada matriz resultante los sectores económicos quedan representados mediante vértices (o nodos), mientras los flujos tecno-económicos intersectoriales serán los arcos (o aristas dirigidas) de la red correspondiente.

Por otro lado, para corroborar la importancia que tiene los sectores de bienes de capital como impulsores del proceso de innovación de las dos economías, se realiza una evaluación mediante el análisis de redes y su representación gráfica. La visualización de las interrelaciones permite definir el nivel de relevancia de cada uno de los sectores dentro del sistema económico. Cabe hacer mención que, en la parte empírica, se presentan el análisis de los dos países; primero de cada año en lo individual y, posteriormente, se comparan los resultados de ambos años, indicando las transformaciones más significativas.

Las gráficas de redes utilizan características visuales que distinguen entre los diferentes atributos de los nodos (o sectores) y de sus vínculos. Ello, permite ilustrar la posición de cada rama o sector dentro de la red de interrelaciones, al mostrar el tipo de asociaciones que establece con el resto de las actividades económicas, de acuerdo con dos criterios:

1. Para construir la gráfica se utiliza el algoritmo denominado Posición por Nivel, construido con el paquete de cómputo Visone,¹ el cual presenta los datos en forma jerárquica o de árbol. En dicha representación, las actividades se ubican de arriba hacia abajo según el nivel de difusión; es decir, las ramas que por sus interrelaciones directas e indirectas emiten más vínculos hacia otros sectores – o con mayor índice de centralidad hacia afuera– tienen mayor capacidad de difusión por lo que se localizarán en las primeras posiciones. Conforme se vaya descendiendo en la gráfica se encontrarán las actividades con un menor nivel de centralidad o menor grado de propagación.
2. El segundo criterio se refiere a la forma del nodo. En este caso, para diferenciar a los distintos sectores, las industrias de alta tecnología quedan representadas por un triángulo, mientras el resto de las actividades se ilustran de forma circular.

Con el fin de conocer los sectores que durante el proceso productivo asimilan los mayores flujos de innovación incorporados en los insumos utilizados, en la siguiente sección se presenta el análisis empírico de las dos economías. Cabe señalar que los datos utilizados provienen de las bases de datos STAN y ANBER de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

1. **visone** (*visual social networks*) es un software para la creación, transformación, exploración, análisis, y representación visual de redes de datos, desarrollado desde 2001, conjuntamente por la Universidad von Konstanz y el Instituto de Tecnología de Karlsruhe.

III. LOS REQUERIMIENTOS DIRECTOS E INDIRECTOS DEL GASTO EN I+D Y LA RED DE INTERRELACIONES

El análisis empírico que se presenta a continuación se basa en una aproximación a los datos de requerimientos directos e indirectos de gasto en I+D y su comparación con el gasto directo en I+D. Ello, permite determinar la derrama tecnológica, consecuencia del proceso de difusión visto como el grado de conexiones interindustriales. Primero, se expone el caso de Alemania y, en una segunda subsección, se presenta el caso de México.

Importancia de los sectores de alta tecnología para Alemania

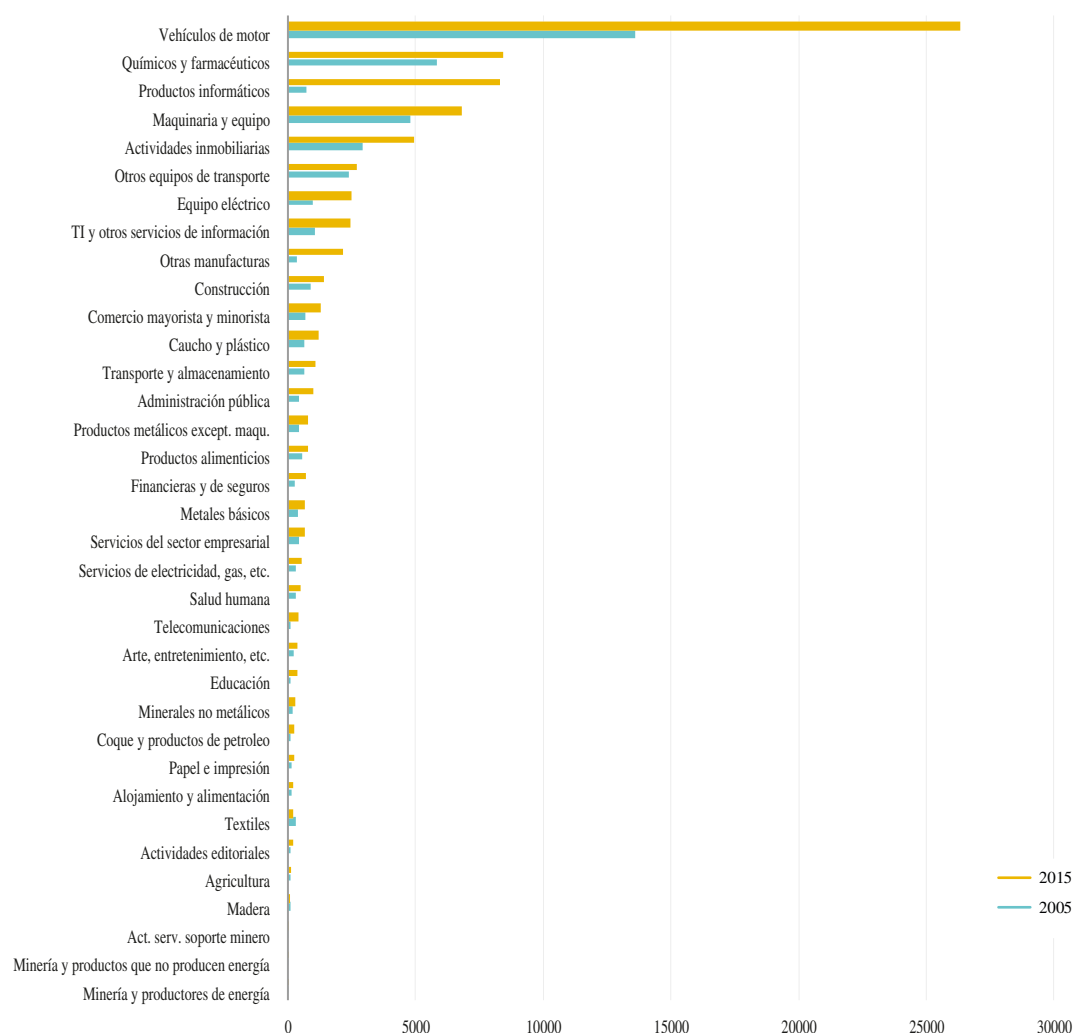
Los sectores de mayor desarrollo tecnológico en Alemania no solo tienen un alto grado de asimilación del proceso tecnológico, sino que también muestran cierta estabilidad en dicho proceso. La Gráfica 1 muestra tres resultados relevantes. En primer lugar, al comparar el desempeño de las distintas actividades productivas, los sectores de bienes de capital (Productos informáticos, Maquinaria y equipo, Otro equipo de transporte y Equipo eléctrico), junto con Química y Vehículos de motor, se localizan dentro de los siete primeros lugares de requerimientos directos e indirectos de gasto en I+D en ambos años, demostrando su alta capacidad de asimilación del esfuerzo tecnológico.

Segundo, existe cierta consistencia temporal en la posición de los distintos sectores; de esta forma, el nivel de interrelaciones que retroalimentan el esfuerzo innovador de la estructura productiva alemana es relativamente estable; sin embargo, es preciso señalar que hay industrias que han cobrado cierta relevancia, algunas de las cuales son menos tecnificadas – Otras manufacturas y tecnologías y Otros servicios de información.

Tercero, la evolución de Productos informáticos, que escala al tercer lugar en cuanto a la asimilación del esfuerzo innovador generado en la economía, demuestra que la economía alemana está más involucrada con el esfuerzo de innovación en un sector de alto protagonismo a nivel mundial, destacando su posición tanto por su relevancia tecnológica como por su capacidad para transmitir sus innovaciones hacia otros sectores productivos.

Para definir con mayor precisión el desenvolvimiento tecnológico de cada sector dentro del sistema económico, el Cuadro 1 muestra los datos de las 35 actividades productivas de la economía alemana, así como la relación que guardan en términos del gasto en I+D realizado, asimilado y transferido dentro del sistema productivo. De acuerdo con Marengo y Sterlacchini (1990), la columna A indica las cantidades de gasto en I+D que realiza cada sector; en la columna B se presentan las cantidades de gasto en I+D incorporadas directa e indirectamente en cada subsistema; la columna C indica las cantidades de gasto en I+D que son utilizadas directa e indirectamente por los mismos sectores que las originaron, esto es lo que se denomina I+D incorporado en innovaciones de procesos. Como lo señalan puntualmente Marengo y Sterlacchini (1990, p. 25): "... Estas cantidades se utilizan para calcular algunos indicadores interesantes, que se presentan en las dos últimas columnas de cada año: la columna D muestra el porcentaje de I+D sectorial que se transfiere directa e indirectamente a otros sectores; mientras en la columna E está el porcentaje de I+D de cada subsistema que se adquiere directa e indirectamente de otros sectores".

Gráfica 1.
Alemania. Requerimientos directos e indirectos gasto en I+D por sectores, 2005 y 2015



Fuente: elaboración propia con información de las bases de datos STAN y ANBER de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Como se puede corroborar con la información del Cuadro 1, la economía alemana realiza un importante esfuerzo tecnológico, al destinar recursos al proceso de innovación mediante un creciente gasto en I+D, cuyo incremento promedio anual, entre 2005 y 2015, fue del 7.5% – pasando de 40,544 millones de dólares (mdd) a 70,136 mdd.

No obstante, la evolución creciente del gasto en I+D del conjunto de la economía, existe una elevada concentración en un grupo reducido de sectores, diez actividades concentran el 92% del gasto total. Al observar el gasto en I+D incorporado en cada subsistema, se aprecia una mejor distribución con el 82% entre los diez principales sectores. Destaca el comportamiento de Construcción y Comercio mayorista y minorista, los cuales si bien se ubican en los lugares 25 y 23 del gasto en I+D que realizan, en lo referente al gasto en I+D incorporado, directa e indirectamente, ocupan la octava y décima posición, respectivamente.

Otra característica de los flujos de innovación de Alemania es el relevante papel que juegan los sectores productores de alta tecnología, tanto la producción de bienes de capital – Productos informáticos, Equipo eléctrico, Maquinaria y equipo y Otro equipo de transporte – como las actividades de Química y farmacéuticos, Vehículos de motor y TI y otros servicios de información. Todas estas industrias, además de estar entre las diez actividades de mayor gasto y de más altos requerimientos directos e indirectos de I+D, son sectores que asimilan una gran parte del esfuerzo de innovación realizado en la economía y, debido a sus interrelaciones y el peso específico que tienen, son importantes difusores del proceso de innovación hacia el sistema.

Cuadro 1.
Alemania. Gasto total en I+D y requerimientos directos e indirectos de I+D, 2005 y 2015

Sectores	2005						2015													
	A		B		C		(A-C)/A		(B-C)/B		A		B		C		(A-C)/A		(B-C)/B	
	Gasto Total I+D	Jerarquía	I+D Incorporado en cada Subsistema	Jerarquía	I+D Empleado en el proceso de Innovación de cada subsistema	I+D Transferido a otros sectores	I+D Adquirido de otros sectores	Gasto Total I+D	Jerarquía	I+D Incorporado en cada Subsistema	Jerarquía	I+D Empleado en el proceso de Innovación de cada subsistema	I+D Transferido a otros sectores	I+D Adquirido de otros sectores						
Agricultura	93.0	22	123.8	29	43.9	52.8	64.5	27.0	25	132.0	31	12.2	54.6	90.7						
Minería y productores de energía	10.7	26	16.1	33	2.1	80.3	87.0	9.0	28	10.2	35	2.7	69.7	73.3						
Minería y productos que no producen energía	10.7	26	5.7	35	3.7	64.8	34.0	9.0	28	10.8	34	1.9	79.4	82.8						
Act. servicios de soporte minero	10.7	26	9.3	34	7.6	29.1	18.4	9.0	28	11.8	33	8.8	2.3	25.3						
Prod. alimenticios	337.4	13	569.4	13	263.6	21.9	53.7	408.2	13	781.5	16	315.0	22.8	59.7						
Textiles	245.1	16	320.2	19	219.8	10.3	31.4	116.9	22	213.7	29	102.4	12.5	52.1						
Madera	157.8	19	111.3	31	74.4	52.9	33.2	25.7	26	84.8	32	12.1	52.8	85.7						
Papel e impresión	137.6	20	143.9	26	59.2	57.0	58.9	249.3	18	260.0	27	120.2	51.8	53.8						
Coque y productos de petróleo	64.4	24	127.6	27	36.4	43.5	71.5	173.5	20	260.9	26	112.7	35.0	56.8						
Químicos y farmacéuticos	7,340.0	2	5,839.4	2	5,642.1	23.1	3.4	9,949.6	2	8,418.9	2	8,004.8	19.5	4.9						
Caucho y plástico	850.1	8	659.0	11	417.9	50.8	36.6	1,398.2	10	1,204.8	12	829.3	40.7	31.2						
Minerales no metálicos	291.0	14	174.1	24	111.0	61.9	36.2	398.4	14	286.2	25	173.9	56.4	39.3						
Metales básicos.	444.6	12	403.5	17	232.1	47.8	42.5	682.4	12	689.4	18	368.4	46.0	46.6						
Productos metálicos except. maquinaria	543.3	11	440.7	15	253.9	53.3	42.4	1,059.0	11	815.1	15	505.4	52.3	38.0						
Productos informáticos	626.5	10	722.6	9	490.2	21.8	32.2	9,691.3	3	8,293.6	3	7,986.1	17.6	3.7						
Equipo eléctrico	1,321.8	7	992.6	7	779.0	41.1	21.5	2,890.3	7	2,494.0	7	2,031.8	29.7	18.5						
Maquinaria y equipo	4,763.9	3	4,784.4	3	4,079.9	14.4	14.7	7,015.6	4	6,804.6	4	5,567.6	20.6	18.2						
Vehículos de motor	13,268.2	1	13,599.0	1	12,567.9	5.3	7.6	27,586.9	1	26,309.1	1	25,030.1	9.3	4.9						

Sectores	2005						2015							
	A		B		C	(A-C)/A	(B-C)/B	A		B		C	(A-C)/A	(B-C)/B
	Gasto Total I+D	Jerarquía	I+D Incorporado en cada Subsistema	Jerarquía	I+D Empleado en el proceso de Innovación de cada subsistema	I+D Transferido a otros sectores	I+D Adquirido de otros sectores	Gasto Total I+D	Jerarquía	I+D Incorporado en cada Subsistema	Jerarquía	I+D Empleado en el proceso de Innovación de cada subsistema	I+D Transferido a otros sectores	I+D Adquirido de otros sectores
Otros equipos de transporte	2,582.6	5	2,398.2	5	2,289.4	11.4	4.5	2,579.3	8	2,721.5	6	2,391.3	7.3	12.1
Otras manufacturas	188.0	18	369.1	18	125.7	33.2	65.9	2,488.0	9	2,154.1	9	1,732.8	30.4	19.6
Servicios de electricidad, gas, etc	109.8	21	307.4	21	63.7	42.0	79.3	206.9	19	550.4	20	110.4	46.7	79.9
Construcción	30.2	25	911.4	8	26.8	11.5	97.1	96.4	23	1,426.1	10	79.0	18.1	94.5
Comercio mayorista y minorista	75.2	23	688.0	10	44.7	40.6	93.5	339.3	16	1,287.3	11	198.1	41.6	84.6
Transporte y almacenamiento	264.4	15	645.9	12	175.2	33.7	72.9	172.2	21	1,077.7	13	113.9	33.8	89.4
Alojamiento y alimentación.	0.0	29	154.4	25	0.0	0.0	100.0	0.0	33	230.4	28	0.0	0.0	100.0
Actividades editoriales	0.0	29	121.5	30	0.0	0.0	100.0	38.6	24	193.2	30	23.0	40.4	88.1
Telecomunicaciones	0.0	29	126.4	28	0.0	0.0	100.0	257.0	17	412.7	22	159.4	38.0	61.4
TI y otros servicios de información	1,925.2	6	1,064.0	6	1,016.9	47.2	4.4	3,797.6	6	2,459.2	8	2,251.1	40.7	8.5
Financieras y de seguros	224.1	17	286.5	22	108.9	51.4	62.0	365.0	15	696.4	17	209.0	42.8	70.0
Actividades inmobiliarias	3,928.0	4	2,914.2	4	2,679.2	31.8	8.1	6,082.6	5	4,939.1	5	4,456.4	26.7	9.8
Servicios del sector empresarial	699.6	9	423.2	16	208.5	70.2	50.7	0.0	33	688.0	19	0.0	0.0	100.0
Administración pública	0.0	29	455.9	14	0.0	0.0	100.0	1.3	32	1,000.6	14	1.3	0.9	99.9
Educación	0.0	29	98.5	32	0.0	0.0	100.0	0.0	33	360.2	24	0.0	0.0	100.0
Salud humana	0.0	29	314.8	20	0.0	0.0	100.0	10.3	27	496.4	21	7.1	30.5	98.6
Arte, entretenimiento, etc.	0.0	29	222.2	23	0.0	0.0	100.0	2.6	31	361.7	23	2.2	15.6	99.4
Total	40,544.0		40,544.0		32,023.5	21.0	21.0	78,136.3		78,136.3		62,920.4	19.5	19.5

Fuente: elaboración propia con información de las bases de datos STAN y ANBER de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

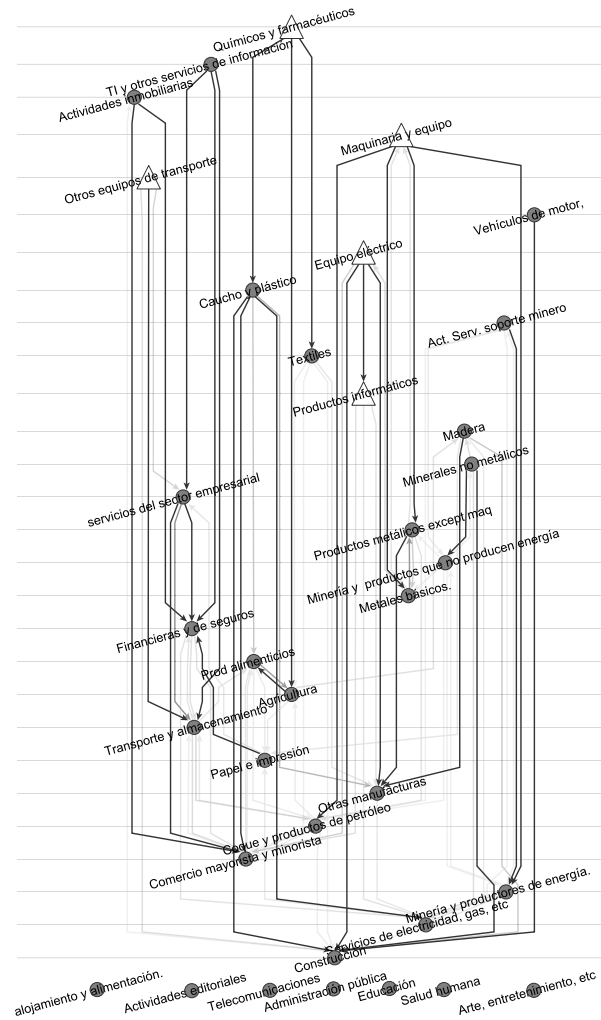
Lo anterior se corrobora con la información de las columnas 5, 6 y 7, en las que destacan Productos informáticos, Equipo electrónico y Maquinaria y equipo, localizados en la novena, séptima y tercera posición en cuanto al I+D empleado en su propio subsistema. Para 2005, dichos sectores transferían a otros el 21.8, 41.3 y 14.4 por ciento, respectivamente, del gasto en I+D total que realizaban. Para 2015, los mismos sectores aumentan significativamente el monto de transferencia. Por ejemplo, Productos informáticos pasa de 722 a 8,293 mdd; en lo referente al gasto y asimilación de I+D, sube de jerarquía del noveno al tercer lugar. Por su parte, Equipo electrónico, aumenta de 992, a 2,494 mdd; mientras Maquinaria y equipo de 4,784 a 6,804 mdd. Este último incrementa la proporción de transferencia de gasto en I+D hacia otros sectores del 14.1 al 20.6 por ciento.

En cuanto al estudio de redes, la Gráfica 2, confirma que los sectores de alta tecnología, en el año 2005, poseen la mayor capacidad de difusión del esfuerzo innovador, debido a que por la gran cantidad de vínculos dentro del sistema se ubican en las posiciones más altas y que, por lo mismo, cuentan con los mayores índices de centralidad.

Del análisis de redes del primer año de estudio sobresalen dos importantes resultados. Por un lado, el sector que realiza y asimila mayor gasto en I+D, Vehículos de motor, no ocupa la posición más importante como difusor del esfuerzo innovador. En cambio, por el gasto en I+D realizado y asimilado, Maquinaria y equipo y Otro equipo de transporte, se ubican en la tercera y quinta posición, respectivamente, y resultan ser importantes difusores de innovaciones hacia el resto del sistema. Por su parte, Química y farmacéutica, se distingue por tener un papel muy relevante dentro de la economía por su capacidad tecnológica. De estos resultados se establece que si bien es importante el esfuerzo que realiza cada sector para generar, asimilar y difundir innovaciones dentro del sistema económico, también resulta fundamental la capacidad de articulación que existe dentro del mismo.

Por otro lado, durante el primer año, las industrias manufactureras comandan el proceso de difusión del esfuerzo innovador y pese a que, en general, las actividades terciarias presentan poca relevancia dentro de la red de innovación del sistema alemán, dos actividades de servicios muestran una importante función, TI y otros servicios de información y Actividades inmobiliarias.

Grafica 2.
Red de interrelaciones de requerimientos directos e indirectos de Alemania, 2005



Fuente: elaboración propia con el programa Visone, y datos de la OCDE.

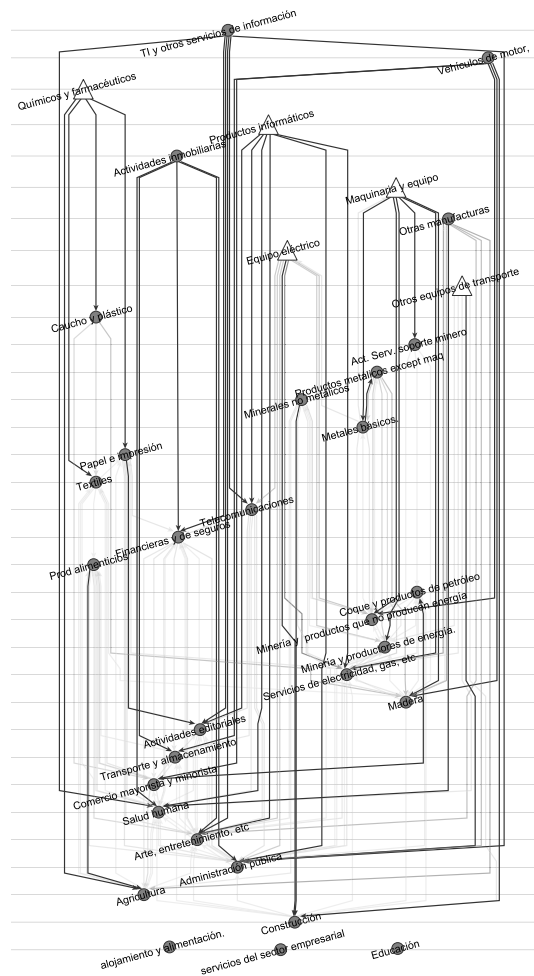
En 2015, se presentan tres cambios significativos (Gráfica 3). En primer lugar, el sector TI y otros servicios informáticos cobra una importancia fundamental y se ubica en la primera posición. Si al papel que juega dicho sector, se le añade que Productos informáticos y Equipo eléctrico se colocan en posiciones relativamente altas, es posible establecer que la estrategia de Industria 4.0 – que inició Alemania para fortalecer su producción manufacturera – ha logrado impulsar su esfuerzo innovador dentro de la estructura productiva con los sectores en los que requerían ese empuje, según el diagnóstico de la Academia Alemana de Ciencias (Kagerman *et al.*, 2013).

El segundo cambio se relaciona con la relevancia que va ganando el sector Vehículos de motor dentro de la red de innovación. De esta forma, la industria de Vehículos de motor, además de realizar y asimilar el mayor gasto en I+D de la economía alemana, también se ha convertido en una importante difusora del esfuerzo innovador.

Finalmente, en la Gráfica 3 se aprecia un posible proceso de especialización, el cual se está generando en dos bloques innovadores. De un lado, un bloque comandado por Química y farmacéutica, seguido de

industrias de transformación como Textil, Caucho y plástico, Imprenta y editoriales, a las que también se unen sectores de servicios con los que anteriormente no se tenían tantos vínculos – como Salud humana y Comercio mayorista y minorista. De otro lado, se consolida un segundo bloque orientado hacia las actividades de la Industria 4.0, las cuales están encabezadas por Vehículos de motor, con fuertes conexiones con Maquinaria y equipo, Equipo eléctrico, Otro equipo de transporte y Productos metálicos excepto maquinaria, entre otros.

Grafica 3.
Red de interrelaciones de requerimientos directos e indirectos de Alemania, 2015

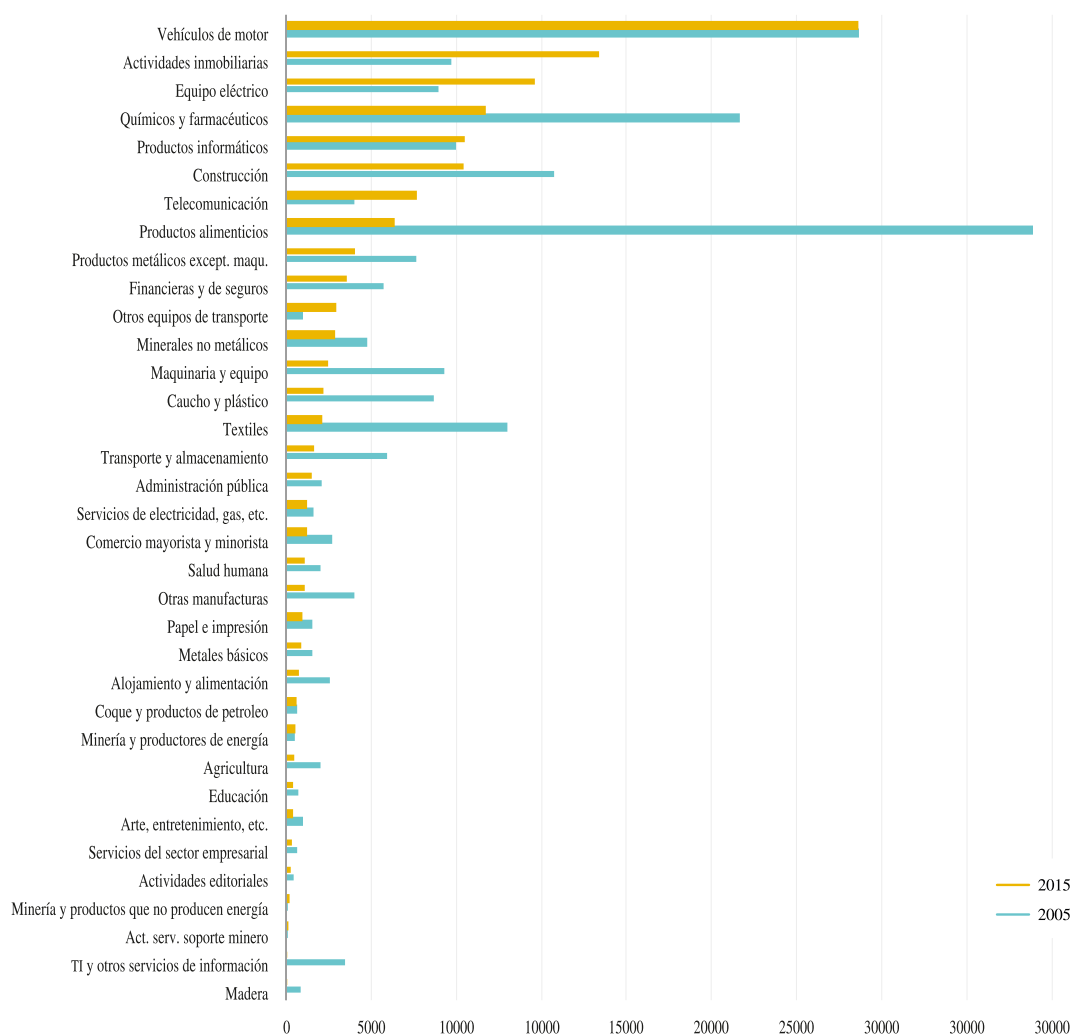


Fuente: elaboración propia con el programa Visone y datos de la OCDE.

Importancia de los sectores de alta tecnología para México

En cuanto a la evolución de los requerimientos directos e indirectos de gasto en I+D de la economía mexicana, en la Gráfica 4, se aprecian algunas características importantes, las que, a su vez, marcan diferencias sustanciales respecto a la economía alemana. Posiblemente, el único rasgo en común es la importancia que tiene para ambas economías el sector Vehículos de motor, la cual al compararse con el resto de las industrias sobresale en cuanto al monto del gasto y requerimientos directos e indirectos de I+D, durante los dos años analizados.

Gráfica 4.
México. Requerimientos directos e indirectos gasto en I+D por sectores, 2005 y 2015



Fuente: elaboración propia con datos de la OCDE.

La información sobre esfuerzo tecnológico de México presenta marcadas diferencias con relación a la economía alemana. En primer término, de 2005 al 2015, se observa una disminución del gasto en I+D en varios sectores, entre los que destacan Química y farmacéuticos, Textiles y Productos alimenticios; particularmente en este último, de ser la industria que ocupaba el primer lugar en 2005, para el segundo año desciende al octavo lugar. Segundo, si bien los sectores manufactureros tienen la más alta participación en la asimilación del gasto en I+D – con excepción del sector Equipo eléctrico que se ubica en la tercera posición – los sectores de bienes de capital no ocupan las primeras posiciones, como si ocurría en Alemania; en contraparte, varios sectores de servicios registran altos requerimientos de gasto en I+D, tal es el caso de Actividades Inmobiliarias, Construcción, Telecomunicaciones y Financieras y seguros.

Cuadro 2.
México. Gasto total en I+D y requerimientos directos e indirectos de I+D

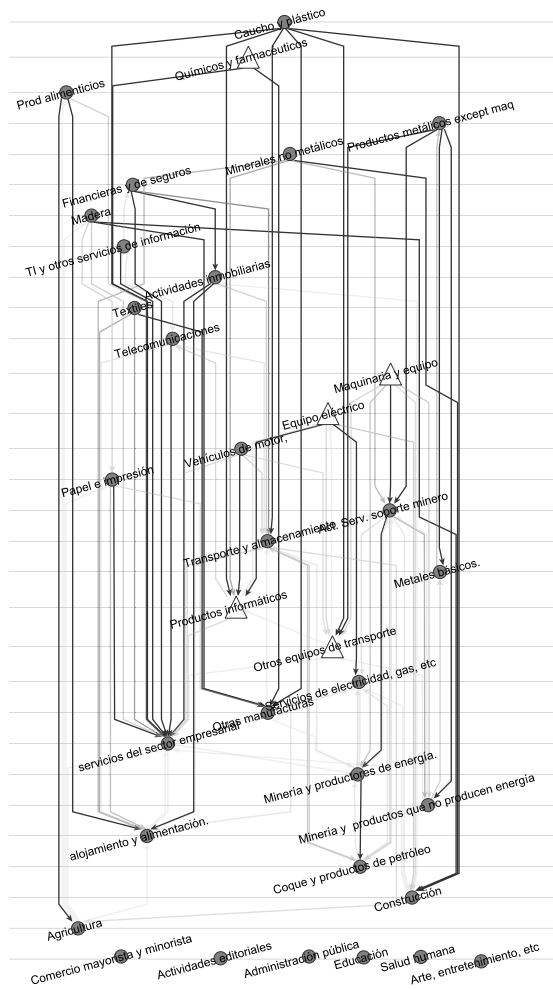
Sectores	2005							2015								
	A		B		C		(A-C)/A	(B-C)/B	A		B		C		(A-C)/A	(B-C)/B
	Gasto Total I+D	Jerarquía	I+D Incorporado en cada Subsistema	Jerarquía	I+D Empleado en el proceso de Innovación de cada subsistema	I+D Transferido a otros sectores	I+D Adquirido de otros sectores	Gasto Total I+D	Jerarquía	I+D Incorporado en cada Subsistema	Jerarquía	I+D Empleado en el proceso de Innovación de cada subsistema	I+D Transferido a otros sectores	I+D Adquirido de otros sectores		
Agricultura	0.3	28	20.3	21	0.2	44.9	99.1	0.0	27	5.2	27	0.00	0.0	100.0		
Minería y productos de energía	3.6	23	5.5	32	1.6	55.8	70.9	6.0	19	5.4	26	3.04	49.5	44.1		
Minería y productos que no producen energía	3.6	23	1.2	35	0.4	89.5	67.7	6.0	19	2.4	32	1.41	76.6	40.9		
Act. servicios de soporte minero	3.6	23	1.2	34	0.6	82.9	49.4	6.0	19	1.6	33	1.22	79.8	23.7		
Prod. alimenticios	389.5	2	438.7	1	366.6	5.9	16.4	43.2	9	63.8	8	40.08	7.2	37.1		
Textiles	127.7	6	129.9	5	109.0	14.7	16.1	20.5	13	21.5	15	16.58	19.2	23.1		
Madera	33.9	17	8.7	28	7.6	77.5	12.0	0.6	25	0.3	35	0.09	85.8	72.1		
Papel e impresión	27.4	18	15.3	25	9.8	64.2	35.9	18.2	14	9.5	22	7.46	58.9	21.7		
Coque y productos de petróleo	5.8	21	6.4	31	1.4	76.1	78.1	3.3	22	6.0	25	1.09	67.1	82.0		
Químicos y farmacéuticos	454.5	1	266.4	3	251.2	44.7	5.7	187.7	3	117.1	4	111.50	40.6	4.8		
Caucho y plástico	204.9	4	87.2	10	73.9	63.9	15.2	30.2	11	22.1	14	14.74	51.2	33.5		
Minerales no metálicos	115.6	7	48.0	14	40.9	64.6	14.8	120.5	5	29.1	12	27.58	77.1	5.2		
Metales básicos.	38.1	16	15.8	24	9.4	75.2	40.3	11.4	17	9.3	23	4.26	62.6	54.2		
Productos metálicos except. maquinaria	166.7	5	76.3	11	68.5	58.9	10.3	81.0	8	40.6	9	36.80	54.5	9.3		
Productos informáticos	54.7	12	100.2	6	48.2	11.9	51.9	89.1	7	105.1	5	84.42	5.2	19.7		
Equipo eléctrico	81.3	11	89.5	9	64.6	20.5	27.8	161.0	4	146.1	3	138.06	14.3	5.5		
Maquinaria y equipo	86.8	10	92.9	8	75.3	13.3	18.9	17.7	15	24.5	13	15.87	10.4	35.2		
Vehículos de motor	237.6	3	336.4	2	228.2	4.0	32.2	290.9	1	336.2	1	282.55	2.9	16.0		
Otros equipos de transporte	5.0	22	9.7	27	4.5	9.5	53.8	27.1	12	29.7	11	25.56	5.6	14.0		
Otras manufacturas	8.8	20	40.5	15	7.8	11.5	80.8	0.9	24	10.7	21	0.78	9.8	92.7		
Servicios de electricidad, gas, etc	11.8	19	16.1	23	8.1	31.4	49.8	11.9	16	12.7	18	8.54	28.2	32.6		
Construcción	0.3	29	157.3	4	0.3	4.0	99.8	9.8	18	104.3	6	9.64	1.6	90.8		

Sectores	2005						2015							
	A		B		C	(A-C)/A	(B-C)/B	A		B		C	(A-C)/A	(B-C)/B
	Gasto Total I+D	Jerarquía	I+D Incorporado en cada Subsistema	Jerarquía	I+D Empleado en el proceso de Innovación de cada subsistema	I+D Transferido a otros sectores	I+D Adquirido de otros sectores	Gasto Total I+D	Jerarquía	I+D Incorporado en cada Subsistema	Jerarquía	I+D Empleado en el proceso de Innovación de cada subsistema	I+D Transferido a otros sectores	I+D Adquirido de otros sectores
Comercio mayorista y minorista	0.0	30	27.4	18	0.0	0.0	100.0	0.0	27	12.6	19	0.00	0.0	100.0
Transporte y almacenamiento	42.4	13	59.4	12	31.1	26.6	47.7	2.6	23	16.7	16	1.90	25.8	88.7
Alojamiento y alimentación.	1.8	26	25.8	19	1.8	1.4	93.1	0.3	26	7.5	24	0.28	2.8	96.3
Actividades editoriales	0.0	30	4.6	33	0.0	0.0	100.0	0.0	27	2.7	31	0.00	0.0	100.0
Telecomunicaciones	39.7	14	40.2	16	34.4	13.5	14.4	91.2	6	76.9	7	74.10	18.7	3.6
TI y otros servicios de información	38.2	15	34.7	17	33.5	12.1	3.3	0.0	27	0.6	34	0.00	0.0	100.0
Financieras y de seguros	89.6	9	57.1	13	52.1	41.9	8.8	33.3	10	36.0	10	27.78	16.7	22.8
Actividades inmobiliarias	99.3	8	97.4	7	79.8	19.6	18.1	208.5	2	184.0	2	176.39	15.4	4.1
Servicios del sector empresarial	1.6	27	6.4	30	0.5	70.3	92.6	0.0	27	3.5	30	0.00	0.0	100.0
Administración pública	0.0	30	20.8	20	0.0	0.0	100.0	0.0	27	15.2	17	0.00	0.0	100.0
Educación	0.0	30	7.0	29	0.0	0.0	100.0	0.0	27	4.3	28	0.00	0.0	100.0
Salud humana	0.0	30	20.0	22	0.0	0.0	100.0	0.0	27	11.4	20	0.00	0.0	100.0
Arte, entretenimiento, etc.	0.0	30	9.7	26	0.0	0.0	100.0	0.0	27	4.3	29	0.00	0.0	100.0
Total	2,374.1		2,374.1		1,611.1	32.1	32.1	1,478.9		1,478.9		1,111.7	24.8	24.8

Fuente: elaboración propia con datos de la OCDE.

En cuanto a las características de los flujos de innovación de la economía mexicana, el Cuadro 2 muestra los gastos y requerimientos de I+D de los 35 sectores durante los dos años bajo estudio. De los datos presentados en el Cuadro se distinguen dos diferencias sustanciales respecto a la economía alemana. Primero, la baja vocación innovadora de la economía mexicana, lo que se hace evidente con la reducción del esfuerzo de innovación del conjunto de la economía medido en términos del gasto en I+D, con una caída del 5.1% promedio anual, al pasar de 2,374.1 mdd en el primer año a 1,478.9 mdd para el segundo. Al mismo tiempo, al comparar el monto total del gasto en I+D, el gasto de México únicamente representa el 5.8 y 1.8 por ciento del realizado por Alemania, durante los años de 2005 y 2015, respectivamente.

Gráfica 5.
Red de interrelaciones de requerimientos directos e indirectos de México, 2005



Fuente: elaboración propia con el programa Visone y datos de la OCDE.

Segundo, para el caso de México, no todos los sectores de alta tecnología se encuentran dentro de las diez actividades de mayor relevancia en términos tanto del gasto como en la asimilación de I+D. En particular, Maquinaria y equipo pierde posiciones al pasar del lugar 8 al 13 en los requerimientos de I+D. En contraste, tres sectores cobran mayor relevancia, escalando posiciones de mayor jerarquía, tal es el caso de Otro equipo de transporte (del 27 al lugar 11), Equipo eléctrico (del 9 al 3) y Productos informáticos (del 6 al 5). Por otra parte, las industrias de alta tecnología se distinguen más por asimilar el esfuerzo innovador realizado en otros sectores que por transferir su esfuerzo innovador hacia otros sectores; por ejemplo, Maquinaria y Equipo, en 2005, transfería solo el 13 por ciento de su esfuerzo innovador, mientras que absorbía el 18 por ciento y para 2015, dicho sector transfiere el 10 y absorbe el 35 por ciento. La única excepción es el sector Química y farmacéutica, que en ambos años tiene una transferencia tecnológica superior al 40 por ciento, en tanto asimila solo el 5 por ciento.

El único rasgo en común que tienen las dos economías es una fuerte concentración del esfuerzo innovador en un reducido número de sectores. En el caso de México, diez actividades concentran el 83 por ciento del gasto en I+D realizado en la economía. No obstante, en lo referente al gasto en I+D incorporado en cada subsistema, se observa una ligera mejor distribución, es decir, los diez principales sectores acaparan el 75 por ciento.

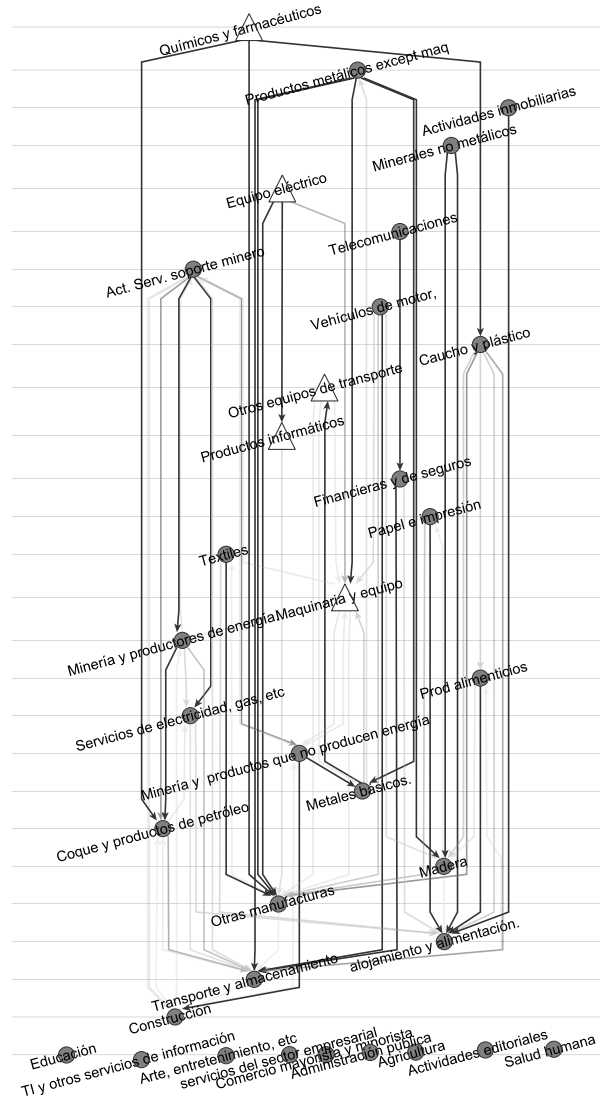
Por otro lado, al igual que en el caso alemán, también destaca la posición de la industria de la Construcción, actividad cuyo gasto realizado en 2005 la ubicaba en el lugar 29 y para 2015 en la posición 18, mientras que por el gasto en I+D asimilado – directa e indirectamente – ocupaba la posición 4 en el primer año y 6 durante el segundo.

Al visualizar las interrelaciones y el nivel de importancia de los sectores de alta tecnología, a partir del gráfico de redes de México, en el año 2005 (Gráfica 5), es posible deducir tres resultados importantes. Primero, pese a que Productos alimenticios tenía una posición sobresaliente en cuanto al gasto y requerimientos de I+D, no tenía fuertes efectos de difusión del esfuerzo innovador, colocándola por debajo de las industrias de Caucho y plásticos y Química y farmacéutica.

En segundo término, las actividades de alta tecnología asumen un papel relativamente importante dentro de la red de innovación de la economía mexicana, al ubicarse en una posición intermedia. Ello implica que en 2005 poseían cierta capacidad para asimilar y difundir el esfuerzo innovador hacia el resto de los sectores, pero no con la misma intensidad que en el caso de la economía alemana.

Tercero, solo unos pocos sectores manufactureros – Caucho y plástico, Química y farmacéutica, Productos alimenticios, Minerales no metálicos y Productos metálicos excepto maquinaria – destacan por su importancia en la red de innovaciones; al mismo tiempo, cuatro sectores pertenecientes al rubro de servicios – Actividades financieras y seguros, TI y otros servicios informáticos, Actividades inmobiliarias y Telecomunicaciones – muestran una posición intermedia en la red de interrelaciones.

Gráfica 6.
Red de interrelaciones de requerimientos directos e indirectos de México, 2015



Fuente: elaboración propia con el programa Visone, y datos de la OCDE.

Para el año 2015, se observan cambios significativos en la red de interrelaciones de México. Primero, el sector Química y farmacéuticos se posiciona como el de mayor importancia, a pesar de no ser el que realiza el mayor gasto en I+D; en contraste, los dos sectores que el año anterior se ubicaban en las posiciones más altas, Caucho y plástico y Productos alimenticios, perdieron relevancia como difusores del esfuerzo innovador.

El segundo cambio es el mayor protagonismo que adquieren algunos sectores de alta tecnología, al colocarse en posiciones superiores dentro de la red, como es el caso de Equipo eléctrico, Productos informáticos y Otro equipo de transporte, aunque cabe resaltar que Maquinaria y equipo pierde posiciones.

Por último, debe resaltarse la pérdida de importancia de los sectores terciarios dentro de la red, ya que solo se mantienen tres actividades dentro del grupo de los más importantes, Actividades inmobiliarias, Actividades de soporte minero y Telecomunicaciones.

CONCLUSIONES

Una de las principales características que teórica y empíricamente se ha destacado, en particular del sector de bienes de capital, es su capacidad de aprendizaje e innovación para crear, asimilar y difundir nuevas tecnologías. Por lo tanto, podemos afirmar que la importancia económica de este sector, en términos de sus interrelaciones, repercutirá sobre la forma en cómo fluye la innovación tecnológica hacia otras actividades productivas. En este sentido, uno de los objetivos propuestos en este trabajo fue analizar la importancia de este sector en el caso de dos economías con diferentes niveles de desarrollo económico, Alemania y México, en 2005 y 2015, para determinar el papel que desempeña sobre el cambio tecnológico y en la estructura productiva de cada economía estudiada.

A partir de la metodología de sectores verticalmente integrados, se determinó la cantidad de gasto en I+D incorporado – directa e indirectamente – en cada subsistema, mediante una reclasificación de las matrices de insumo producto. De tal manera que se obtuvo una aproximación del esfuerzo innovador que cada sector incorpora en los productos básicos que produce, por ejemplo, al aumentar su calidad y, por ende, incrementando la cantidad de innovación que incorporan.

El análisis presentado en este documento muestra dos visiones del desarrollo diferentes, reflejadas en el impacto de las estrategias impulsadas por cada país estudiado y, en particular, del papel que desempeñan los sectores de alta tecnología. En el caso alemán, dichas industrias han mantenido un carácter clave, tanto en la generación como para la difusión del esfuerzo tecnológico, posicionándose en uno de los dos bloques de mayor importancia dentro de la red de flujos de innovación. En contraparte, en México tales actividades no desempeñan un papel tan relevante; pese a que, en términos de la red de flujos tecnológicos ocupan una posición intermedia, que refleja un importante potencial para fortalecer la capacidad de generación y difusión de esfuerzo tecnológico. Al tiempo, es posible identificar tres elementos como probable causa del atraso de la economía mexicana frente a un país desarrollado como Alemania.

El primero es la baja capacidad innovadora de la economía mexicana, reflejada en el bajo y decreciente gasto en I+D realizado en las actividades productivas del país, el cual – al compararse con el gasto de la economía alemana – sólo representa el 5%.

Segundo, un papel poco significativo de los sectores productores de bienes de capital en la economía mexicana; en particular, el sector productor de Maquinaria y equipo, que pierde capacidad de vinculación y difusión del esfuerzo innovador dentro de la economía. Esto implica que el país no cuenta con un sector que se distinga por su capacidad de aprendizaje e innovación para crear, asimilar y difundir nuevas tecnologías.

Finalmente, a diferencia del caso alemán, en México no existe una política industrial como tal. En el caso de Alemania su política industrial ha derivado, entre otras cosas, a la conformación de dos bloques de innovación, uno impulsado por Maquinaria y equipo, vinculado a Productos informáticos y Equipo eléctrico, basado en el impulso de la estrategia industrial 4.0; el otro, el bloque integrado por Química y farmacéutica, que se mantiene integrado desde 2005 y permanece en una posición importante con Caucho y plásticos, Productos alimenticios, Textiles. En tanto, la economía mexicana no presenta continuidad o algún patrón de innovación hacia algún sector o grupo de sectores en particular, que impulsen u orienten a la economía, como sí lo son los bloques de innovación y el cambio tecnológico.

REFERENCIAS

- Chang, P. & Shih, H. (2005). Comparing patterns of intersectoral innovation diffusion in Taiwan and China: A network analysis. *Technovation*, 25(2), 155–169. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00077-4](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00077-4)
- Cresti, L., Dosi, G., & Fagiolo, G. (2022). Technological interdependencies and employment changes in European industries. *LEM Working Paper Series 2022/05*. Institute of Economics and EMbeDS Department, Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, Italy.
- Drejer, I. (2000). Comparing patterns of industrial interdependence in national systems of innovation —a study of Germany, the United Kingdom, Japan and the United States. *Economic Systems Research*, 12(3), 377–399. <https://doi.org/10.1080/09535310050120943>
- Fajnzylber, F. (1989). Industrialización de América Latina: de la “caja negra” al “casillero vacío”. comparación de patrones contemporáneos de industrialización. *Cuadernos de la CEPAL*, no. 60, Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Fajnzylber, F. (1990). *Transformación productiva con equidad. La tarea prioritaria de América Latina y el Caribe en los años noventa*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Freeman, C. & Soete, L. (1997). *The Economics of industrial innovation* (Third edition). London: Pinter.
- Fuji, G. y Betancourt, M. (2022). Diferencias en la calidad de las exportaciones manufactureras de México y Corea por niveles tecnológicos. *El Trimestre Económico*, 89(354), 587-611. <https://doi.org/10.20430/ete.v89i354.1286>
- Gómez, C. y Camacho, D., (2020), Estructura de las exportaciones y competitividad. El caso de México, 1995-2017. *Análisis Económico*, 35(88), 119-145. <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2020v35n88/Gomez>
- Griliches, Z. & Lichtenberg, F. (1984), R&D and Productivity Growth at the Industry Level: Is There Still a Relationship? in Griliches, Z. (ed), R&D, *Patents and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press for NBER.
- Hauknes, J. & Mark, K. (2009), Embodied knowledge and sectoral linkages: An input–output approach to the interaction of high- and low-tech industries. *Research Policy*, 38(3), 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.10.012>
- Kagerman, H., Wahlster, W. & Helbig, J. (2013), Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, *Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Acatech – National Academy of Science and Engineering, April.
- Kuo, Chu-Chi, (2019), Industrial revitalization via industry 4.0. A comparative policy analysis among China, Germany and the USA. *Global Transitions*, 1, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.glt.2018.12.001>
- Lam, A. (2004), Organizational Innovation. In J. Fagerberg, D. Mowery & R. Nelson (editors). *The Oxford Handbook of Innovation* (115-147). Oxford University Press.
- Leoncini, R, Maggioni, M.A., & Montresor, S. (1996). Intersectoral innovation flows and national technological systems: network analysis for comparing Italy and Germany. *Research Policy*, 25(3), 415-430. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(95\)00843-8](https://doi.org/10.1016/0048-7333(95)00843-8)
- Leoncini, R. & Montresor, S. (2000). Network analysis of eight technological systems. *International Review of Applied Economics*, 14(2), 213 – 234. <https://doi.org/10.1080/02692170050024750>
- Leontief, W. (1973), *Análisis Económico Input-output*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Lundvall, B.A. (1988), Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation, in G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete (Editors). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers.

- Mansfield, E. (1991). Academic research of industrial innovation, *Research Policy*, 20,(1),1-12. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(91\)90080-A](https://doi.org/10.1016/0048-7333(91)90080-A)
- Marengo, L. & Sterlachini, A. (1990). Intersectoral technology flows. Methodological aspects and empirical applications. *Metroeconomica*, 41(1), 19-39.
- Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge Creating Company*. New York: Oxford University Press.
- Núñez, G. (2018). Elementos para una estrategia de desarrollo económico de México. *Análisis Económico*, 33(84), 9-31. <https://analisiseconomico.azc.uam.mx/index.php/rae/article/view/275>
- Pao-Long Chang & Hsin-Yu Shih (2005). Comparing patterns of intersectoral innovation diffusion in Taiwan and China: A network analysis. *Technovation*, 25(2), 155–169. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00077-4](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00077-4)
- Papaconstantinou, G., Sakurai, N. & Wyckoff, A. (1996). Embodied technological diffusion: an empirical analysis for 10 OECD countries. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers 1996/1*, OECD Publishing.
- Pasinetti, L. (1985). *Cambio estructural y crecimiento económico*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Rosenberg, N. (1963). Capital goods, technology, and economic growth, *Oxford Economic Papers*, 15(3), 217-227.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the Black box. Technology and economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. y Mowery, D. (1998). *Paths of Innovation: technological change in 20th century America*. Cambridge University Press.
- Sakurai, N., Papaconstantinou, G., & Ioannidis, E. (1997). Impact of R&D and technology diffusion on productivity growth: empirical evidence for 10 OECD countries. *Economic System Research*, 9(1), 81–109. <https://doi.org/10.1080/09535319700000006>
- Scherer, F. M. (1982). Inter-industry technology flow and productivity growth. *The Review of Economics and Statistics*, 64(4), 627-634. <https://doi.org/10.2307/1923947>
- Schnabl, H. (1995). The subsystem MFA: A qualitative method for analyzing National Innovatin System. The Case of Germany. *Economic Systems Research*, 7(4), 383-393
- Terleckyj, N. (1974). *Effects of R&D on productivity growth of industries: an exploratory study*. Washington, D.C : National Planning Association.