



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTIN

**INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS SOCIALES**

**MAESTRIA EN DESARROLLO ECONÓMICO**

**Difusión intersectorial de la tecnología en Argentina y  
Canadá: un acercamiento a partir del enfoque insumo-  
producto**

Maestrando: **Martin Gentili**

Director: **Pablo Lavarello**

Co-Directora: **Verónica Robert**

Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Fecha de defensa de tesis: 15 de junio de 2021

---

# Resumen |

Las técnicas insumo-producto han caído en desuso dentro del diseño de políticas industriales y, en general, de desarrollo desde principios de la década del setenta a la fecha. Entre otros factores, se considera que esto ha sido el resultado de usos negligentes que han frenado una mayor articulación entre los enfoques estructuralistas de la década del sesenta y setenta, y la corriente neoschumpeteriano. El objetivo general de esta tesis será rediscutir sus virtudes y limitaciones orientadas al estudio de un fenómeno de creciente interés como es el cambio tecnológico. Para ello, el desarrollo se ha organizado en tres niveles de análisis diferentes: i) teórico-conceptual; ii) metodológico-conceptual; y iii) aplicación empírica. En el primero se presentan y analiza la compleja relación entre estructura económica e innovación a la luz de aportes de diferentes vertientes teóricas (especialmente, estructuralistas y neoschumpeteriano). El segundo eje realiza una revisión de las limitaciones de las tablas insumo-producto tradicionales, proponiendo una metodología alternativa que pondera las relaciones de compra-venta por un vector de I+D. La matriz resultante se conoce como “matriz tecnoeconómica” y se interpreta como una matriz de flujos de innovaciones de producto entre sectores. Finalmente, se realiza un análisis comparado de estas matrices tecnoeconómicas para los casos de Argentina y Canadá, tomadas como aproximaciones de sus respectivos Sistemas Tecnológicos, haciendo uso de técnicas de análisis de redes.

# Agradecimientos |

*A Pablo Lavarello por toda la generosidad y entusiasmo que desde un comienzo le dedicó a mi proyecto. Por sus atentas lecturas y consejos, y por recibirme en su espacio de trabajo para que esta tesis sea un punto de llegada y de partida. Y, finalmente, por ser un ejemplo de honestidad intelectual.*

*A Verónica Robert por apoyar y colaborar en este proyecto desde su origen. También por haberme regalado junto a Gabriel Yoguel un inspirador espacio de formación sobre el pensamiento crítico de la microeconomía, sin el cual este proyecto no sería el mismo.*

*A mis padres por su amor y apoyo incondicional desde la partida mi querida ciudad de Río Gallegos.*

*A mi tía Silvia, mi hermana Gabriela y a Camilo por las incontables veces que me han recibido en sus casas para hacer mi trabajo más llevadero.*

*A mi compañera Sol por el apoyo y los valiosísimos aportes que han resultado de nuestras innumerables conversaciones. Y, especialmente, por todo su cariño.*

*A Edgardo Lifschitz por introducirme al trabajo de ser economista, por confiarme su conocimiento por las matrices insumo-producto, pero más por haberme permitido conocer a una maravillosa persona.*

*A Ariel Wirkierman por su desinteresado apoyo a mis trabajos, ofreciéndome valiosos consejos y encuentros, y por acercarme material crítico para la realización de esta tesis.*

*A Matias Fuentes por todos sus consejos sobre esta hermosa profesión de investigar.*

*A Andrés Salles por todas nuestras conversaciones en las caminatas de cuarentena.*

*A la educación pública por formarme desde pequeño y, especialmente, a la UNSAM por acogerme todos estos años.*

*Y a todxs mis amigxs desde diferentes lugares de la vida que tuvieron que soportar mis quejas y caprichos todos estos años.*

Capítulo 1 .....	1
Introducción .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Objetivo, preguntas e hipótesis .....	4
1.3. Un repaso de la estructura .....	13
Capítulo 2 .....	17
Antecedentes teóricos y conceptuales del desarrollo y la tecnología: una revisión desde la perspectiva estructural y los encadenamientos productivos .....	17
2.1. Introducción .....	17
2.2. Los antecedentes estructurales del enfoque sistémico y sus vinculaciones con el análisis insumo-producto .....	20
2.2.1. Perroux, el “espacio económico” y los “polos de crecimiento” .....	20
2.2.2. Hirschman y los “encadenamientos productivos” .....	22
2.2.3. Rosenberg y Gille: la interdependencia de las técnicas .....	25
2.2.4. Damhén y los bloques de desarrollo .....	28
2.3. El enfoque sistémico de la innovación .....	30
2.3.1. Revisión del concepto de SNI y STe .....	31
2.3.2. La perspectiva sistémica y los países en desarrollo .....	40
2.4. La estructura del “espacio técnico” y del “espacio económico”: relaciones y jerarquías .....	43
2.4.1. La perspectiva del conocimiento como bien público y sus limitaciones ..	44
2.4.2. La configuración y polarización del “espacio técnico” en el “espacio económico” .....	47
2.4.3. Las industrias nodales de los STe .....	49
2.5. Resumen y conclusiones .....	52
Capítulo 3 .....	54
Discusiones metodológicas: el análisis insumo-producto y la incorporación del cambio tecnológico como factor endógeno .....	54
3.1. Introducción .....	54
3.2. El análisis insumo-producto y el cambio tecnológico .....	55

3.2.1.	Consideraciones básicas del esquema insumo-producto convencional....	56
3.2.2.	La relación entre la tecnología y el modelo insumo-producto .....	59
3.2.3.	La introducción del cambio tecnológico a los modelos insumo-producto	62
3.3.	Las matrices de innovaciones incorporadas: el aporte metodológico del análisis insumo-producto y sus limitaciones .....	70
3.3.1.	La matriz tecnoeconómica.....	70
3.3.2.	La matriz de difusión de innovaciones “incorporadas en patentes” .....	72
3.3.3.	Comparación de la metodología de las matrices de flujos de innovaciones “incorporadas en productos” e “incorporadas en patentes” .....	74
3.4.	Resumen y conclusiones .....	79
Capítulo 4.....		81
La matriz tecnoeconómica Argentina: un análisis del proceso sectorial de innovación en Argentina y una comparación con el caso canadiense.....		81
4.1.	Introducción .....	81
4.2.	Breve descripción de la innovación en el sector manufacturero argentino .....	84
4.3.	Las matrices tecnoeconómicas y los STe .....	92
4.4.	Análisis del STe de Argentina .....	94
4.4.1.	El análisis de redes y la relativización de matrices: indicadores y algunos problemas metodológicos .....	101
4.4.2.	Comparación de los STe Argentina y Canadá: resultados empíricos.....	104
4.5.	Resumen y conclusiones .....	114
Reflexiones finales y pasos a seguir .....		116
Bibliografía .....		118
Anexo.....		131

### 1.1. Introducción

Las matrices insumo-producto (MIP) son una herramienta analítica/estadística introducida por los trabajos Wassily Leontief en la década de los años 30 (Leontief, 1936). Inspirada por la *Tableau Économique* (Quesnay, 1972) de la escuela fisiócrata de mediados de siglo XVIII, esta matriz tiene la capacidad de poner a disposición una metodología cuantitativa que capte el principio de la economía como un sistema de flujo circular siguiendo el “enfoque clásico” del pensamiento económico (Kurz & Salvadori, 2000).

El uso de las mismas tuvo un auge durante los años de posguerra del siglo XX para colaborar en la planificación de la reconstrucción de las economías que habían resultado fuertemente afectadas por los episodios bélicos. Este periodo del capitalismo occidental también se caracterizaba por la consolidación en la transformación de los estados nacionales que, a diferencia de los denominados “estados liberales”, veían ampliadas sus funciones económicas interviniendo tanto en su planificación como en la producción directa de bienes y servicios (Hirsch, 1992).<sup>1</sup> A comienzos la década del 70, el agotamiento de este modelo de producción fordista con enclave en las economías nacionales repercutió negativamente sobre la atención prestada a las MIPs que, a su vez, se correspondió con un retorno al interés otorgada a las ideas de corte neoclásico.<sup>2</sup> En este

---

<sup>1</sup> Esta reflexión a *grasso modo* del periodo histórico del capitalismo está pasando por alto las especificidades nacionales y regionales concretas y, en el mejor de los casos, recoge más fielmente los sucesos de economías nacionales occidentales con procesos de industrialización madura. Pese a esto, se considera que el presente análisis sostiene su validez, en tanto, las MIP se originan y se implementan primero en este mismo tipo de economías.

<sup>2</sup> Paradojalmente, en los últimos años han proliferado proyectos diseñados por organismos multilaterales - Comisión Europea (CE), Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), entre otros- orientados a la construcción de MIP internacionales a nivel global y regional. Esto se emparenta a la creciente importancia del flujo de comercio del tipo intraindustrial -ver Timmer et al. (2015) y CEPAL (2016)-.

sentido, el proceso de auge-declive que siguió la implementación de las matrices pareció obedecer más a factores externos que a sus propias capacidades/limitaciones.

Aun cuando se considere que esta conclusión es cierta, solo lo es en un carácter relativo y no absoluto. Desde la propia heterodoxia económica se ha señalado los magros resultados que las políticas industriales basadas en el uso de MIP han tenido. Esto se vería vinculado como fruto de un sesgo interpretativo del concepto de “Polos de Crecimiento” (PC) introducido por Françoise Perroux (Perroux, 1955), y de su fuerte difusión durante la década del sesenta y setenta, haciendo un abuso mecanicista de las matrices y sus coeficientes técnicos (Andersen, 1992; Brookfield, 2012; Higgins & Savoie, 2017).

En particular, la noción original del concepto desarrollado por Françoise Perroux se asoció con el objetivo de discutir el “sentido banal” de la idea de “espacio económico” que prevalecía en la corriente neoclásica (Perroux, 1950). En esta última, se postula al espacio económico como un espacio homogéneo y sin relieve donde las fuerzas del libre mercado eventualmente distribuirán el desarrollo económico de forma simétrica. Por el contrario, la idea de los PC afirma que el desarrollo del espacio económico es asimétrico por la distribución desigual de las denominadas “industrias propulsoras”. El comportamiento de estos sectores se destaca por a) tomar decisiones de inversión en base en la introducción de innovaciones y proyecciones futuras de ganancias -es decir, no inducidas-, y, a su vez, b) inducir con su accionar el proceso de inversión e innovación -similar a la noción de clúster de innovaciones de Schumpeter (1939)- en otro conjunto de industrias conocidas como “industrias propulidas”.

El carácter intrínsecamente dinámico del concepto (basado en “leyes de sucesión”) rápidamente se operativizó bajo un lenguaje insumo-producto que postulaba que los coeficientes técnicos (temporalmente fijos) aproximaban las “vinculaciones” o “fuerzas de propulsión” de los sectores productivos. En consecuencia, la MIP podría utilizarse para identificar a los sectores productivos con mayores “efectos de arrastre” dentro del sistema económico de referencia. Luego, la modernización de las economías más atrasadas se alcanzaría invirtiendo en aquellos sectores productivos con coeficientes de vinculaciones más importantes dentro de las estructuras insumo-producto de los países desarrollados, pues, estos serían los sectores nodales de los PC.

Este revisionismo<sup>3</sup> se alejaba del concepto originario ya que las estrechas “vinculaciones” representadas en una MIP son en realidad indicadores estáticos, definidos ex-post, que no necesariamente aproximan el grado de imbricación de crecimiento secuencial entre dos industrias, ni mucho menos sus vinculaciones de tipo innovadoras. Re caer en una fuerte dependencia de emplear relaciones sincrónicas para representar a los PC “*shifted the school’s attention away from Perroux’s original translation of Schumpeterian development. They have failed to develop the point that the activity creating a growth pole was essentially a sectoral and a geographical disturbance not because of its larger than average size, nor because of its higher multiplier, but because it was an innovation*” (Lasuén, 1969, p. 25).

La motivación de la presente tesis es tomar esta relación errática entre los PC y las MIP, y utilizarla como disparador para abordar una controversia más general dentro del pensamiento económico: ¿cuál es la importancia que las estructuras productivas ya establecidas tienen en la comprensión de fenómenos más dinámicos, en particular, en el cambio tecnológico? Uno de los principales autores que promueven dicho debate, o quizás quien lo introduce de forma explícita, ha sido Joseph Schumpeter en un pasaje de su famoso libro “La teoría del desenvolvimiento económico” (Schumpeter, 1934). Allí, el autor llama a distinguir el desarrollo económico de aquello que sucede dentro del flujo de relaciones circulares que se da en la “vida económica”:

*Development in our sense is a distinct phenomenon, entirely foreign to what may be observed in the circular flow or in the tendency towards equilibrium. It is spontaneous and discontinuous change in the channels of the flow, disturbance of equilibrium, which forever alters and displaces the equilibrium state previously existing. Our theory of development is nothing but a treatment of this phenomenon and the processes incident to it* (Schumpeter, 1934, p. 64, subrayado propio)

Así, el desarrollo económico debe asociarse a las acciones innovadoras que introducen saltos cualitativos en el flujo circular anterior y, esto, nada tendría que ver con las rutinas ya establecidas. Siguiendo a Andersen (1996), esta versión de Schumpeter puede utilizarse para plantear la hipotética existencia de una línea divisoria entre los economistas (“dicotomía schumpeteriana”): a) por un lado, una corriente orientada en estudiar las relaciones productivas como estructuras relativamente inflexibles y, por ende, más cercanos a la “tradicción insumo-producto” y, por otro lado, b) una corriente más

---

<sup>3</sup> Higgins (1983) cualifica a esta adaptación del concepto de los PC como “Boudeville Version”, haciendo alusión al rol central que le adjudica a Jacques Boudeville en difundir la versión revisionista del mismo.

centrada en estudiar las innovaciones radicales y las fuerzas de “creación destructora” que provocan cambios cualitativos sobre las estructuras preexistentes.

## **1.2. Objetivo, preguntas e hipótesis**

El objetivo general de la tesis es partir del debate anterior para indagar acerca de la posibilidad de replantear metodológicamente el uso de las MIP como herramienta empírica, a fines de mejorar la comprensión de los canales en que el proceso de innovación se genera, difunde y utiliza. Para ello, la estrategia analítica que se ha seguido fue organizar el estudio en tres niveles: i) teórico-conceptual; ii) metodológico-conceptual; y iii) aplicación empírica.

Antes de desarrollar estos ejes merece enfatizarse un supuesto transversal durante el desarrollo de esta tesis. Las relaciones sincrónicas representadas en la matriz insumo-producto se asumirán como efectivas interacciones mercantiles entre sectores productivos. El principal argumento que lo sostiene es que las interdependencias estáticas reproducen “fotos” de interacciones de tipo estructural. Esto significa que las relaciones insumo-producto están configuradas históricamente por una serie de elementos (sociales, económicos, tecnológicos, institucionales) cuya dinámica está condicionada por su pasado (*path dependence*) y, por ello, se mueven muy lentamente en el tiempo. Esto último permite pensar que la MIP no es únicamente una foto de vínculos coyunturales que se suceden en un sistema económico, sino más bien, vínculos estructurales que mucho tienen para decir sobre la historia económico-social de un espacio económico y sobre sus posibles transformaciones futuras.

### Nivel teórico-conceptual

Esta instancia se considera necesaria para dar profundidad al posterior debate metodológico de la MIP. En particular, se ha reconocido la importancia de la misma por ser una herramienta empírica precisa para aproximar de forma coherente e integral la descripción del “espacio económico” (Griliches, 1979; Hanel, 1994). Desde este nivel de análisis, el interrogante general que dirigirá a la tesis es: ¿Cuáles son los espacios de complementariedad entre la literatura estructural y neoschumpeteriana para abordar los “clústers tecnológicos” desde una perspectiva espacial?

Siguiendo los trabajos de Christian DeBresson (1989, 1996c) se supondrá que a pesar de la posible separación teórica/analítica del espacio económico y el tecnológico, la

constitución de ambos depende sensiblemente de su interacción. Este *locus* donde ambas dimensiones se solapan no admite una relación causal mecanicista que vaya unidireccionalmente desde una esfera hacia la otra, sino que hay una vinculación dual e, incluso, multidimensional si se incorporasen sus interacciones con otros campos de análisis relevantes (políticas, sociales, culturales). En base a esto, se considera que es posible distinguir procesos específicos por los cuales las “estructuras económicas” condicionan el ritmo y la dirección del cambio tecnológico. Como corolario, la supuesta “dicotomía schumpeteriana” trabajaría sobre premisas falsas ya que, si bien las innovaciones tecnológicas transforman las estructuras económicas, estas últimas limitan el ritmo y dirección de las primeras. En particular, esto último parece servir para explicar mejor dinámicas al interior de paradigmas tecnológicos donde las innovaciones que predominan son de carácter incremental (Dosi, 1982).

#### Nivel metodológico/conceptual

En este plano se aborda de manera más directa el interrogante central de esta tesis, es decir, ¿qué posibilidades metodológicas ofrece el análisis insumo-producto para cualificar la generación y difusión de innovaciones dentro de un sistema económico?

Se considerará que las posibilidades son bastas, siempre y cuando se complemente con información ad-hoc, y se enuncien explícitamente sus virtudes y limitaciones. Esta tesis postula desde un “enfoque estructural” que, pese a la sincronicidad de las relaciones allí descritas, de ubicarse el análisis en periodos de corto/mediano plazo -donde las innovaciones de carácter incremental dominan a las radicales y reconociendo el carácter acumulativo de los procesos de aprendizaje- las estructuras establecidas a un nivel mesoeconómico representan un insumo de información relevante para dar cuenta de la distribución y dirección del progreso técnico.

En cuanto al llamado a complementar estas herramientas, conviene resaltar que el desarrollo del análisis insumo-producto *per se* no se limita a su aplicación en tablas insumo-producto convencionales, es decir, de aquellas que miden transacciones de bienes y servicios.<sup>4</sup> La atracción de este análisis es su posibilidad de captar y ordenar bajo

---

<sup>4</sup> Por ejemplo, Christian DeBresson ha introducido las “matrices de innovación” que en base a encuestas de empresas construye el flujo de producción y utilización de las innovaciones entre sectores productivos (DeBresson, 1996a).

indicadores sintéticos las relaciones circulares<sup>5</sup> de fenómenos con funcionamiento sistémicos (enfoque horizontal) a la par de poder diferenciar puntos focales donde las conectividades son más potentes (enfoque vertical).

Dado el interrogante central y la ausencia de información directa sobre el flujo de innovaciones, esta tesis propone la construcción de una “matriz tecnoeconómica” -es decir, una tabla insumo-producto cuyos coeficientes de intercambios están reponderados por un variable de “metainversión”<sup>6</sup> (como es el gasto en I+D) como herramienta indirecta para evaluar los flujos intersectoriales de innovación (Chang & Shih, 2005; Guan & Chen, 2009; Leoncini et al., 1996; Leoncini & Montresor, 2000; Montresor & Marzetti, 2009). El resultante será una matriz de flujos intersectoriales de “innovaciones incorporadas” donde cada elemento de la misma se interpreta como una medida difusión de innovaciones incrementales que van desde los proveedores hacia los usuarios de insumos intermedios y bienes de capital.

Antes de avanzar al tercer y último nivel de análisis debe señalarse que, dada la falta de indicadores directos de innovaciones, y de sus flujos incorporados y desincorporados, las conexiones tecnoeconómicas deben ser interpretadas como potenciales canales de difusión, dejando para posteriores investigaciones evaluar la correspondencia entre estas medidas indirectas y la difusión efectiva de tecnologías. Para ello será necesario complementar esta metodología con alguna que pueda dar cuenta del carácter cualitativo de los actores involucrados, y de sus efectivas interacciones tecnológicas.

### Nivel Empírico

La intención aquí es ubicar la discusión previa dentro de una problemática más amplia como es la del desarrollo económico y el cambio estructural (Yoguel & Barletta, 2017). En particular, la idea es poder organizar la información desarrollada en los dos niveles anteriores para contribuir en la búsqueda de atributos de las estructuras tecnoeconómicas que den cuenta de las divergencias de los procesos de desarrollo Norte-Sur.

---

<sup>5</sup> Como se menciona más arriba, aquí el análisis circular refiere a relaciones de interdependencia sincrónica, diferentes a los “flujos circulares” de Schumpeter ( 1934) que trabaja sobre relaciones diacrónicas que reproducen las condiciones de un “equilibrio estacionario”.

<sup>6</sup> El término de “metainversión” lo utiliza Anne Carter para describir “*investment in change itself*” (Carter, 1994).

El interrogante general es si existen rasgos estructurales en las matrices tecnoeconómicas que puedan resumir fortalezas y/o debilidades que existen en los sistemas tecnológicos nacionales; y, de ser así ¿cuáles serían?

El primer paso para abordar este interrogante fue la elección de Argentina y Canadá como casos empíricos para dar base material a la formulación de hipótesis. La motivación de esta tesis es estudiar la estructura del sistema tecnológico (ST) de Argentina ya que consideramos que esto tiene sumo interés para comprender sus problemas de desarrollo económico. Entonces, la pregunta que queda responder es ¿por qué Canadá? La elección de este país tiene dos argumentos complementarios. En primer lugar, dado el carácter meramente cuantitativo con los que se aproxima al ST de cada país -flujos de gasto en I+D-, se debía elegir dos países que guarden algunos rasgos en común para que los mismos operen como variables de control. En ese sentido, ambos países comparten una fuerte similitud en el origen agroexportador de estas economías y su presencia todavía relevante de productos primarios en sus canastas exportadoras, la alta extensión del territorio correspondida con una baja densidad poblacional, el reducido tamaño de mercado doméstico frente al de sus principales socios comerciales, y otros puntos en común (González & Viego, 2009; Sanz-Villarroya, 2005). Por otro lado, también era necesario elegir sistemas que, aun cumpliendo la condición anterior, registren una diferencia sensible en el grado de desarrollo de sus respectivos STs. En este sentido, el trabajo de Chudnovsky et al. (2000) ha sido extremadamente relevante para dar soporte a la hipótesis de que el ST de Canadá tiene un indiscutible mayor desarrollo relativo al de Argentina.

El segundo paso fue la generación de hipótesis operativas acerca de los atributos esperados en uno y otro ST. Específicamente, los atributos de las “matrices tecnoeconómicas” que se tendrán en cuenta son: a) densidad; b) centralización/jerarquización; y c) perfil sectorial de la generación y utilización de las innovaciones. Vale distinguir que, entre estas hipótesis, las dos primeras hipótesis son estrictamente captadas por rasgos cuantitativos de la estructura tecnoeconómica, mientras que la tercera advierte también sobre rasgos cualitativos de los sistemas.

**Hipótesis 1: la densidad de las relaciones tecnoeconómicas tiene una relación positiva con el grado de desarrollo tecnológico de los sistemas económicos, en tanto, mide el grado de conectividad del sistema.**

Este argumento es similar al expuesto por Hirschman (1958) en referencia a las externalidades pecuniarias, aunque aquí el foco está en las externalidades del tipo tecnológicas. En particular, el hecho de que los efectos de vinculación de dos sectores vistos en forma conjunta (probabilidad conjunta) sean mayores que la suma de los efectos de vinculación (adición de probabilidades simples) de cada sector tomado de manera aislada, da cuenta del carácter indivisible de la tecnología. El argumento lógico sería el siguiente: cuando una firma introduce cierta nueva tecnología A, esta, a su vez, da lugar a la introducción de un conjunto de “innovaciones relacionadas”; pero, cuando algunas de estas nuevas tecnologías relacionadas, por ejemplo la tecnología B, es introducida en una etapa posterior, esto puede ayudar a crear condiciones para la emergencia no solo de sus propias “innovaciones relacionadas”, sino también algunas nuevas tecnologías que precisan del impulso conjunto de las tecnologías A y B, y que de forma aislada no podrían ofrecer.

**Hipótesis 2: La relación esperada entre el grado de centralización (jerarquización) de la difusión y el del desarrollo relativo de los ST es negativa.**

La mayor centralización también hace al sistema más vulnerable ante las posibilidades de transformaciones en el régimen tecnoeconómico actual. Las posibilidades de un cambio coyuntural o estructural, sea interno o externo, supone que los sistemas de mayores grados de jerarquización tienen menores posibilidades de adaptarse a las transformaciones en su entorno.

Adicionalmente, asumiendo una correlación positiva entre la especialización de la estructura tecnoeconómica y el poder de mercado de las estructuras de mercado<sup>7</sup>, se añaden dos motivos para considerar las estructuras más piramidales como obstáculos para el desarrollo tecnológico. Por un lado, las mayores desigualdades que pueden estimularse dentro de sistemas muy jerárquicos van en contra de la posibilidad de potenciar el aprendizaje interactivo y la difusión de nuevos conocimientos, en tanto, el flujo de información se ve interrumpido por excesivas asimetrías en el poder de negociación entre unos y otros nodos (Lundvall, 1985, 1992). Por otro lado, estructuras de mercado más

---

<sup>7</sup> Vale recordar que esto no será directamente observable en la metodología implementada, en tanto, no se dispone información de las características de las empresas, ni tampoco de los grados de concentración de los respectivos mercados asociados.

concentradas habilitan un ejercicio del poder del mercado que bloquea la difusión sistémica de rentas económicas originadas por la innovación (Sylos-Labini, 1966).

Como atenuantes cabe mencionar que dentro de un régimen tecnológico se espera que una mayor jerarquía pueda ser positiva ya que permitiría una mejor coordinación del sistema en su conjunto y, de esta manera, una estructura más eficiente en la detección de “cuellos de botella” dentro del sistema. Además, dadas las restricciones de recursos de distintas naturalezas que caracterizan a las economías pequeñas, las diferencias de escala podrían permitir sacar provecho de la especialización para alcanzar ciertos niveles de competitividad.

**Hipótesis 3: el grado de desarrollo del sistema tecnológico está relacionado con el perfil sectorial de su estructura tecnoeconómica expresada en términos difusores. Esta hipótesis se puede presentar subdividir en dos subhipótesis: i) la centralidad difusora se concentra en los sectores que pertenecen al grupo de "proveedores especializados" (es decir, maquinaria y equipo e instrumentos no eléctricos) y "basados en ciencia" (es decir, química y electrónica); y ii) el peso del grupo "proveedores especializados" refleja mejor el grado de desarrollo del ST que el grupo "basados en ciencia".**

Esta hipótesis es una extensión de los resultados de la taxonomía de Pavitt (1984) que, a diferencia de la metodología de este estudio, trabajó con la recolección y análisis de información directa sobre innovaciones ya consumadas. La taxonomía demuestra que existen jerarquías sectoriales en la difusión del progreso tecnológico y que, precisamente, los sectores que dominan esta función son aquellos que forman parte del grupo de “proveedores especializados” y “basados en ciencia”. La segunda subhipótesis es, en realidad, un refinamiento de la primera. Los dos grupos de sectores destacados siguen “trayectorias tecnológicas”<sup>8</sup> (Dosi, 1982) diferentes lo cual, desde nuestro interés, se traduce en impactos diferenciados sobre el grado de desarrollo de los ST en cuestión.

Por un lado, los “proveedores especializados” surgen históricamente por un avance en la división del trabajo desde sectores “intensivos en escala” en la búsqueda de soluciones incrementales especializadas para sistemas productivos de creciente complejidad

---

<sup>8</sup> Dosi (1982) desarrolla el concepto de paradigma tecnológico y trayectoria tecnológica para comprender la evolución de cada sector. El primero define el conjunto de problemas relevantes y sus respectivos patrones de soluciones, mientras que el segundo los posibles caminos a seguir ya prescritos en el primero.

(Rosenberg, 1976). La base de conocimiento de estos sectores se construye en base a los conocimientos que demande la resolución de problemas al interior de la propia esfera productiva. Allí, el ritmo y dirección del proceso innovador se constituye con una activa interacción entre proveedores y usuarios, favoreciendo espacios de competencias de baja concentración y procesos de aprendizaje colectivos. Por otro lado, los sectores “basados en ciencia” tienen una base de conocimiento que se dinamiza a partir de avances científicos y la adaptación y desarrollo que es realizada dentro de los departamentos de I+D de las firmas que allí participan. Aunque estas empresas sacan provecho de la infraestructura de ciencia y técnica de los países donde operan, estos sectores tienden a organizarse en estructuras oligopólicas con menores grados de imbricación con su entorno productivo desde un punto de vista de aprendizaje e innovación. En términos de desarrollo económico, este último perfil aumenta las probabilidades de apropiación privada de los beneficios generados en la introducción de innovaciones, y deja menos margen para la difusión de beneficios hacia otros actores del ST (Patel & Pavitt, 1994).

Por todo esto, nuestra segunda subhipótesis es que las diferencias en el grado de desarrollo de los ST entre Canadá y Argentina serán evidenciadas en la participación relativa de los grupos “proveedores especializados” a favor del primero. En Argentina, en cambio, se espera que el centro difusor de mayor relevancia sea el grupo químico y farmacéutico<sup>9</sup> (“basados en ciencia”).

¿Cuáles son las implicancias de apoyarnos en la taxonomía de Pavitt para la formulación de esta tercera hipótesis? En términos generales, se estaría sosteniendo que, a pesar de que han pasado casi 40 años del último año de referencia del canónico trabajo de Keith Pavitt, su estructura de producción/utilización de innovaciones continúa siendo representativa para economías nacionales como Argentina y Canadá.

Por supuesto, la hipótesis es que esta correlación no será perfecta ya que se espera que los patrones de interdependencia nacionales recojan un proceso histórico socioeconómico que, en particular, depende en gran medida de su historia pasada de industrialización (Drejer, 1999). En primer lugar, la taxonomía de Pavitt describe el perfil estructural de las innovaciones de unas de las economías más desarrolladas de aquellos años como era Gran Bretaña con resultados que, de hecho, coinciden con los hallazgos de Rosenberg

---

<sup>9</sup> En donde Argentina se inserta como imitador con distintos grados de intensidad en I+D (Lavarello et al., 2018).

para la hegemónica economía estadounidense (Rosenberg, 1979). A diferencia de los países aquí elegidos, estas economías se caracterizaban tanto por producir las “tecnologías de frontera” como así también contar con un sistema productivo donde es utilizada. Mientras que en el caso argentino se puede afirmar con menor perjuicio de perder precisión que es una economía pequeña de fuerte dependencia tecnológica, en Canadá esto ha ido revirtiéndose en las últimas décadas (Chudnovsky et al., 2000).<sup>10</sup> No obstante, este todavía guarda un alto grado de dependencia tecnológica con Estados Unidos que queda reflejado en los flujos de inversión extranjera directa y el peso en la importación de manufacturas de alto contenido tecnológico que provienen de allí. En ese sentido, la ausencia de incorporación de flujos internacionales tecnológicos estaría dejando en ambos países una imagen parcial de las innovaciones incorporadas utilizadas domésticamente.

En segundo lugar, ese estudio está referenciando un periodo histórico donde las economías nacionales y su inserción internacional eran sensiblemente diferentes. Siguiendo la periodización de la “mundialización del capital” de autores como Françoise Chesnais (Chesnais, 1994, 1996) la etapa que comprende al trabajo de Pavitt era una fase de “economía mundial”, mientras que la actual etapa se definiría como de “mundialización financiera”.<sup>11</sup> ¿Qué implicancias se espera que tenga dicho régimen con respecto al anterior sobre las estructuras tecnoeconómicas de nuestros países? Para responder esto se deben considerar dos tendencias contrapuestas. Por un lado, la desregulación financiera de esta última etapa está relacionada con una transformación en las estrategias de acumulación de las empresas multinacionales (EMN) incluyendo un avance en la deslocalización y externalización de actividades económicas en términos globales. En este sentido, algunos autores advierten en dicho fenómeno nuevas posibilidades para desarrollar procesos de aprendizajes tecnológicos locales dentro los países en desarrollo (PED) debido a los “derrames tecnológicos” que se difunden desde los países desarrollados (PD) a través de las Cadenas Globales de Valor (Ernst, 2002). Otros autores confían más en que dichos procesos, lejos de aportar a la emergencia o fortalecimientos de los sistemas nacionales de innovación, contribuyen a profundizar la

---

<sup>10</sup> Esto es particularmente cierto en sectores como equipos de telecomunicaciones y aeronáutica, así como también en actividades como industria aeroespacial, software y biotecnología.

<sup>11</sup> La diferencia más básica entre ambas etapas sería que en la anterior etapa predominaba la valorización internacional del capital mediante la dimensión de inversión extranjera directa, mientras que en la actualidad la dimensión más relevante es los flujos de capital-dinero (Lavarello, 2004).

desarticulación existente (Chesnais, 1992; Lavarello, 2004). Esto implicaría que economías periféricas como la Argentina tendrían menores posibilidades de completar el “diamante de Pavitt” o, dicho en los términos del estructuralismo latinoamericano, de completar su matriz tecnológica.<sup>12</sup>

### **Consideraciones adicionales sobre el método y las hipótesis**

Las limitaciones asociadas al uso de datos indirectos de los que se dispone para medir tanto la generación como la difusión de nuevas tecnologías estarán reflejadas en las posibilidades limitadas que se ofrecen para constatar las tres hipótesis planteadas.

En primer lugar, los canales causales específicos por los que la densidad, la jerarquía y el perfil de las relaciones tecnoeconómicas deberían afectar la probabilidad de innovar dentro de un sistema económico no podrán ser estrictamente corroborados. En el mejor de los casos (que sería que exista una correspondencia estadística), lo único que se estaría verificando sería una correlación entre el consensado mayor grado de desarrollo del ST canadiense frente al argentino, y los atributos de sus estructuras tecnoeconómicas.

En segundo lugar, la falta de incorporación de microdatos no permite constatar hasta que medida el perfil de estos sectores coincide en la actualidad, y para cada uno de los países en cuestión, con la del perfil estilizado por Pavitt (tamaños de empresas, origen institucional del conocimiento utilizado, actividad principal). En este sentido, tampoco la metodología utilizada puede incorporar un “mapeo” de los vínculos tecnológicos del tipo “usuario-proveedor”. La direccionalidad de las matrices insumo-producto se traduce hacia las matrices tecnoeconómicas, lo que significa que la difusión de las innovaciones medidas siguen una secuencia “aguas abajo”. Empero, la fuente institucional del conocimiento que sirva como insumo en el proceso innovador es algo que excede a la información que puede aproximar la matriz tecnoeconómica.

Por último, conviene señalar una limitación más general que no refiere a las hipótesis formuladas. Esto tiene que ver con la falta de incorporación del sector servicios dentro del análisis debido a la ausencia de los datos necesarios para desagregarlos en servicios

---

<sup>12</sup> Las vías de dicha desarticulación serían tanto indirectas como directas. La primera, refiere a las transformaciones regulatorias que permiten la viabilidad de estas nuevas estrategias - liberalización financiera, desregulación y apertura comercial - que recortan la participación de la inversión en educación y ciencia y tecnología en un debilitado presupuesto público frente al creciente peso del endeudamiento externo. La segunda, mediante la sustitución y desarticulación de interacciones locales virtuosas en términos innovadores (tales como relaciones usuario-proveedor) por relaciones asimétricas estrictamente mercantiles.

intensivos en conocimiento y el resto. Es reconocido que al tiempo que se construía la taxonomía de Pavitt los servicios -incluyendo las emergentes TIC- aún cumplían una función periférica en la generación y difusión de nuevas tecnologías (Robert et al., 2018). Sin embargo, también es consensuado que desde la década del ochenta hacia la actualidad los sectores intensivos en conocimiento -servicios de comunicación, servicios de informática, servicios financieros, entre otros- han ganado importancia en formar parte activa en la configuración los sistemas tecnológicos. De hecho, la introducción de nuevas taxonomías que sí incluyan el análisis de los servicios y la heterogeneidad hacia su interior deja abierto líneas de trabajos futuros (véase Castellacci, 2008; Miozzo & Soete, 2001).

Dicho esto, se quiere dejar claro que el espíritu de esta tesis se enmarca dentro de una noción de que a los estudios a nivel de firmas y/o sectores en la producción y difusión de nuevas tecnologías se los debiera poder organizar bajo un criterio de mayor agregación sobre su posición dentro de un ST. En este sentido, la intención de este trabajo es que el mismo sea un primer paso dentro de un proyecto más amplio. En particular, su valor agregado se verá enriquecido en trabajos futuros que avancen en profundizar sobre cuáles son los canales que han sido sugeridos en las hipótesis formuladas.

La agenda futura -seguida en un proyecto de doctorado- empleará la jerarquía sectorial -en términos de producción y difusión de innovaciones- que haya resultado del trabajo empírico para hacer un recorte analítico, pasando de sistemas tecnológicos nacionales hacia sistemas sectoriales de innovación (Malerba, 2002). Para ello el uso de metodologías cualitativas que trabajen con fuentes de datos que brinden información más directa sobre la morfología de firmas y su interacción con otros actores será innegociable.

A continuación, se presenta una breve reseña del orden y contenido en que se organizarán los capítulos de desarrollo de la tesis.

### **1.3. Un repaso de la estructura**

El análisis teórico-conceptual se desarrolla en el capítulo 2. Allí el propósito es hacer uso del repaso de literatura que dejan conceptos para avanzar hacia una síntesis “estructuralista-neoschumpeteriana”. Para ello este capítulo se divide en tres secciones.

En primer lugar, se revisan los principales autores que han profundizado en el cambio tecnológico desde un “enfoque estructural”, y evaluando, en cada uno de ellos, que

posibilidad de complementación metodológica existe entre sus teorías y el análisis insumo-producto. Allí aparecen autores de posguerra como Hirschman y Perroux que formaron parte de la primera oleada de la corriente del “desarrollo económico” (sección 2.2.1 y 2.2.2, respectivamente); los aportes de historiadores del cambio técnico - Rosenberg y Gille (sección 2.2.3)- que introducen una visión sistémica del cambio tecnológico; y desde una perspectiva más micro, y decididamente más cercana a la corriente schumpeteriana, se presenta la noción de “bloques de desarrollo” de Damhén (sección 2.2.4).

En la segunda parte, se presentan los conceptos desarrollados durante la década del ochenta y del noventa de “Sistemas Nacionales de Innovación” (SNI) y de “Sistemas Tecnológicos estructurados” (STe) donde el carácter sistémico se centra, principalmente, en el microfundamento de que el aprendizaje, y por ende la innovación, tiene una naturaleza interactiva (sección 2.3.1). Finalmente, se hará una breve revisión crítica del origen y la implementación de estos conceptos para pensarse desde los países en desarrollo (sección 2.3.2).

En la última parte, este capítulo indaga acerca de los canales económicos que introducen condicionantes a la dirección y el ritmo del cambio tecnológico (sección 2.4). Para ello la primera sección (sección 2.4.1) revisa críticamente la hipótesis del conocimiento como bien público y, además, expone la necesidad de matizar la importancia del “espacio tecnológico” como elemento estructurante de cómo se ven distribuidas las nuevas tecnologías. En una segunda parte (sección 2.4.2), se describen los canales micro, meso y macroeconómicos que explican por qué el progreso técnico tiende a polarizarse dentro del espacio económico. En la última parte (sección 2.4.3), se profundiza acerca de los grupos de sectores manufactureros que han sido identificados en la literatura como los núcleos manufactureros que han tenido mayor protagonismo en definir el ritmo y difusión del cambio tecnológico: los sectores productores de bienes de capital (“proveedores especializados”) y los sectores “basados en ciencia” como la química y la electrónica. En particular, la cualificación de ambos grupos difusores será retomada en el análisis empírico del capítulo 4.

En el capítulo 3 se desarrolla el análisis desde un nivel metodológico-conceptual. El objetivo es revisar las distintas propuestas metodológicas de los esquemas insumo-producto en relación a la introducción del cambio tecnológico. Esta sección se divide en dos partes.

Primero, se introduce el esquema tradicional insumo-producto donde se revisan algunos de sus conceptos metodológicos (tales como equilibrio y productividad), y la manera en que capta la dimensión tecnológica entre sus coeficientes técnicos (sección 3.2.1 y 3.2.2). Luego, en la sección 3.2.3 se presentan dos esquemas insumo-producto que introducen dinámica al modelo anterior y, por ende, captan el fenómeno del cambio tecnológico: modelo de “inversa dinámica” de Leontief (W. W. Leontief, 1951) y el modelo de “Sectores Verticalmente Integrados” (SVI) de Luigi Pasinetti (Pasinetti, 1973).

A diferencia de lo anterior, en la segunda parte (sección 3.3) se presenta una metodología que endogeneiza una explicación sincrónica de la introducción y difusión del cambio tecnológico a partir de las relaciones insumo-producto, bajo el supuesto de “innovación incorporada”. La misma consiste en reponderar las relaciones insumo-producto con un indicador de gasto en I+D sectorial como *proxy* de la introducción de innovaciones resultando en una matriz que se denominará “tecnoeconómica”. Para ilustrar sus virtudes y limitaciones, esta metodología se compara con la “matriz de invenciones” de Scherer (1982), donde en lugar de suponer que el nuevo conocimiento se incorpora a productos y circula por los canales insumo-producto, aquí las nuevas tecnologías se incorporan a las patentes y circulan bajo el criterio proveedor-usuario.

Por último, el capítulo 4 centra en llevar el análisis previo al campo empírico. Específicamente, esto se realiza aplicando la metodología anterior al caso de Argentina y, luego, a su comparación con Canadá. De nuevo, el capítulo se separa en tres secciones.

Como introducción del caso argentino, en la sección 4.2 se hace una breve presentación descriptiva de los rasgos del proceso innovador manufacturero argentino que han surgido de explorar la Encuesta Nacional de Dinámica del Empleo e Innovación (ENDEI) que cubre el periodo 2010-2012 (ENDEI I).<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> La ENDEI I es una encuesta desarrollada de forma conjunta por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva junto con el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (MTEySS). La misma relevó una muestra de 3.691 empresas manufactureras de 10 o más ocupados, representativa a nivel nacional por rama de actividad y tamaño de empresa cubriendo los años 2010, 2011 y 2012. A su vez, la encuesta se encuentra desagregada por tamaño según nivel de empleo y/o por rama de actividad a dos dígitos del CIIU Rev.3, y con una apertura a cuatro dígitos en algunos sectores de especial interés (Alimentos y bebidas, Químicos, Maquinaria y equipo y Automotores). Esta encuesta está basada en los criterios sugeridos por el Manual de Oslo y el Manual de Bogotá. Para su acceso se requiere enviar una solicitud al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación donde se especifique qué fin se le dará al uso de la información de la encuesta (para su acceso ingresar a <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/indicadorescti/solicitar-info>).

La sección 4.3 analiza las virtudes y limitaciones de las matrices tecnoeconómicas para emplearse como herramienta operativa de la noción de STe que, de allí en adelante, serán utilizados como conceptos equivalentes.

Por último, en la sección 4.4 se implementa la metodología descrita en detalle en la sección 3.3.1 para los casos de Argentina y Canadá. Los resultados se presentan del siguiente modo: a) primero, se contrastan los resultados de la ENDEI I con aquellos que surgen de la construcción de la matriz tecnoeconómica Argentina para el año 2011; y b) luego se realiza un análisis comparativo de los resultados de la matriz tecnoeconómica del año 2011 de Argentina con los de Canadá, argumentando que el segundo país es susceptible de ser reseñado como un “caso exitoso” y que, por ciertas similitudes en sus estructuras económicas y geográficas, es contrastable con el país sudamericano. Este ejercicio comparativo se sirve del uso de indicadores de análisis de redes -densidad, centralización y grafos- que aportan la posibilidad de captar diferentes rasgos estructurales antes que meras relaciones cuantitativas.<sup>14</sup> En particular, esto será relevante para la búsqueda de propiedades que permitan cualificar los respectivos STe y, con ello, interpretar si es posible identificar argumentos a favor del mayor desarrollo del país del Norte frente al país del Sur.

Finalmente, el último apartado recoge las principales conclusiones de los capítulos anteriores, y deja cuenta de la agenda futura de investigación que el presente trabajo ha motivado. En particular, la mayor deuda a saldar será a) complementar los resultados con un enfoque micro incorporando metodologías de tipo cualitativas y b) agregar el flujo de importaciones de tecnología para mejorar la caracterización de la estructura y dinámica del ST de ambos países.

---

<sup>14</sup> En relación con el análisis empírico de las matrices, se ha utilizado el paquete “igraph” (Csardi y Nepusz, 2006) y ggraph (Pedersen, 2021), implementado en el lenguaje “R” (R Development Core Team, 2014).

## Capítulo 2

### Antecedentes teóricos y conceptuales del desarrollo y la tecnología: una revisión desde la perspectiva estructural y los encadenamientos productivos

*The history of a technology is contextual to the history of the industrial structures associated with that technology (Dosi, 1982, p. 147)*

#### 2.1. Introducción

Este capítulo tiene como objetivo presentar los principales debates teóricos y conceptuales que dan sustento a la hipótesis central de esta tesis. Esto es, que las estructuras productivas y sus interrelaciones se revelan como una dimensión imprescindible para comprender la dirección y ritmo del cambio tecnológico.

Tal como afirma Andersen (1996), dentro del desarrollo de las ideas de Schumpeter hay una parte temprana de su trabajo donde se distingue el estado estacionario del desenvolvimiento de los sistemas económicos (Schumpeter, 1934). En esta visión, el estudio de las estructuras económicas daría cuenta de las actividades rutinarias y los flujos circulares que las conforman, quedando así mejor comprendidas en la descripción sincrónica de fenómeno estáticos. La innovación, por su parte, sería la introducción de discontinuidades sobre tales estructuras -tales como nuevos productos, nuevas técnicas productivas, nuevos mercados, etcétera-, desbalanceando no solo su sistema de cantidades y precios sino, especialmente, al sistema de coeficientes técnicos que se encuentra detrás. Este último proceso, y no el primero, sería el que explica al desarrollo económico.:

*Development in our sense is a distinct phenomenon, entirely foreign to what may be observed in the circular flow or in the tendency towards equilibrium. It is spontaneous and discontinuous change in the channels of the flow, disturbance of equilibrium, which forever alters and displaces the equilibrium state previously existing. Our theory of development is nothing but a treatment of this phenomenon and the processes incident to it. (Schumpeter, 1934, p. 64)*

La separación de los fenómenos estructurales y la innovación es, en este Schumpeter, una forma de identificar una ruptura con los pensadores clásicos (y neoclásicos). En particular, objeta que estos autores asumen al cambio tecnológico como un resultado residual del proceso de división del trabajo *vis a vis* la extensión del mercado:<sup>15</sup>

*With A. Smith (division of labor) is practically the only factor in economic progress [...] Technological progress, 'invention of all those machines', -and even investments- is induced by it and is, in fact, just an incident of it. [...] Division of labor itself is attributed to an inborn propensity to truck and its development to the gradual expansion of market [...] It thus appears and grows as an entirely impersonal force, and since it is the great motor of progress, this progress too is depersonalized.*(Schumpeter, 1954, p. 182)

No obstante, durante la década del sesenta y setenta varios trabajos (Dahmén, 1970; Hirschman, 1958; Perroux, 1955) han avanzado en la búsqueda de una síntesis entre ambos fenómenos tomando como punto de partida la evidencia de que la innovación, lejos de distribuirse aleatoriamente, ha seguido patrones de polarización dentro del “espacio económico”. Adicionalmente, estas ideas se complementan con los trabajos de historiadores del cambio técnico como Rosenberg (1976, 1982) y Gille (1977, 1979) cuyos aportes principales fueron ofrecer evidencia sustancial sobre la evolución sistémica en el cambio técnico.

De hecho, la búsqueda de patrones que estructuren la dirección del cambio técnico está en línea con la noción de “clúster de innovaciones” del propio Schumpeter (Schumpeter, 1939). Este término servía para describir el fenómeno de cómo una innovación radical crea la base para una serie de respuestas más o menos adaptativas, algunas de ellas basadas en rutinas ya existentes y otras más innovadoras, aunque de carácter incremental. Sin embargo, la operatividad de estas formulaciones (especialmente, en los seguidores de Perroux y Hirschman) ha sido criticada por el excesivo lenguaje insumo-producto al que han sido traducidos, sesgando el análisis hacia un criterio estático por sobre uno dinámico (Andersen, 1992; Higgins, 1983; Hirschman, 2013; B.-Å. Lundvall et al., 2002).

---

<sup>15</sup> Al respecto, (Cesaratto, 1996) considera que estas críticas sobre los autores clásicos están fuera de lugar, en tanto, “classical economists choose not to emphasize the role of the entrepreneur neither because they believed in the automatics of economic progress nor because they considered the entrepreneur subordinate to the capitalist. They rejected the explanation of economic change based on some natural difference among ‘talents’, and not just because of their sincere democratic inclinations (without doubt more profound than Schumpeter’s own) but because behind those differences they saw other circumstances to be explored, and, in particular, the location of individuals in the social division of labor” (Cesaratto, 1996: 90).

Desde estas consideraciones, parte de la corriente sistémica de la innovación (Andersen, 1992; Lundvall, 1985, 1992) ha realizado esfuerzos por refinar el vínculo entre estructura, innovación y evolución enfatizando la importancia de las relaciones usuario-proveedor (Von Hippel, 1988) como elemento estructurante en el proceso del cambio tecnológico. Por su parte, el análisis insumo-producto ha tenido un lugar destacado en el concepto de “Sistemas Tecnológicos estructurado” (STe) como herramienta empírica para captar algunas dimensiones del proceso innovador en sistemas económicos nacionales (Leoncini *et al*, 1996).

El desarrollo de este capítulo se divide en tres secciones diferentes.

En primer lugar, se presentan las propuestas teóricas de Perroux (1955), Hirschman (1958), Rosenberg (1976, 1979), Gille (1977, 1979) y Damhén (1970, 1988) que han contribuido a explorar el vínculo estructura-innovación tomando como punto de partida al sistema productivo y sus interrelaciones (sección 2.2). Además, se hará una breve revisión crítica de su vinculación con el análisis insumo-producto en base a la opinión de los mismos autores.

En segundo lugar, aparece una descripción del enfoque sistémico de la innovación cuya virtud es una búsqueda más reciente de integrar las estructuras productivas con la dinámica del análisis neoschumpeteriano (sección 2.3). Luego de presentar brevemente el concepto de Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) (Lundvall, 1992; Nelson, 1993) y de STe (Leoncini, 1998). Por último, se revisan brevemente algunos ejes de estos conceptos para considerar su utilidad desde la mirada de los PED.

En tercer lugar, se presenta la discusión sobre la generación y, especialmente, la difusión de nuevas tecnologías desde una perspectiva intersectorial (sección 2.4). Para ello primero se revisa de manera crítica la noción de conocimientos como bien público y se matiza la autonomía del “espacio técnico” como determinante del flujo de conocimientos. En esta línea, se profundiza en el interrogante menos explorado de cómo el “espacio económico” condiciona las trayectorias del “espacio tecnológico”. Por último, se presentan dos grandes focos de la difusión del cambio técnico tecnológico del siglo XX, como han sido los sectores productores de bienes de capital e instrumentos y aquellos “basados en ciencia”, y sus consecuencias sobre el progreso técnico de las estructuras productivas.

## **2.2. Los antecedentes estructurales del enfoque sistémico y sus vinculaciones con el análisis insumo-producto**

La dinámica schumpeteriana se ha preocupado mayormente por poner el foco más allá del proceso circular de la economía y, en cambio, concentrarse en las innovaciones radicales que introducen desequilibrios o tensiones a las estructuras previas. No obstante, la propia presentación de la innovación como una “*new combination*” (Schumpeter, 1939) describe a la misma como un *locus* donde se superponen dos fuerzas opuestas: una continuación de los elementos existentes (“lo viejo”) y un cambio radical en la forma en que esos se combinan (“lo nuevo”). En este sentido, varios autores han aportado en avanzar en la síntesis de estos fenómenos, en pocas palabras, en una “síntesis estructural-neoschumpeteriana”.

### **2.2.1. Perroux, el “espacio económico” y los “polos de crecimiento”**

Uno de los conceptos que avanzaron con la “síntesis estructural-neoschumpeteriana” es el de PC introducido por Perroux (1955) con la intención de incluir una dimensión espacial a la “caja” de conceptos e hipótesis schumpeterianas (Lasuén, 1969).

Desde esta perspectiva, el desarrollo económico se distribuye de forma asimétrica en el espacio económico, y no existe una tendencia a que esto se corrija a partir de las virtudes del libre mercado como se postulaba desde la escuela neoclásica. Por el contrario, la tendencia de esta polarización del desarrollo en el espacio es la norma y se explica, entre otros factores, por la propia tendencia a la polarización del progreso técnico (DeBresson, 1989).

Desde una mirada a nivel de industrias, los PC son una referencia a la distribución y funcionalidad asimétrica que ocupan los sectores productivos clasificándose de acuerdo a su potencial de influir en el comportamiento económico y tecnológico de su entorno. El autor distingue entre aquellas industrias propulsoras (los innovadores básicos, “autónomos”) e industrias propelidas (que exhiben respuestas adaptativas entre las que se incluye la innovación “inducida”), afirmando que la potencia de desarrollo de un espacio económico depende esencialmente de la presencia del primer tipo de industrias.

Brookfield (2012) propone que el eje central para comprender estas ideas de Perroux es retomar un trabajo previo del autor (Perroux, 1950) donde el autor discutía con la teoría neoclásica acerca del concepto de “espacio económico”. En este trabajo, Perroux afirma

que dicho espacio, tal como fue definido por la escuela neoclásica, es en realidad un “espacio banal”, en tanto, delimita sus contornos por las fronteras geopolíticas que son estrictamente definidas por criterios distintos a los económicos. Por el contrario, para los agentes económicos el “espacio económico” se conforma por todas aquellas “fuerzas” que condicionan sus decisiones y que, *a priori*, no están limitadas por las distancias geográficas.<sup>16</sup> En otras palabras, el “espacio económico” estaría conformado por “*as many spaces as there are structures of abstract relations which define an object*” (Perroux, 1950, p. 91) que, el propio autor sugiere está conformado por tres dimensiones:

- Espacio de planificación: es el conjunto de relaciones entre la empresa, sus proveedores y compradores.
- Espacio de campo de fuerzas: es el campo de influencia, tanto centrípeto en atraer hombres como objetos, y centrífugo para repeler otras actividades o impedir su desarrollo.
- Espacio agregado homogéneo: su relación costo-más-distancia con otras empresas similares con quienes debe competir a un precio comparable.

Siguiendo a Brookfield (2012) esta distinción es, precisamente, el pasaje central para comprender la esencia de la noción de los PC y también la mayor fuente de su confusión. En particular, la mayor posibilidad de operativizar la idea de “espacio de planificación” habría sobreestimado su importancia, dejando de lado el concepto de menor operatividad, pero con mayor correspondencia con la naturaleza dinámica de los PC, que es el “campo de fuerzas”.<sup>17</sup> Como corolario, la teoría de los PC se fue transformando hacia un lenguaje insumo-producto donde los coeficientes de la “matriz inversa de Leontief” pasaron a ser los indicadores empíricos para calcular las “fuerzas propulsoras” de cada industria:

*it has drained the growth pole concept of its original temporal and dynamic meaning and recharged it with a static and/or comparative static content. The heavy use of input-output technique has shifted the school's attention away from Perroux's original translation of Schumpeterian development. They have failed to develop the point that the activity creating a growth pole was essentially a sectoral and a geographical disturbance not because of its bigger than average size, nor because of its higher multiplier, but because it was an innovation.* (Lasuén, 1969, p. 25 subrayado propio)

---

<sup>16</sup> Un contrapunto a este argumento será desarrollado en la sección 2.3 cuando se presente el concepto de SNI.

<sup>17</sup> Varios autores señalan que el propio autor ha sido parte responsable de asociar el análisis insumo-producto con la idea de PC (véase Higgins, 1983).

En la actualidad, dado el creciente proceso de globalización y la profundidad del cambio tecnológico, la tarea de operativizar el concepto original de Perroux mediante una matriz insumo-producto nacional parece aún menos posible que hace 40 años.<sup>18</sup> Sin embargo, tal como se desarrolla en capítulo 3 y 4, el desarrollo de un refinamiento del análisis insumo-producto permite contemplar y corregir algunos de los sesgos cometidos anteriormente.<sup>19</sup>

### **2.2.2. Hirschman y los “encadenamientos productivos”**

El trabajo de Hirschman (1958) aparece como crítica interna a las teorías de desarrollo de los años de posguerra, especialmente a la noción de “crecimiento balanceado” de Ragnar Nurkse y otros autores (Nurkse, 1952; Rosenstein-Rodan, 1957), enfatizando que el desarrollo productivo se impulsa desde la existencia de desequilibrios estructurales. En particular, el desarrollo capitalista es el resultado de una “cadena de desequilibrios” secuenciales (diacrónicos) que avanzan mediante distintas relaciones complementarias potenciadas en los procesos industrializadores.

En particular, introduce un énfasis especial en los mecanismos de inducción de inversión generado por las externalidades pecuniarias que nuevas industrias introducen mediante sus complementariedades verticales. Dejando por fuera los vínculos con la demanda final y con el mercado externo<sup>20</sup>, Hirschman propone dos tipos de “encadenamientos productivos”:

- Encadenamientos “aguas arriba” (“*Backward linkages*”): aquellos sectores que aparezcan a raíz de los estímulos generados por la aparición o extensión de la demanda de una actividad “A” para proveerse de ciertos insumos intermedios o bienes de capital.

---

<sup>18</sup> Nótese que si el problema fuese la mayor importancia que ha adquirido el comercio intraindustrial a nivel internacional, en los últimos años se han desarrollado múltiples matrices que captan flujos internacionales a nivel interindustrial.

<sup>19</sup> Otra propuesta ha sido desarrollada por Andersen (1992, 1996) para modelizar el concepto de PC mediante modelo de simulación basado en el trabajo de Nelson y Winter (1982).

<sup>20</sup> A diferencia del espacio económico definido por Perroux, aquí hay una defensa mayor a los condicionamientos que ponen las fronteras geopolíticas a concentrar interacciones en su interior. La hipótesis implícita para dejar afuera a los encadenamientos productivos internacionales tiene, por un lado, un carácter normativo en términos del desarrollo de la economía en cuestión y, por otro lado, referencia a mayores dificultades concretas para poner en ejecución encadenamientos de este tipo (Hirschman, 1958: p.99).

- Encadenamientos “aguas abajo” (“*Forward linkages*”): aquellos sectores que surjan por los incentivos creados ante la aparición o extensión de ciertos insumos o bienes de capital esenciales para su desarrollo.

Para esclarecer el concepto genérico de “encadenamientos”, el autor descompone el impacto de la aparición/crecimiento una industria “A” sobre una industria “B” en dos tipos de efectos: a) un “efecto potencial”, que se mide en término del producto neto de la incipiente industria “B”, y b) un “efecto fortaleza”, medido por la probabilidad de que dicho impacto se haga efectivo. Finalmente, el impacto total de la industria “A” sobre el conjunto de la economía (“*total linkage effect*”) queda definido como la sumatoria del producto de cada una de las industrias potencialmente afectadas ponderadas por sus respectivas posibilidades de ocurrencia.

En base a esta deconstrucción del concepto, el autor propone categorizar a las industrias según la jerarquía y tipología de sus encadenamientos. Por un lado, aparecen las “industrias satélites” y las “industrias maestras” definidas por lo esencial del vínculo en términos productivos, aun cuando el “efecto potencial” de las primeras puede ser marginal. Por otro lado, las “industrias maestras” también pueden estimular la aparición de “industrias no satélites” cuya probabilidad de ocurrencia es sensiblemente menor al de las “industrias satélites”, pero con un “efecto potencial” generalmente mayor al de aquellas.

En relación a la puesta en práctica del concepto de encadenamientos vía tablas insumo-producto, el autor advierte que esta práctica debe entenderse como un “*mental experiment*” (aunque de gran utilidad) considerando, por un lado, la sincronicidad de las relaciones descritas en una tabla insumo-producto y, por el otro lado, la naturaleza dinámica de los “encadenamientos” que él mismo ha definido.<sup>21</sup> En particular, se debe diferenciar el concepto de “encadenamientos productivos” del de “interdependencia” que, en muchas ocasiones, dentro del análisis insumo-producto ha sido empleado como términos equivalentes. En un caso extremo, la industria con mayor cantidad de encadenamientos (sincrónicos) dentro de una tabla insumo-producto, en la práctica, puede haber sido la última de todas las industrias en establecerse (Hirschman, 1958, p. 105).

---

<sup>21</sup> El ejercicio consiste en imaginarse que cada industria analizada se posiciona como la pionera del (sub)sistema económico, y que el resto de las industrias con las que guarda relación han nacido por una secuencia de encadenamientos verticales con la misma. Para ello cita los resultados del trabajo de Chenery y Watanabe (1956), y el refinamiento de los indicadores de dispersión de Rasmussen (1956).

El propio autor afirma que el mayor “éxito” del concepto de encadenamientos es resultado de su aparente mayor operatividad, comparado al de otros conceptos más abstractos (entre ellos cita a los PC de Perroux), vía tablas insumo-producto. En un trabajo posterior, recuerda que el análisis insumo-producto no es estrictamente fiel al concepto original y, a la luz del impacto del concepto y su uso en una gran cantidad de trabajos, señala que varios trabajos han omitido esta advertencia:

[...] *input-output analysis is by nature synchronic, whereas linkage effects need time to unfold. This basic difference has bedeviled various ingenious attempts at comprehensive, cross-section measurement of linkage effects and at thereby “testing the linkage hypothesis”. The more illuminating uses of the concept are perhaps to be found in a number of historically oriented studies which paid close attention to the sequence of development in individual countries.* (Hirschman, 1977: 70-71)

Como criterio básico, afirma que los “encadenamientos productivos” inducidos por una industria instalada no pueden considerarse procesos automáticos. Para ejemplificar esto utiliza el concepto de “extrañeza tecnológica” asociado a la distancia de bases de conocimiento existentes entre las industrias existentes y sus impulsos sobre actividades todavía no presentes. Por ejemplo, en el caso de las actividades agrícolas y las materias primas industriales el “salto” tecnológico de sus encadenamientos “hacia atrás” es demasiado grande dado que, bajo condiciones modernas, *“the technique of growing wheat or coffee or sugarcane has very little in common, except for the seeds or cuttings, with the technique of fabricating the tools or synthetic fertilizers that are used as inputs by the growers”* (Hirschman, 1977: 166).

Pese a estas limitaciones del análisis insumo-producto, los “*linkage effects*” sí son la causa de que las relaciones insumo-producto *vis a vis* relaciones tecnoproductivas se vean en un periodo temporal específico de una manera y no de otra. Teóricamente, cada sistema insumo-producto de Hirschman capta las trayectorias de las formas que ha ido tomando el desarrollo de las fuerzas productivas de un espacio económico y, luego, seguirá siendo sujeto de cambio a la par que sigan existiendo “desequilibrios” productivos que sean estimulados por las industrias existentes. Desde perspectiva, los “encadenamientos productivos” pueden reinterpretarse como “encadenamientos innovadores” teniendo en cuenta las nuevas actividades que emergen en su proceso (Drejer, 1999).

### **2.2.3. Rosenberg y Gille: la interdependencia de las técnicas**

Durante la década del 70 la forma en que la tecnología había sido incluida en la teoría microeconómica convencional dio lugar a una serie de estudios críticos interesados en profundizar, desde una mirada historicista, sobre la relación entre la tecnología y el desempeño económico.<sup>22</sup> Esto incluía identificar, en distintos periodos históricos, la centralidad de ciertas técnicas por sobre otras y los mecanismos en que estas estructuraban a su entorno.

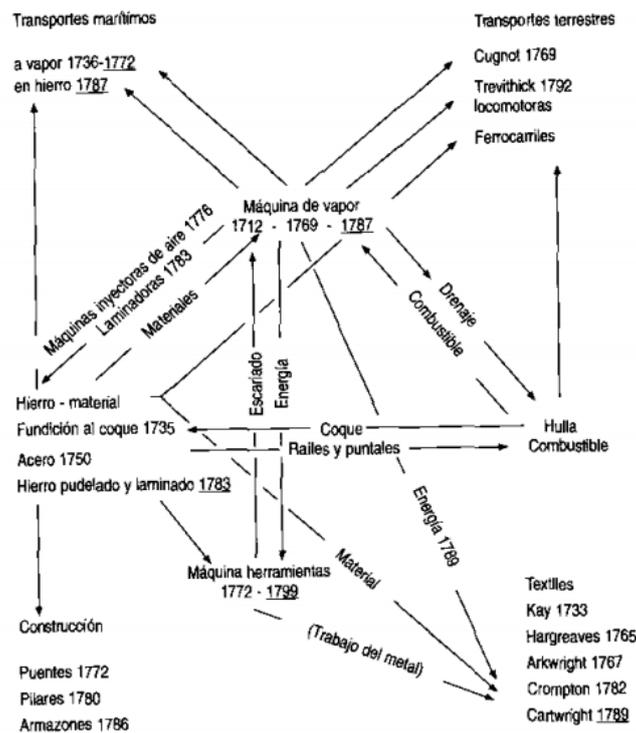
En esta línea, Gille (1977;1979) y Rosenberg (1976; 1982) han hecho algunos de los aportes más interesantes. A diferencia de autores como Schmookler (1966), donde se enfatizaba el rol de la demanda, ellos se han concentrado en las especificidades técnicas (y los costos asociados a su uso) como condicionantes de las trayectorias y vinculaciones de las tecnologías.

Siguiendo la perspectiva de la “teoría general de los sistemas” de Von Bertalanffy (1976) (aunque partiendo de la historia, y no de la cibernética) Gille, profundiza en el enfoque sistémico de las tecnologías y la evolución de los “sistemas técnicos” en el tiempo (ver Figura 1). En cada uno de ellos, existe un núcleo reducido de técnicas básicas que sale a la superficie en la práctica de las denominadas “industrias avanzadas” y que, luego, fecundan a otro conjunto de industrias a través de las “trayectorias naturales” y las difusiones interindustriales de tecnologías. El carácter complementario de las técnicas implica que las vinculaciones entre las mismas persiguen patrones de “coherencia”, definiendo, en esta búsqueda, la dinámica de cada “sistema técnico” específico.

---

<sup>22</sup> Un relevamiento de estos trabajos se presenta en Chesnais (1983).

**Figura 1. Esquema simplificado del sistema técnico de la primera mitad del siglo XIX**



Fuente: Gille (1977)

Rosenberg, por su parte, hace especial énfasis en la relación desarrollo económico y cambio tecnológico poniendo el foco en la importancia de las innovaciones incrementales sobre el crecimiento de la productividad:

*[...] a large portion of the total growth in productivity takes the form of a slow and often almost invisible accretion of individually small improvements in innovations. The difficulty in perception seems to be due to a variety of causes: to the small size of individual improvements; to a frequent preoccupation with what is technologically spectacular rather than economically significant.* (Rosenberg, 1979, p. 32)

Esto se vincula a su concepción de que el estudio de las tecnologías debe partir de la interdependencia de las mismas, para lo cual, propone la necesidad de adoptar un “enfoque sistémico”:

*The early industrial revolution can only be understood in terms of the interactions of a few basic technologies which provided the essential foundation for other technological changes in a series of ever-widening concentric circles, at the heart of which were a few major innovations. [...] One can identify similar kinds of clusterings around electrification beginning in the late 19<sup>th</sup> century, the internal combustion engine in the early 20<sup>th</sup> century, and plastics, electronics, and the computer in more recent year [...] The importance of these complementarities suggests that it may be fruitful to think of each of these major clusterings of*

innovations from a systems perspective. (Rosenberg, 1979, p. 29 el subrayado es propio)

Esta interdependencia tecnológica se habría profundizado a un ritmo creciente ante la extensión de un tipo de "economía externa" que caracterizaría al proceso moderno de industrialización iniciado hacia fines del siglo XIII. Específicamente, se refiere al fenómeno de "división del trabajo" y "especialización productiva" como mecanismo de búsqueda de rentas extraordinarias que van fragmentando los saberes técnicos que antes se agrupaban dentro de un mismo establecimiento. Este fenómeno explicaría, por ejemplo, el extraordinario crecimiento de empresas especializadas que no producen ningún tipo de producto final, sino bienes de capital y/o insumos intermedios para el uso de otra/s empresa/s (Rosenberg, 1976). En principio, el beneficiario de las innovaciones que surjan de estas "industrias especializadas" serán sus usuarios más directos, pero, luego, los beneficios pueden continuar expandiéndose en la medida que la introducción de innovaciones suelen despertar la necesidad de más innovaciones.

Como corolario, la noción de la tecnología como un circuito de relaciones interdependientes pone en evidencia la limitación de emplear los "compartimentos sectoriales" ("*conventional Marshallian industrial boundaries*") como unidades de análisis, tal como los modelos de equilibrio parcial de Alfred Marshall y el enfoque de valor agregado empleado por el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN).<sup>23</sup> Muchos aspectos del cambio tecnológico se originan a este nivel intermedio de intercambio de bienes y de allí, según el propio autor, surgen los aportes relevantes que pueden ser tomados del análisis insumo-producto:

*The great virtue of input-output analysis, for our present interests, is that it helps us to understand the structural interdependence of the economic system, and the changes over time in this structural interdependence, by providing quantitative measures (input-output coefficients) of the interindustry flow of goods and services. [...] Input-output information enables us to predict that cost-reducing technological changes in some sectors are likely to have wider-range repercussions than similar changes in other sectors.* (Rosenberg, 1979, p. 42)

En este sentido, el autor destaca dos grandes virtudes de las tablas insumo-producto: por un lado, allí se puede observar la evolución del cambio tecnológico mediante las alteraciones de los coeficientes técnicos en el tiempo -citando a "*Structural Change in the American Economy*" de Anne P. Carter como el trabajo más completo (Carter, 1970)-

---

<sup>23</sup> Un intento en esta dirección ha sido la introducción del concepto de *filière* en la literatura francesa de organización industrial (De Bandt, 1991; Toledano, 1978).

; por otro lado, también servirían para estimar qué sectores generarían mayores ganancias de productividad en el resto del sistema económico al introducir innovaciones de proceso.

Sin embargo, se señala que la productividad que se difunde de una industria hacia otra no solo responde a las posibilidades de acceder a una serie de equipos e insumos a precios menores sino también a las posibilidades para introducir ellos mismos una serie de innovaciones. De esta manera, el fenómeno de creciente interdependencias tecnológicas indica también que la innovación de cada industria depende cada vez más de una serie de innovaciones desarrolladas en otras industrias. Así lo describe para la evolución del sector textil y su dependencia en el sector de bienes de capital y la química:

*In the early stages of the industrial revolution, textile firms produced their own machines. As the size of the market for such machinery grew and as such machines became increasingly complex, the making of textile machinery became the unique responsibility of an increasingly independent set of specialized machinery producers, from whom the textile firms subsequently purchased their equipment. As the textile industry expanded in the nineteenth century, it generated other input requirements which were far beyond its own technical competence and which drew upon the skills of the chemical industry as well as machinery makers. (Rosenberg, 1979, p. 42)*

En ese sentido, el autor identifica la posibilidad de captar parcialmente el creciente fenómeno de interdependencias tecnológicas a partir de la difusión de “innovaciones incorporadas”. Precisamente, este tipo de innovaciones serán retomadas en la metodología presentada en la sección 3.3.

#### **2.2.4. Damhén y los bloques de desarrollo**

La noción de “bloques de desarrollo” de Damhén (1988) toma como punto de partida la presunción de complementariedades entre aspectos tecnológicos, técnicos, económicos e institucionales.

La interacción de estas complementariedades se representa en las estructuras productivas cuya evolución puede responder a dos tipos de procesos: a) la aparición de nuevas oportunidades que crean condiciones positivas para la aparición de nuevas tecnologías, y/o b) los bloqueos o incompatibilidades dentro de un sistema que despiertan una demanda para el surgimiento de nuevas tecnologías. De esta manera, oportunidades y bloqueos operan como potencial motor de transformaciones que finalizaría luego de que una serie de transformaciones estructurales alcance una “situación balanceada”.

Desde esta perspectiva, las complementariedades y tensiones dentro de las relaciones verticales han dado lugar a los “bloques de desarrollo”, tal como el autor ejemplifica en la historia de la industria textil británica. La introducción de la “boleadora” en el proceso de tejido de tela condujo a una grave escasez de hilo. Esta limitación sobre el proceso convencional de producción indujo una serie de inventos e innovaciones en el hilado que, eventualmente, hizo que la industria del tejido quedara atrasada hasta la llegada del telar mecánico. Llegado ese punto, la industria del hilado y el tejido resolvieron las tensiones estructurales que se había desarrollado entre ambas (Dahmén, 1988, p. 5).

La noción aquí empleada de (des)balance debe distinguirse con el uso de (des)equilibrio del enfoque neoclásico:

*The development block concept is that it belongs to [...] what I have chosen to call "Schumpeterian dynamics". This is because here the interest is in the transformation of industry and trade, i.e. neither in the optimal allocation of given resources nor in the main subjects of general macroeconomics, i.e. business cycles, employment and price levels. (Dahmén, 1988, p. 4)*

Cabe destacar que el proceso de resolución de estas tensiones no es automático, sino que depende de las capacidades de emprendedores en escenarios de competencia capitalista; allí el desafío es la persistente búsqueda de innovaciones que *vis a vis* eliminan las tensiones estructurales. Estas actividades, que en la mayoría de los casos implican resolver problemas de tipo técnicos y económicos, se basan en decisiones ajenas a aquellas que otorgan ventajas de competitividad desde un enfoque estático (tal como la política cambiaria). Tal mirada será insuficiente para abordar un fenómeno dinámico como el desarrollo industrial, incluyendo al análisis insumo-producto como una herramienta que tampoco aporta información a la resolución de los desequilibrios estructurales:

*A complex of industrial interrelations is easy to understand and is also possible to identify, e.g. by input-output schemes, when viewed as a set of static interrelations. But by the use of neoclassical eyeglasses one is likely to miss a point which is crucial, namely the dynamics of the interrelations. With Schumpeterian eyeglasses, a promising but demanding task is to analyze processes whereby such interrelations evolve through time. (Dahmén, 1988, p. 7)*

A diferencia de los otros autores que se presentaron más arriba, la propia percepción de Damhén es que el análisis estático es incompatible con la dinámica de las interrelaciones industriales y, en particular, con el análisis insumo-producto tradicional. La unidad de análisis relevante son las transformaciones dentro y entre microentidades que forman la

esencia de la dinámica industrial, para lo cual propone emplear el análisis histórico y/o estadísticas poco convencionales.

Basta aquí señalar que la asociación que Damhén hace entre el análisis insumo-producto y la escuela neoclásica implica incorporar de manera ad-hoc una serie de supuestos que no están incluidos en la construcción de las matrices insumo-producto (véase sección 3.2.1). Como se menciona más arriba, desde la posición que asumirá esta tesis se debe señalar que no se considera que el carácter sincrónico de dichas matrices imposibilite su potencial utilidad para identificar tensiones estructurales.

### **2.3. El enfoque sistémico de la innovación**

La adopción de un enfoque sistémico implica alejarse del esquema mecanicista de vías causales aislables de la “ciencia clásica” hacia un enfoque que considere sus vinculaciones específicas con otros objetos y que de forma conjunta constituyen un sistema (Von Bertalanffy, 1976). El corolario de adoptar este enfoque significa que la evolución de todo sistema es irreductible a la suma de los comportamientos aislados de sus componentes.

Desde el pensamiento económico, este abordaje ha sido adoptado tempranamente por la corriente de los llamados autores clásicos de la economía política (François Quesnay, Adam Smith, David Ricardo, Karl Marx, entre otros) aunque, posteriormente, dejado de lado en la corriente *mainstream* del pensamiento marginalista. Más específicamente, las principales consecuencias de incorporar una visión sistémica desde la economía son: a) que cada sistema económico tendrá su propia identidad basada en la estructura de sus componentes y en la dinámica de sus interacciones; b) el comportamiento de cada uno de sus actores (en sus diferentes niveles de agregación) solamente puede ser comprendido en función de las vinculaciones con su entorno; y c) la dinámica del sistema económico será un proceso discontinuo no convergente (es decir, de cambios cualitativos) transformando su estructura por la búsqueda de coherencia interna y con su entorno.

Más recientemente, esta estructura de pensamiento ha sido recuperada por un conjunto de autores, aunque en este caso para concentrarse en el estudio del proceso innovador. A continuación, se hace una presentación de los conceptos de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) y Sistemas Tecnológicos estructurados (STe) enfatizando sus elementos estructurales.

### **2.3.1. Revisión del concepto de SNI y STe**

Desde la década del 80', estas consideraciones teóricas, sus terminologías y sus acercamientos metodológicos han sido recogidas, especialmente, en las ideas de la escuela neoschumpeteriana y del evolucionismo. Con énfasis en la tesis schumpeteriana de la innovación como motor del desarrollo económico, pero bajo una ampliación del marco teórico y metodológico del autor austriaco, proponen hipótesis de comportamiento críticas a las convencionales: diversidad de actores contra agente representativo, racionalidad limitada contra agentes maximizadores, conocimiento local y tácito contra conocimiento como bien público, procesos de aprendizaje irreversibles y rendimientos crecientes contra libre movimiento de capitales y rendimientos marginales decrecientes, entre otros.

Como consecuencia, el cambio tecnológico será reconocido como un fenómeno de naturaleza sistémica cuya pauta no puede ser comprendida a partir de un enfoque reductible a dinámicas micro, meso o macroeconómicas sino, contrariamente, por la interacción compleja de estos niveles y su entorno. A los fines de la presente tesis se destaca el desarrollo de dos conceptos teóricos: el Sistema Nacional de Innovación (SNI) y el Sistema Tecnológico estructurado (STe).<sup>24</sup>

#### **2.3.1.1. El sistema nacional de innovación (SNI) desde la estructura de la producción**

El SNI postula que la innovación es el resultado de las interacciones entre diferentes instituciones públicas y privadas que configuran la orientación y el ritmo del proceso de generación, difusión y utilización de nuevos conocimientos dentro espacios económicos nacionales (Freeman, 1987; Lundvall, 1992b; Nelson, 1993).<sup>25</sup>

La delimitación a lo "nacional" se funda en el argumento de que, pese a la profundización del proceso globalizador, las fronteras geopolíticas aún son determinantes en el ritmo y dirección del proceso innovador. Por un lado, esto revela un interés del enfoque de hacer del concepto una herramienta analítica útil para los hacedores de política ante la creciente

---

<sup>24</sup> El primer concepto utilizado fue el de SI que, posteriormente, se le añadió el término "nacional" (Lundvall, 2007) . Mas se incorporaron otros conceptos en línea con nuevos recortes analíticos tales como Sistemas Regionales de Innovación (Cooke, 2004; Maskell & Malmberg, 1999), Sistemas Sectoriales de Innovación (Malerba, 2002) y Sistemas Tecnológicos (Carlsson, 2006).

<sup>25</sup> La noción sistémica ha sido implementada a distintos niveles de agregación además de los nacionales (locales, regionales, sectoriales) delimitados por distintos recortes analíticos que definen las fronteras conceptuales de los respectivos sistemas.

tensión que se pone en pugna entre la internacionalización de las relaciones y la denominada “economía del aprendizaje” (Lundvall et al., 2002). Por otro lado, esto también revela la importancia del marco geopolítico como construcción histórica de reglas que configuran las interacciones que, eventualmente, resultan en innovaciones. El aprendizaje interactivo es una construcción de largo plazo que se organiza más fácilmente en un entorno donde hay pocas restricciones lingüísticas y culturales para la transferencia de conocimiento tácito y donde un sistema multilateral de relaciones de confianza se puede organizar más fácilmente (Johnson, 1992).

A su interior conviene distinguir entre una línea usualmente identificada con una perspectiva más “amplia” de la noción de innovación asociada a los trabajos de Bengt-Åke Lundvall (1992) y una mirada más “estrecha” adjudicada a línea del libro compilatorio de casos de estudios nacionales editado por Richard Nelson (Nelson, 1993). En el primero, el uso de la noción de instituciones esta mayormente asociado a los hábitos, rutinas y códigos de conducta -instituciones informales-, mientras que el segundo se orienta a la noción de instituciones como estructuras jerarquizadas con objetivos explícitos. En este último, la innovación es ejecutada a partir de la actividad destinadas a la producción de bienes y/o servicios y aquellas instituciones (públicas o privadas) dedicadas de forma directa a la producción y/o promoción del conocimiento científico-tecnológico, mientras en el primero el foco se incluye el comportamiento de instituciones sociales, regulaciones macroeconómicas, sistemas financieros y educativos, entre otros, que condicionan el aprendizaje y la construcción de capacidades de las microentidades (Lundvall et al., 2009).

A los fines de complementar estas perspectivas y dada la mayor similitud entre la “versión estrecha” de los SNI y la noción de STe (véase sección 2.3.1.3), en esta subsección se hace referencia a la “versión amplia” de los SNI.<sup>26</sup>

El microfundamento que estructura la noción de los SNI, y con esto se vincula a los autores de la sección 2.2, son las relaciones usuario-proveedor como interfaces de información sensibles para el proceso innovador. Esto implica acercarse al estudio cualitativo del aprendizaje y la construcción de capacidades de las firmas a partir de las interacciones que las mismas guardan en la esfera de la producción en su doble carácter

---

<sup>26</sup> También esta versión es conocida como la “Aalborg-version” por haber sido gestada y difundida desde un equipo de investigación de la Universidad de Aalborg (Dinamarca) donde entre sus referentes más importantes figuran Bengt-Åke Lundvall, Björn Johnson, Esben Sloth Andersen, entre otros.

de productor y usuario de bienes y/o servicios. De hecho, los autores han hecho saber la influencia del “enfoque estructural” reconociendo de que las estructuras económicas son, junto al entorno institucional, la dimensión más relevante que da forma a los SNI (Lundvall, 1992a). No obstante, este concepto también ha tomado distancia de algunos de los autores de la perspectiva estructural, ya que se ha omitido la importancia del rol de los usuarios en el proceso innovador otorgando excesiva importancia a las industrias posicionadas “aguas arriba” (Lundvall et al., 2002).<sup>27</sup>

Adicionalmente, reconocen como antecedente teórico la noción de “*home market hypothesis*” (Linder, 1961) donde se destaca la importancia del espacio institucional domestico como un “contexto amigable” para el aprendizaje y la construcción de capacidades de las empresas. Luego, la especialización de la canasta exportadora debe ser interpretado “*as reflecting competition between verticals or production rather than competition between national industries*” (Lundvall, 1985, p. 34).

De esta manera, el eje en las relaciones usuario-proveedor de los SNI implica reconocer la importancia del entramado productivo como un espacio institucional de aprendizaje. En este sentido, la función de las relaciones usuario-proveedor ya establecidas operan de manera similar a los encadenamientos “aguas arriba” y “aguas abajo” de Hirschman, aunque ahora pensados como “canales de información”:

*An important aspect of firm strategies is related to user-producer relationships. The existing forward and backward linkages will act as strong restraints upon what the firm can do – the opening up of new channels of information and the development of new codes will involve investment costs and the outcome is uncertain.*(Lundvall, 1985, p. 36)

¿Qué relación existe entre las relaciones usuario-proveedor y aquellas expresadas en un esquema insumo-producto? En primer lugar, si bien ambas relaciones involucran relaciones de compra-venta en un espacio de producción, las relaciones insumo-producto están representadas desde una perspectiva intersectorial mientras que los SNI refieren a vínculos entre empresas. En este sentido, se puede afirmar que toda relación insumo-producto es una relación usuario-proveedor, pero no viceversa. Lundvall (1996) advierte al respecto:

*When the division of labor between sectors between users and producers of innovation is flexible and changing because of “sticky information” (von Hippel,*

---

<sup>27</sup> Esta idea ya había sido desarrollada en Schmookler (2013).

*1990), the input-output framework gives too mechanistic a picture of even the division of labor, because it tends to locate innovation in one specific sector, while in fact the innovation may be the outcome of a process in which the locus of innovative activities has been shifting between sectors. (Lundvall, 1996, p. 361)*

En segundo lugar (y más importante), las relaciones usuario-proveedor interesan en tanto representan un flujo dinámico de información bidireccional (y muchas veces tácito), mientras que las relaciones insumo-producto describen flujos sincrónicos mercantiles unidireccionales. La estrecha "vinculación" de sectores revelada en las tablas insumo-producto no tiene una correlación necesaria con interfaces que sigan el "principio de aprendizaje colectivo"; esto es, vínculos que no están estandarizados de acuerdo con el qué se intercambia y el cómo se ejecuta dicho intercambio, lo cual, es inversamente proporcional a la densidad de información intercambiada. Por el contrario, lo más probable es que dado su nivel de agregación las relaciones de las tablas insumo-producto revelen una situación "madura" con entregas estandarizadas ("principio de abstracción de la *commodity*") y, por ende, con pocas posibilidades de introducir innovaciones (Andersen, 1992).

A pesar de esto, Drejer (1999) describe de manera formal como un análisis más dinámico del esquema insumo-producto podría ser complementario bajo la noción de las relaciones usuario-proveedor de los SNI. Para ello el trabajo parte de tener en consideración el doble carácter de las relaciones insumo-producto, esto es, como "coeficientes de intercambio" y como "coeficientes de producción".

En relación al primer carácter, la estructura ex-ante de vínculos productivos son condicionante de la innovación, en tanto, proporciona una plataforma de rutinas empresariales desde donde se impulsan los "proceso de búsqueda". En este sentido, las relaciones insumo-producto como "coeficientes de intercambio" pueden servir para establecer un criterio para establecer para cada sector donde se están registrando interacciones productivas:

$$\mathbf{S}_{jt} = f(\mathbf{F}_{ji,t}, \mathbf{B}_{ij,t}, \mathbf{H}_{j,t}) \quad (1)$$

Donde  $\mathbf{S}_{jt}$  representa el proceso de búsqueda del sector  $j$  en el periodo  $t$ ;  $\mathbf{F}_{ji,t}$  representa el nivel de conocimientos de los sectores ubicados "aguas arriba" (usuarios) en el periodo  $t$ ;  $\mathbf{B}_{ij,t}$  representa el nivel de conocimientos de los sectores ubicados "aguas abajo"

(proveedores) en el periodo  $t$ ; y  $\mathbf{H}_{j,t}$  representa el nivel de conocimientos del mismo sector  $j$  en el periodo  $t$ .

De esta manera, los “canales de información” estarán condicionados por las relaciones insumo-producto establecidas, aunque ponderadas por el nivel de conocimientos que cada una de ellas maneja. Al mismo tiempo, las relaciones insumo-producto en su carácter de “coeficientes de producción” estará en función del “proceso de búsqueda” y, en consecuencia, del proceso innovador de los periodos anteriores:

$$a_{j*,t+1} = g(\mathbf{S}_{jt}) \quad (2)$$

Donde  $a_{j*,t+1}$  es un vector que representa la estructura de coeficientes técnicos del sector  $j$  en el periodo  $t + 1$ .

Por supuesto, esta formalización es imperfecta por diversos motivos. En primer lugar, ya se ha mencionado que el análisis a nivel sectorial supone una agregación que en el enfoque de los SNI puede resultar excesivamente rígida en contextos de fuertes transformaciones económicas, tecnológicas y financieras. En segundo lugar, la aproximación de los “canales de información” a partir del conocimiento de cada segmento del vínculo, sin mencionar el problema de mensuración, es una aproximación imperfecta de lo que podría pensarse como una interfaz densa en el intercambio de información. El tercer punto (y probablemente más importante) es la ausencia de información acerca de la estructura institucional y del contexto histórico de las relaciones descritas en el esquema insumo-producto. En ese sentido, Nelson y Winter (1982) señalan que modelar la búsqueda de técnicas superiores por parte de una empresa, tomando a los coeficientes de entrada (o cambios en estos) como los objetos de cambio, estaría ignorando un aspecto esencial del proceso de búsqueda: el carácter contingente del proceso de búsqueda.

De todos modos, se podría concluir que los enlaces que se han descriptos entre el esquema insumo-producto y los SNI lejos de ser incompatibles proporcionan información complementaria que merecería ser profundizada. En especial, la importancia de los “canales de información” desarrollada dentro de las relaciones productivas parece ser un eje abordable bajo algún criterio que defina cuales son las relaciones insumo-producto con un mayor potencial de “aprendizaje colectivo”.

### **2.3.1.2. Los Sistemas Tecnológicos Estructurados: subsistemas y sus interacciones**

El ST ha sido definido como “*an institutional division of labor between organizations that respond to different incentives and that are effective in developing technology only to the extent that they are connected or bridged together*” (De Liso & Metcalfe, 1996, p. 89).<sup>28</sup> A su vez, este concepto ha sido operativizado por Leoncini et al. (Leoncini & Montresor, 2000) en torno a la definición de un conjunto de subsistemas de carácter nacional que, de aquí en más, se referencia como STe. Este se constituye por la interacción no lineal entre cuatro bloques funcionales:

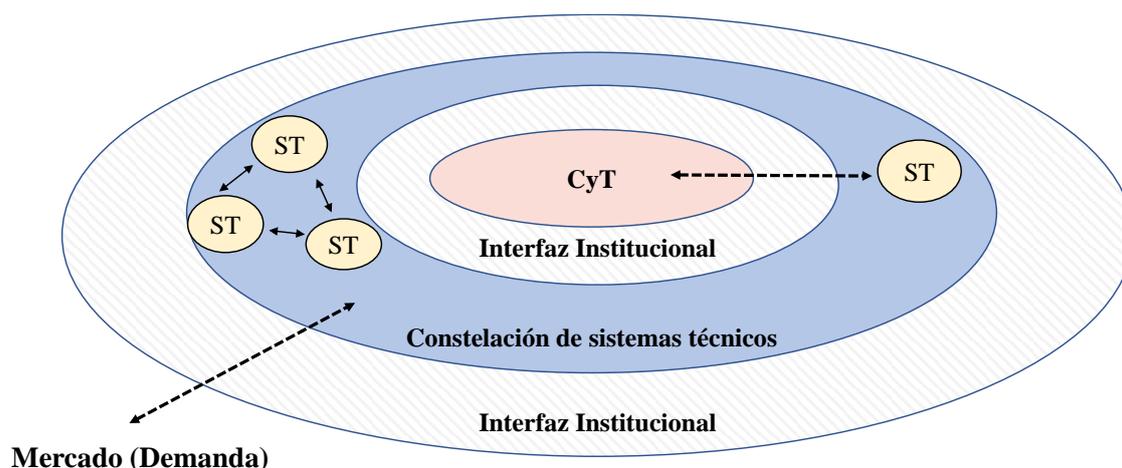
- i. un núcleo duro de producción de ciencia y tecnología (subsistema de CyT);
- ii. una constelación de sistemas técnicos dedicados a la producción de bienes y servicios (subsistema productivo);
- iii. un subsistema de intercambios mercantiles (subsistema mercantil); y
- iv. una interfaz institucional (subsistema institucional) que opera a dos niveles, esto es, como instituciones formales e informales (ver Figura 2).

Cada uno de estos subsistemas se comportan como “sistemas abiertos”, lo cual implica que están constantemente exportando entropía en la búsqueda de coherencia entre sus estructuras y el medio en el que se inserta. En dicho intercambio de materia e información se define la dinámica del STe en su conjunto.

---

<sup>28</sup> La literatura ha desarrollado diferentes conceptos alrededor del término Sistemas Tecnológicos. Para el estudio de usos alternativos al referido en el presente trabajo se sugiere consultar algunas de sus versiones más conocidas Callon (1990) y Carlsson y Stankiewicz (1991).

**Figura 2. Esquema del STe**



Fuente: Leoncini (1998)

A continuación, se describen las características fundamentales de cada uno de estos bloques y las formas en que quedan conectados.

### **El subsistema de ciencia y tecnología**

Este subsistema se integra de dos dimensiones que se solapan: ciencia y tecnología.<sup>29</sup> Está conformado por organizaciones como universidades, centros de investigación, laboratorios de I+D del orden público y privado, cuyas funciones son la producción, el testeo y la experimentación de conocimiento. La evolución del mismo se da bajo un proceso de conjetura y refutación, cristalizado en un cuerpo de ideas que se mueve de forma más o menos integrada en los llamados “programas de investigación” de Lakatos. En este sentido, el principal foco de su actividad es regulado por la búsqueda de consistencia en sus propios términos.

La evolución en la producción de conocimiento se realiza, en muchas ocasiones, bajo la interacción con diferentes ST, cuya dinámica específica dependerá de los arreglos

---

<sup>29</sup> Los límites que separan el conocimiento científico y del tecnológico son, en muchos casos, borrosos. Al respecto cabe hacer 2 aclaraciones previas sobre las distintas disciplinas científicas: a) la diferencia entre la ciencia analítica (por ejemplo, la matemática) y la ciencia empírica se centra en la posibilidad de refutación empírica de la segunda; y b) dentro de la ciencia empírica se puede diferenciar entre ciencia pura (física, química) y aplicada (ingeniería, medicina) que pese a que ambas conllevan tareas cognitivas (*"believing for the sake of knowing"*) e instrumentales (*"believing for the sake of doing"*) se aplican en distintos grados. La diferencia entre la tecnología y las ciencias aplicadas se refiere a la mayor validez pragmática que tiene que resistir una tecnología siendo que la ciencia aplicada debe soportar en mejor manera la racionalidad de su accionar. Por supuesto, las dos dimensiones están fuertemente solapadas en un espacio común de problemas e individuos que están constantemente estableciendo canales de información entre ellos. Por último, la definición de técnica se deduce simplemente de la tecnología ya dada: es decir, un conjunto de habilidades y conocimientos prácticos necesarios para traducir el conocimiento tecnológico en artefactos comercializables.

institucionales donde se desenvuelven. Las diferencias en los criterios que rigen sobre los desempeños del subsistema de CyT -principios generales y fundamentales- y del subsistema productivo -búsqueda de soluciones específicas y pragmáticas- dan lugar a un complejo intercambio de información que opera como síntesis de ambas lógicas. Buena parte de la posibilidad de introducir innovaciones está en el aprendizaje que se derive de este vínculo.

### **La constelación de sistemas técnicos**

Este subsistema se conforma por la interacción compleja de conocimientos y habilidades abocadas a la producción de bienes y servicios con salida a los mercados, o bien, a su aprovechamiento como bien público. Las organizaciones que la integran son empresas -públicas y privadas- cuyos productos surgen de cómo combinan recursos tangibles e intangibles. Dentro de estos últimos, se destaca los conocimientos adquiridos – previo proceso de selección- a partir de la interacción con el subsistema de CyT, pero también de aquellos que se deriven de interactuar con otros sistemas técnicos (*learning by interacting, learning by using*) y por el propio desarrollo de actividades al interior de cada organización (*learning by doing*).

La dinámica del mismo se resuelve a partir de sus interacciones en dos niveles: en primer lugar, las capacidades de cada sistema técnico deben ser suficientes para aprovechar las interacciones con respecto al conocimiento científico y tecnológico puesto a disposición por el subsistema de CyT; en segundo lugar, las competencias a desarrollar se rigen a partir de los criterios de selección que se ejercen desde el mercado, relacionados al alcance de un determinado nivel de competitividad– en precios y/o otros factores-. En otras palabras, el desenvolvimiento de cada sistema técnico debe resolver la tensión entre el desarrollo de capacidades de naturaleza diferentes y, bajo ciertos contextos, incluso contradictorias: capacidades de largo plazo (asociadas a la “eficiencia schumpeteriana”) y capacidades de corto plazo (“eficiencia estática”).

### **El subsistema del mercado**

En este esquema, el mercado está compuesto por aquellas instituciones que seleccionan firmas dentro del conjunto de sistemas técnicos a partir de la compra de ciertos productos en lugar de otros y, en cambio, el sistema técnico selecciona a las instituciones que forman parte del mercado a partir de su contratación (o no) dentro de su actividad productiva. Las instituciones involucradas no solamente son los hogares y el gobierno sino, además, las

propias firmas al demandar a otras firmas insumos intermedios, bienes de capital, servicios de apoyo (comercialización y/o marketing), entre otros.

Las instituciones demandantes son, en última instancia, quienes finalizan el proceso de selección y adopción del cambio técnico a partir de su decisión de aceptar incorporar o no los nuevos (o mejorados) procesos y productos.

### **Interfaz institucional**

Como se menciona más arriba, la definición de la interfaz institucional como subsistema comprende su doble naturaleza. Desde el punto de vista formal, es un subsistema con sus propias organizaciones (incluyendo al gobierno y la administración pública) y reglas de comportamiento, y sus respectivos procesos de transformación. Desde un punto de vista informal, el mismo configura las interacciones entre todos los subsistemas, esto es, codifica todas las señales que viajan de un subsistema a otro influyendo en el ritmo y la dirección en que opera cada interacción. Como síntesis de este doble carácter, se afirma que la función primordial que ocupan dentro del STe es la posibilidad de crear y modificar la naturaleza de estos flujos. Esto cobra particular relevancia teniendo en cuenta que la voluntad social y política forma parte integral del STe y, por tanto, su comportamiento no será neutral en el desempeño global del sistema. Esto no implica que pueda realizar un cambio de reglas de las propiedades esenciales que operan en un sistema, como por ejemplo el abandonar su carácter de “sistema abierto”, pero sí que el ST es un concepto político y que su realidad puede someterse hacia esfuerzos deliberados que condicionen su dinámica.

#### **2.3.1.3. Una breve comparación entre el concepto de SNI y STe**

De la comparación entre el concepto de SNI y el de STe se hace evidente la fuerte similitud que existe entre ambos.

En primer lugar, el rol fundamental atribuido a la vinculación de sus distintos subsistemas cuya implicancia más notoria es entender a la innovación como un proceso cuyo éxito depende, a diferencia de la voluntad aislada del “espíritu emprendedor” schumpeteriano, de interacciones más o menos deliberadas entre un conjunto de actores e instituciones.

En segundo lugar (y vinculado a lo anterior), la existencia de interacciones entre estos actores se definirá por proximidades en diferentes espacios abstractos (geográficos, culturales, tecnológicos, económicos) que hacen atractivo el uso de las fronteras

nacionales como delimitación de tales sistemas pese al reconocimiento del creciente proceso globalizador (Boyer & Drache, 1996).

Finalmente, la incorporación explícita acerca de procesos de causación acumulativa, junto a la existencia de “efectos derrame” y de “retroalimentación”, eliminan mecanismos causales aislables (incluyendo el determinismo lineal de cualquier tipo) y, en cambio, incorporan la posibilidad de cambios cualitativos transformadores de las estructuras que les dieron lugar (“*reverse causation*”).

La motivación de seguir con el concepto de STe en lugar del concepto de SNI se justifica por su mayor operatividad vía matrices insumo-producto, siendo estas, a su vez, un denominador común entre el enfoque sistémico y el enfoque estructural presentado en la sección anterior. La distribución de sus componentes en diferentes bloques funcionales permite diferenciar de forma más nítida los “espacios tecnológicos” y los “espacios económicos” para, posteriormente, definir al proceso innovador como el resultado de la interacción de los mismos (al que se llamará de aquí en más “espacio tecnoeconómico”). Adicionalmente, se podría argumentar que el STe se asemeja más a avanzar en el desarrollo de un concepto teórico para el concepto apreciativo<sup>30</sup> de SNI de Nelson que a aquél de Lundvall, por el mayor énfasis que aquí se pone a las instituciones formales.

### **2.3.2. La perspectiva sistémica y los países en desarrollo<sup>31</sup>**

De la misma forma en que el concepto de “Sistema Nacional de Producción” de Friedrich List (List, 1841) hacía una crítica de la mirada cosmopolita de Adam Smith acerca de las virtudes del libre comercio, la literatura sistémica de la innovación ha dedicado un interés creciente (aunque aún marginal) acerca de las limitaciones de implementar estos conceptos para países emergentes (Arocena & Sutz, 2002; Cassiolato et al., 2014; Lundvall et al., 2009).

---

<sup>30</sup> El uso de este adjetivo está tomado de la distinción entre dos estilos distintos de teorizar: “*When economists are doing or teaching theory per se or reporting the results of empirical work designed to test a particular aspect of theory, the theoretical style is stark, logical, formalized. In contrast, when economists are undertaking applied work that is of interest for policy reasons or are explaining, to an audience interested in that question per se, why certain economic events happened, theoretical ideas tend to be used less formally and more as a means of organizing analysis. These two different styles of theorizing we shall call formal and appreciative.*” (Winter & Nelson, 1982)

<sup>31</sup> De aquí en adelante, se hará uso de este término para referirse conjuntamente a los conceptos de Sistemas Nacionales de Innovación y el de Sistemas Tecnológico estructurado ya presentados.

A raíz del recorte analítico del presente trabajo y siguiendo a Arocena y Sutz (2002), el uso desde este concepto “desde el Sur” exige realizar algunas observaciones acerca del mismo: i) la tensión entre su carácter *ex-post* y *ex-ante*; ii) los elementos normativos que este abordaje conlleva; y iii) el tratamiento a los intercambios de elementos tangibles e intangibles internacionales en un contexto de profunda globalización de las relaciones sociales de producción.

En primer lugar, el concepto es introducido como un concepto *ex-post* que surge a partir de la evidencia empírica de experiencias de países desarrollados.<sup>32</sup> Por el contrario, los trabajos que desde este enfoque han estudiado la experiencia de los PEDs no han encontrado evidencia empírica que sustente la idea de la innovación como un proceso interactivo y/o sistémico (Dahlman, 1993; Katz & Bercovich, 1993). Esto no implica que estos países no hayan logrado innovar, pero sí que la innovación de estos países se ha caracterizado mayormente por esfuerzos aislados con poca articulación dentro de su entorno productivo e institucional. En el caso específico de los países de Latinoamérica, los avances progresivos de su infraestructura estatal de CyT (mayormente durante el periodo de posguerra) no han sido debidamente acompañados ni articulados con los restantes subsistemas, especialmente, con la constelación de sistemas técnicos (Katz, 1999; Sábato & Botana, 1968).<sup>33</sup>

En segundo lugar, este enfoque también conlleva algunos aspectos normativos que para los PEDs adquieren una particular relevancia. Esto no significa afirmar la existencia de un SI de tipo “ideal”, cuya mera proposición violaría la existencia de diversidad, pero sí abrir hipótesis acerca de algunas características que sean potencialmente “mejores” que otras en relación a la creación de capacidades de aprendizaje e innovación (Arocena & Sutz, 2002). En este sentido, uno de los rasgos de los SNI desde un enfoque de la producción refiere a la calidad de las relaciones usuario-proveedor que, como se mencionó, son potenciales canales virtuosos del proceso innovador mediante el aprendizaje interactivo. Entre otros factores, los procesos de innovación insatisfactorios o de lento desarrollo serían resultado de sistemas con una baja densidad de conexiones a

---

<sup>32</sup> Tal es el caso del trabajo pionero de Christopher Freeman (Freeman, 1987) que estudia, desde los años de posguerra, la estrategia nacional de desarrollo de Japón.

<sup>33</sup> En este sentido, el uso del concepto del “ST estructurado” se utiliza en el capítulo 4 mayormente como un concepto *ex-post*, en tanto, los casos de estudio –Argentina y Canadá– se analizan mayormente a la luz de los resultados cuantitativos que se derivan del análisis de redes de sus respectivas matrices tecno-económicas. Naturalmente, este ejercicio exige hacer un previo recorte analítico del concepto debido a las limitaciones metodológicas.

su interior (cantidad) y/o relaciones sensiblemente asimétricas en término de sus competencias económicas, financieras y/o tecnológicas (calidad). A su vez, la importancia de las proximidades (geográficas y culturales) genera una preferencia de las relaciones usuario-proveedor doméstico frente a las internacionales para el aprendizaje colectivo. De allí, una política que se enfoque en trabajar sobre estos microfundamentos del sistema tiene mayores posibilidades de obtener resultados exitosos (Lundvall, 1985).<sup>34</sup> En este sentido, los problemas estructurales de Latinoamérica -ya señalados por los autores del “estructuralismo latinoamericano” hace aproximadamente 70 años- se han agravado en el periodo pos-sustitución de importaciones, donde ha emergido un nuevo modelo de desarrollo tecnológico “*less domestically intensive*” (Katz, 2001). Este nuevo modelo se destaca por: i) una tendencia a reemplazar el equipo producido localmente por la importación de bienes de capital; ii) un debilitamiento de los departamentos de ingeniería cuyas funciones incluían prolongar el “ciclo de vida” de los equipos; y iii) el desmantelamiento de los laboratorios de I+D de las empresas públicas, muchas de ellas privatizadas (Katz, 1999).

En tercer lugar (y vinculado a lo anterior), el carácter nacional del concepto aquí empleado ha sido ampliamente discutido en la literatura debido al innegable proceso creciente de globalización de las relaciones de producción y la predominancia de las lógicas financieras. Como ya se ha mencionado, la justificación de este recorte emplea dos argumentos: a) la globalización aumenta la necesidad de fortalecer una “estrategia nacional” para enfrentar estas transformaciones, y b) el aprendizaje como resultado interactivo requiere cierta “cercanía” entre los actores participantes. Mientras que en relación al primer ítem la literatura ha guardado un consenso generalizado, el segundo ítem genera mayores controversias desde la perspectiva de los PEDs (Carlsson, 2006).

Por un lado, Ernst (2002) afirma que los adelantos tecnológicos en materia de comunicación llaman a revisar nociones de externalidades (tales como las llamadas “economías de aglomeración”) considerando las exitosas experiencias de *catching-up* de países como Corea del Sur y su participación en Cadenas Globales de Valor. No obstante, esto no significa que la tecnología importada pueda ser asimilada sin mayores esfuerzos dentro de los actores domésticos de las economías emergentes. La generación de

---

<sup>34</sup> En particular, este trabajo utiliza el ejemplo de Japón y como, desde la política pública, se puso el foco en resolver las asimetrías de sectores basados en ciencia y los sectores tradicionales: “*as an attempt to compensate for the weak channels of information between producers and science based industries, and to break the inertia built into the traditional user-producer relationships*” (Lundvall, 1985, p. 37).

capacidades domesticas de absorción y adaptación serían un desafío complejo para sacar provecho de estas oportunidades exógenas (Yoguel & Barletta, 2017).

Adicionalmente, la preferencia por las vinculaciones nacionales de los SNI presupone implícitamente la presencia de un atributo cuya existencia en los PEDs ha sido cuestionada, esto es, el de la homogeneidad de competitividad empresarial. En particular, el estructuralismo latinoamericano ha destacada que la homogeneidad productiva es un atributo que solo sirve para describir las estructuras productivas de las economías desarrolladas (Pinto, 1970; Mancini & Lavarello, 2013). Debe recordarse que las relaciones usuario-proveedor son interfaces relevantes en el intercambio de información *vis a vis* en la construcción de capacidades de aprendizaje, siempre y cuando no existan fuerzas excesivamente asimétricas entre sus participantes.

Por último, los SNI al ser pensados desde los problemas de los PD no han incorporado de forma esencial algunas dificultades estructurales de los PEDs, tales como la inestabilidad política y macroeconómica, que altera los ciclos de duración en el diseño de las políticas. En esta línea, la escasez en sus capacidades financieras también dificulta el direccionamiento de recursos a la generación de capacidades hacia los “sectores basados en conocimiento”. A su vez, el Estado se debe enfrentar al proceso dialectico que despierta las innovaciones, en tanto, a la par de crear nuevos espacios de valor se están destruyendo otros y, por ende, comienzan nuevos conflictos sobre la distribución del ingreso (Lundvall et al., 2002).

#### **2.4. La estructura del “espacio técnico” y del “espacio económico”: relaciones y jerarquías**

La introducción de nuevos conocimientos al sistema productivo no sigue un camino lineal. Como se describió en la sección anterior, la fuente de nuevos conocimientos puede provenir del desarrollo de las ideas desde el campo científico, pero también de muchas otras fuentes tales como la propia experiencia de los distintos actores dentro de la esfera de actividades de producción . En este sentido, discutir de dónde provienen los nuevos conocimientos y, particularmente, las nuevas tecnologías (y su eventual incorporación en productos) es una condición necesaria para luego comprender las direcciones en que estos se difunden sobre el sistema productivo.

Precisamente, a continuación se presenta una discusión acerca de la naturaleza del conocimiento y en base a qué criterios se define su posterior circulación al interior del entramado productivo.

#### **2.4.1. La perspectiva del conocimiento como bien público y sus limitaciones**

El abordaje microeconómico convencional de Arrow (Arrow, 1962, 1969) supone implícitamente que toda información es equivalente a conocimiento, y que esta presenta propiedades análogas a las de los bienes públicos, es decir, de uso no excluible ni rival; además, tanto su producción como su uso estarían caracterizados por elevados niveles de indivisibilidad.

En un esquema lógico que siga estos preceptos, el conocimiento generado en una firma  $i$  podría ser empleado como insumo de otra firma  $j$  a un costo menor al de producirlo por sí mismo, desalentando la inversión en actividades innovadoras debido a las dificultades de apropiación de la renta por la firma innovadora. A pesar de que existe la posibilidad de establecer un sistema de propiedad de privada del conocimiento como solución parcial al conocimiento como “bien público” (tal como un sistema de patentes), Arrow advierte que una implementación eficiente de la misma sufriría de múltiples dificultades. Entre los motivos, se destaca consecuencias que tiene la doble naturaleza del conocimiento, es decir, como insumo y como producto al mismo tiempo:

*Suppose, as the result of elaborate tests, some metal is discovered to have a desirable property, say resistance to high heat. Then of course every use of the metal for which this property is relevant would also use this information. [...]. But, even more, if another inventor is stimulated to examine chemically related metals for heat resistance, he is using the information already discovered. [...] Information is not only the product of inventive activity, it is also an input—in some sense, the major input apart from the talent of the inventor. While these interrelations do not create any new difficulties in principle, they intensify the previously established ones (Arrow, 1962, pp. 617-618 el subrayado es propio).*

Este pasaje sugiere, aunque de forma solapada, la idea que los “*knowledge spillovers*” responden a un criterio no aleatorio, aunque no hay un mayor avance al respecto. Siguiendo esta línea, el trabajo de Griliches (1979) profundiza sobre este fenómeno estableciendo que los “*real knowledge spillovers*”, definidos como aquellas ideas prestadas desde una industria  $i$  hacia una industria  $j$ , están en función de las “distancias técnicas” entre las industrias involucradas.

El autor enfatiza en que analíticamente este concepto debe diferenciarse de los “*rent spillovers*”, definidas como las ganancias de productividad que se generan en una industria por las mejoras incrementales que se introducen sobre productos que sirven como insumo o bienes de capital en su actividad productiva. En particular, este término se lo imputa hacia aquellos trabajos que han utilizado el supuesto de “conocimiento incorporado” (aproximado por la inversión en I+D de cada industria) y que han empleado a las “distancias económicas” (aproximadas para las tablas insumo-producto) como criterio para determinar espacialmente la difusión de los nuevos conocimientos. Esta diferencia sería relevante ya que solo en la primera de ellas habría verdadera difusión de conocimientos:

*The use of purchase flow weighted research and development [...] are not real knowledge spillovers. They are just consequences of conventional measurement problems. [...] It is not clear that this kind of borrowing is particularly related to input purchase flows. The photographic equipment industry and the scientific instruments industry may not buy much from each other but maybe, in a sense, working on similar things and hence benefiting much from each other's research. (Griliches, 1979, p. 704)*

De aquí, conviene realizar dos observaciones críticas al respecto.

En primer lugar, las distancias técnicas no definen por sí solas la existencia o no de difusión de conocimientos. Para ello conviene comenzar revisando la visión crítica del conocimiento como bien público a partir de diferenciar el concepto de información y del de conocimiento (Cimoli & Correa, 2003). Mientras que la información sí presenta propiedades de no exclusión ni rivalidad, y pese a ser un insumo del conocimiento, la primera no transferirá necesariamente sus propiedades al segundo. El conocimiento empleado dentro de cada empresa no es homogéneo; particularmente, una buena parte del mismo es localizado, acumulativo y mayormente tácito, lo cual, exige que a los fines de hacer uso de conocimientos extramuros se deba incurrir en sensibles esfuerzos para generar capacidades de absorción y adaptación (Cohen & Levinthal, 1989). Comparado con el escenario conceptual de los trabajos de Arrow, estas características estarían incrementando las posibilidades de apropiación de la renta derivada de la introducción de nuevos conocimientos, al mismo tiempo que reducirían la libre circulación y aleatoriedad de la nueva información incorporada dentro del sistema económico.

Por otro lado, la difusión de conocimientos requerirá no solo desarrollar estas capacidades de absorción sino a) contar una masa crítica de información extramuros potencialmente

útil para la empresa receptora y b) el establecimiento de canales efectivos donde estos flujos se sucedan (Antonelli, 1997). Con lo cual, no existiría un valor crítico de proximidades técnicas entre dos empresas que por sí solo pueda garantizar la existencia algún tipo de difusión de conocimientos.

En segundo lugar, las diferencias analíticas entre el “espacio técnico” -definido por las proximidades de las bases de conocimiento empleadas y aproximado empíricamente por las clasificaciones tecnofuncionales de patentes (Jaffe, 1986)- y el “espacio económico” -definido por la existencia de encadenamientos productivos y aproximado empíricamente con las tablas insumo-producto (Brown & Conrad, 1967; Terleckyj, 1974)-<sup>35</sup> no implica que la constitución de sus estructuras sean independientes entre sí. Por el contrario, ambas dimensiones coevolucionan dentro del mismo STe, condicionando mutuamente sus respectivas trayectorias.

En este sentido, Rosenberg (1982) señala que desde las ciencias económicas se ha prestado mayor atención a las formas en que el primero condiciona y transforma al segundo tipo de espacio que en su sentido inverso:

*[...] the distinctive feature of modern industrial societies is their success in applying systematized knowledge to the economic sphere, knowledge derived from scientific research. This view has the disconcerting aspect, at least for the economist, of appearing to make the central feature of modern economic growth an exogenous phenomenon. [...] Perhaps if we do not insist on too restrictive a definition of the subject matter of our discipline, it may be possible to identify significant chains of causation running from economic life to science as well as from science to economic life. [...] Economists have had much more success in dealing with the consequences of technological change than with its determinants. (Rosenberg, 1982, p. 141 el subrayado es propio)*

En vistas de los interrogantes que motivan la presente tesis, a continuación se exploran algunos de los mecanismos que tratan de generar una explicación endógena sobre la configuración del “espacio técnico”, especialmente, atendiendo a aquellos fenómenos de naturaleza económica.

---

<sup>35</sup> La noción de “encadenamientos” que aquí se presenta se aproxima en mayor medida a la noción estática de la misma, y no a la definición original de encadenamientos según Hirschman (1958).

#### 2.4.2. La configuración y polarización del “espacio técnico” en el “espacio económico”

Para esta sección conviene comenzar presentando una de las principales posturas adoptadas en esta tesis -y trabajada en profundidad en DeBresson (1989, 1996c)- que afirma que las actividades innovadoras no solamente son resultado de un conjunto de relaciones interdependientes, sino que, adicionalmente, este conjunto de actividades se manifiesta de forma polarizada dentro del espacio económico.<sup>36</sup>

Esta distribución asimétrica operaría por las limitaciones y oportunidades que se definen por i) “canales técnicos” y ii) “canales económicos”.

Dentro de los “canales técnicos”, un primer mecanismo es el denominado “*science-push*”, es decir, aquel impulso exógeno que la creación de conocimiento codificado por ciertas instituciones científico-tecnológicas imponen sobre la orientación de las búsquedas de nuevas técnicas al definir ciertas heurísticas específicas. Aquí, la tecnología se empuja a sí misma con poca información e interés sobre su viabilidad económica, como sería incorporar aquella información que advierta sobre una potencial demanda a cubrir. Un segundo mecanismo responde al elevado grado de vulnerabilidad de cada “sistema técnico”, precisamente, por su carácter sistémico (Gille, 1977). La imbricación de cada eslabón, incluso aquellos más insignificantes, implica que incompatibilidades y/o fallas pequeñas entre los mismos se puedan traducir en grandes “cuellos de botella”. Las actividades innovadoras, a igualdad de costos de búsqueda, tendrán preferencia por orientar la búsqueda de técnicas complementarias, y no substitutas, para evitar que las soluciones parciales generen nuevas incompatibilidades. El tercer y último canal mencionado se relaciona al carácter irreversible y acumulable del proceso de aprendizaje que subyace a las búsquedas de nuevas técnicas. En la medida que un actor invierta tiempo en aprender una técnica, hay una probabilidad decreciente de que este mismo actor la cambie por voluntad propia, aun si esta técnica no se presenta como la “técnica superior” disponible (David, 1985).

Por otro lado, dentro del grupo de los “canales económicos” se pueden distinguir tres subgrupos: micro, meso y macroeconómicos.

---

<sup>36</sup> Empíricamente, DeBresson et al. (1994) llega a estos resultados contrastando las relaciones de las matrices insumo-producto y las matrices de innovación de Italia para el año 1981-1985.

Entre los canales microeconómicos más relevantes aparece el de “economías de alcance” y el de “economías de escala”. El primero alienta la diversificación de productos y/o procesos dentro de una misma firma, aprovechando las proximidades técnicas del *know-how* adquirido durante el desarrollo de la actividad inicial. Contrariamente, las “deseconomías de alcance” pueden castigar a aquellas firmas que decidan alejarse demasiado de este conocimiento base. Más allá de cierto límite de la diversificación productiva, se puede pasar abruptamente, y sin previo aviso, de una situación de “economías de alcance” a una “deseconomía de alcance”. Esto obedece a la discontinuidad del “espacio técnico” y, por lo tanto, refuerza la tendencia a las transformaciones técnicas continuas por sobre las radicales.

Las “economías de escala”, por su parte, también imponen condicionantes a la dirección del cambio técnico en la medida que, para su aprovechamiento, se precisa estandarizar una serie de productos, piezas y procedimientos. Cabe destacar que la ganancia asociada a las “economías de alcance” y “de escala” estimula la innovación dentro de cada industria de forma diferente, en la medida que algunas firmas estarán en mejores condiciones de aprovechar el primer tipo de economías y viceversa (DeBresson, 1996c, p. 160).

El segundo grupo de mecanismos -mesoeconómicos- es de particular interés en esta tesis. La perspectiva del individualismo metodológico de la perspectiva microeconómica convencional deja por fuera esta perspectiva, ya que no existe una mediación entre la micro y macroeconomía y, por lo tanto, cada agente es considerado de forma independiente del otro en un espacio homogéneo o “desestructurado”.

Por el contrario, esta tesis entiende que el proceso innovador exige, de forma más o menos coaccionada, vinculaciones coordinadas que nucleen al conjunto de actores relevantes. Entre ellas, las relaciones usuario-proveedor son enclaves fundamentales en tanto se transforman en la unidad irreductible más relevante para superar los “cuellos de botella” de los sistemas técnicos (Andersen, 1992; Lundvall, 1992). La dificultad de establecer vínculos interorganizacionales en la resolución de problemas se explica mayormente por los elevados costos de transacción en escenarios de incertidumbre (en términos de técnicas y de economía), sumado a las diferencias de experiencias, conocimientos y recursos, existentes entre ellos (“monopolios bilaterales”). Estos elevados costos de transacción establecen como precondition el establecimiento de relaciones cooperativas con cierto grado de estabilidad que sopesen lógicas (como las financieras) con horizontes

temporales más acotados. Como resultado de la estabilidad de estos vínculos y sus respectivos costos hundidos, la elección de las empresas tendrá preferencias por aprovechar las inversiones en las técnicas ya conocidas contra nuevas y mejores técnicas (“*sunk-cost effect*”).

Por último, el canal macroeconómico aparece asociado a la búsqueda de rentas extraordinarias en el sentido de que aquellas ramas industriales donde se espera obtener mayores ganancias tenderán a concentrar mayores esfuerzos innovadores. Esta toma de decisiones no está influida por las variaciones de precios que los empresarios consideran transitorias sino, más bien, por aquellas que se fundan en fenómenos persistentes. En este sentido, la incertidumbre con respecto a la disponibilidad y precio de ciertos factores puede generar obstáculos en el direccionamiento hacia aquellas técnicas que descansan en el uso de estos factores. A su vez, la estabilidad de precios es endógena a las estructuras técnicas establecidas y, por tanto, la inversión fija a largo plazo fuerza la orientación del cambio técnico (vía precios). Por último, se puede citar como condicionante las “macrodecisiones” de grandes proyectos de largo plazo gubernamentales y/o de grandes corporaciones que configuran cambios drásticos en el escenario donde se suceden las decisiones innovadoras más discretas.

En esta sección se discutieron brevemente algunos fenómenos que explican por qué las estructuras económicas condicionan la dirección y el ritmo de transformación del “espacio técnico”. A continuación, se revisará dos grupos de actividades que han sido destacados por su potencial jerarquía en introducir y difundir nuevas tecnologías al conjunto del STe.

### **2.4.3. Las industrias nodales de los STe**

Detrás de las interrelaciones productivas existentes entre las industrias (es decir, un sistema insumo-producto) subyace una subestructura de técnicas interdependientes (es decir, una constelación de sistemas técnicos). A su vez, la distribución asimétrica del progreso técnico en el espacio económico está relacionada a la existencia de técnicas que han ocupado posiciones nodales en cuanto al grado de centralidad difusora del progreso técnico sobre el sistema productivo.

En esta línea, Patel y Pavitt (1994) describen a partir de la revisión de varios trabajos de Nathan Rosenberg como ha sido la evolución de los sistemas técnicos, incluyendo la

coevolución de nuevas tecnologías y sectores núcleo. Entre los hallazgos de estos trabajos se indica el rol destacado de los sectores productores de bienes de capital basados en tecnologías mecánicas que, con la caída del precio del hierro de principio del siglo XIX, provocaron la aparición masiva de firmas dedicadas a la producción de máquinas especializadas. Esto significó el desarrollo de un proceso de convergencia tecnológica entre un conjunto de industrias que superficialmente parecerían no vinculadas (tales como armas de fuego, bicicletas, máquinas de coser). Luego, a fines del siglo XIX se inicia una implementación del análisis químico y su instrumentación para industrias procesadoras (tal como el acero, cemento, alimenticia) como medio de control de calidad y consistencia de varias de sus etapas y, a su vez, introducir variedad en los atributos de los productos finales. Finalmente, durante el desarrollo del siglo XX se destaca la proliferación de las tecnologías “basadas en ciencia” (principalmente, en química y electrónica) en correspondencia con la internalización de las actividades de I+D por grandes firmas junto a la consolidación de nuevos patrones de competencia.

En referencia a estos eventos, la taxonomía de Pavitt (1984) -basada en información sobre innovaciones británicas durante el periodo 1945-1979- demuestra empíricamente la existencia de complementariedades de los “regímenes tecnológicos”<sup>37</sup>. Esto significa que el proceso histórico descrito arriba no ha significado estrictamente un proceso de “creación destructiva”, en el sentido de que entre sus hallazgos aparece la coexistencia de los sectores de bienes de capital y de “basados en ciencia” como dos grupos nodales en la generación y difusión de nuevas tecnologías del ST británico. Dichos grupos se diferencian no solamente en la naturaleza técnica de sus procesos y productos, sino además en la morfología de sus empresas y sus respectivos espacios de competencia.

Por un lado, el sector de bienes de capital e instrumentos mecánicos -denominado como “proveedores especializados” por su estrecho vínculo con sus sectores usuarios y el proceso de división social del trabajo que le precede- se caracteriza por pequeñas y medianas firmas que se orientan mayormente a la innovación en productos a nivel industria<sup>38</sup> (orientada a mejorar la calidad y resistencia de los equipos e instrumentos) en

---

<sup>37</sup> Dosi (1982) desarrolla el concepto de paradigma tecnológico y trayectoria tecnológica para comprender la evolución de cada sector. El primero define el conjunto de problemas relevantes y sus respectivos patrones de soluciones, mientras que el segundo los posibles caminos a seguir (prescriptos en el primero).

<sup>38</sup> De aquí en adelante, se distinguirán dos usos para los conceptos de “innovación de producto” y “de proceso” respectivamente. Por un lado, “innovación en producto” a nivel industrial, será utilizado para referirse a las innovaciones desarrolladas en una industria  $i$  y consumida en una industria  $j$  ( $i \neq j$ ), mientras que “innovación en proceso” a nivel industrial, se utiliza para referirse a las innovaciones desarrolladas en

función de los procesos interdependientes de alta complejidad en los que participa. Sus competencias se reflejan en la capacidad de introducir mejoras en el diseño de productos, su confiabilidad y en sus habilidades para responder a las necesidades de sus usuarios que, en la práctica, son quienes cuentan con información crítica para direccionar este proceso. La función de los “proveedores especializados” es, en última instancia, *“the increasing division of labor and simplification of production tasks [...] enabling a substitution of machines for labour and a consequent lowering of production costs”* (Pavitt, 1984, p. 358).

Por otro lado, el grupo *“science-based”* integrado por empresas con actividad principal en el sector químico y de electrónica, está constituido por empresas de gran tamaño cuyas innovaciones de proceso a nivel industria son relativamente más importantes que aquellas de producto (aunque, estas son importantes en términos absolutos). Estas innovaciones se impulsan internamente por sus propios laboratorios de I+D que sacan provecho del avance de tecnologías básicas con amplio campo de implementación, tales como la química sintética y el avance en el electromagnetismo y las ondas de radio. En este caso, el rol de los sectores “basados en ciencia” se interpreta *“as a means of controlling quality and consistency within the various stages of production, and of varying the attributes of the final output”* (Patel & Pavitt, 1994, p. 534).

De lo enunciado, es relevante destacar a) la mayor importancia de las actividades de I+D internas de los sectores “basados en ciencia” por sobre los “proveedores especializados” como consecuencia de la mayor proximidad con los avances científicos de la primera, pero también por la mayor concentración del sector en manos de empresas de gran tamaño; y b) el mayor peso relativo de las innovaciones de producto a nivel industria en “proveedores especializados” que luego se consuma en una mayor importancia del aprendizaje usuario-proveedor en su proceso innovador, explicado por el mayor grado de desintegración vertical que dan origen a estas empresas. Existe una tercera diferencia constatada empíricamente en Patel y Pavitt (1994): los grados de “convergencia tecnológica” de bienes de capital –aproximado por el otorgamiento de patentes clasificadas por campo de conocimiento en firmas con actividades principales de

---

una industria *i* y consumida en la misma industria *i*. Por otro lado, “innovación en producto” a nivel firma se utiliza para aquellas innovaciones que consistieron en la introducción o mejora de un producto, e “innovación en proceso” a nivel firma se utiliza para aquellas innovaciones que consistieron en transformar el proceso productivo en que se desarrolla un producto preexistente. Pavitt (1984) hace uso del término en el sentido “a nivel industrial”.

diferente clasificación industrial- es sensiblemente mayor al de los sectores químicos y electrónicos.<sup>39</sup>

Desde una perspectiva de la difusión del cambio tecnológico interindustrial al conjunto del sistema productivo el impacto de cada grupo parece ser muy diferente. El éxito del cambio tecnológico que promueven las innovaciones de producto de los “proveedores especializados” dependerá de la participación de una mayor cantidad de actores enfatizando en mayor medida el carácter interactivo en su dinámica innovadora. La mayor permeabilidad de estas técnicas es, a su vez, un mecanismo potente de competencia para distintas industrias y empresas de diferentes tamaños que estimula una correlación entre innovación y desarrollo económico. Por el contrario, el mayor “encapsulamiento” económico donde se introducen y difunden las innovaciones de los sectores “basados en ciencia” no pareciera alentar la desintegración vertical, ni tampoco estimular estructuras de mercado más competitivas.

Como corolario, el grupo de sectores “basado en ciencia” refuerza las tendencias a la concentración y centralización del capital a partir de las mayores y crecientes posibilidades de apropiación de rentas por la presencia de altas barreras a la entrada; mientras que, por otro lado, el grupo de “proveedores especializados” reproduce más fielmente el tradicional binomio innovación-rentabilidad schumpeteriano.

## **2.5. Resumen y conclusiones**

En este capítulo se han presentado argumentos teóricos que apoyan la tesis de que las estructuras económicas inciden sobre la dinámica del cambio tecnológico. En primer lugar, la estrategia fue presentar diferentes conceptos teóricos (“Polos de Crecimiento”, “encadenamientos productivos”, “Sistemas Técnicos”, “Bloques de desarrollo”, “Sistemas nacionales de innovación” y “Sistemas tecnológicos estructurados”) y buscar, entre sus elementos, complementariedades que abonen a la búsqueda de una síntesis estructuralista-schumpeteriana (sección 2.2 y sección 2.3). De los análisis de Françoise

---

<sup>39</sup> Un interrogante abierto es porqué la convergencia tecnológica (y la desintegración vertical) se presenta de forma más frecuente en el campo técnico de bienes de capital con respecto al de la química y la eléctrica/electrónica, pese a que los productos de estos últimos son “insumos difundidos” dentro del “espacio económico”. Una hipótesis plausible refiere a los “cuellos de botella” de los sistemas técnicos: la ganancia de competitividad vía introducción de innovaciones en el uso de tecnologías mecánicas suele crear incompatibilidades menos costosas de resolver que aquellas introducidas en tecnologías químicas y electrónicas (Patel & Pavitt, 1994, p. 544).

Perroux surge la idea general de que el “espacio económico” es un espacio discontinuo y lleno de relieves. La divergencia en el desarrollo económico de las naciones es la evidencia más clara de este fenómeno, y discutir ideas acerca de cómo estructurar dicho espacio ha sido el punto fundamental de la sección 2.2. Dentro de estas ideas, aparece que el análisis intersectorial es relevante, en tanto, los sectores económicos son heterogéneos en el grado de su influencia económica y/o tecnológica de acuerdo con su interacción con el resto del sistema -esto aparece presentado en la revisión de Perroux (sección 2.2.1), Hirschman (sección 2.2.2), Rosenberg y Gille (sección 2.2.3). Adicionalmente, también se presenta la noción de “bloques de desarrollo” de Damhén (sección 2.2.4), clave para disociar la idea de estructura de las nociones de equilibrio estacionarios.

En la sección 2.3, se presenta a los ST (y subsistemas) como sistemas abiertos cuya dinámica se explica endógenamente por la exportación/importación de entropía en la búsqueda de resolver las tensiones que registran a su interior y con su entorno -también presente en el concepto de STe-. A su vez, se constató que, aun cuando la literatura ha explorado mayormente los procesos en que el “espacio tecnológico” condiciona al “espacio económico”, lo recíproco también es cierto (sección 2.4). Finalmente, en la sección 2.4.3 se presenta una discusión acerca de la centralidad de los grupos de sectores que pertenecen a “basados en ciencia” y “proveedores especializados”, haciendo énfasis en sus trayectorias tecnológicas heterogéneas y lo que ello puede potencialmente significar en términos del progreso técnico de un sistema productivo.

Estas conclusiones refuerzan la potencia de las tablas insumo-producto para comprender el cambio tecnológico en tres aspectos: a) el nivel intersectorial es unidad de análisis relevante para comprender el cambio tecnológico; b) el análisis estructural no niega *per se* la dinámica del cambio estructural como fenómeno endógeno; y c) las relaciones económicas, aun cuando representen tecnologías maduras con poca posibilidad de transformación, son relevantes para definir el ritmo y la orientación de la evolución del “espacio tecnológico”.

# Capítulo 3

## Discusiones metodológicas: el análisis insumo-producto y la incorporación del cambio tecnológico como factor endógeno

*It is astonishing that in spite of all other disagreements, theorists of different persuasions seem to agree on one issue: that the separation between technology and the economy is an essential precondition for economic theorizing. [. . .] For us, on the contrary, both 'technical' and 'economic' facts are established data which are used as a point of departure for further analysis. (Leontief, 1991, p. 181)*

### 3.1. Introducción

Wassily Leontief ha reconocido en más de una oportunidad que el objetivo originario del análisis insumo-producto ha sido estudiar el impacto del cambio tecnológico en la economía (Leontief, 1985a, 1985b).<sup>40</sup> No obstante, el carácter estático y la noción de “equilibrio estacionario” que subyace a este tipo de análisis ha generado reticencias para integrarse al estudio de un fenómeno complejo como es el cambio tecnológico.

Previamente, se han expuesto los argumentos de Schumpeter (1934) donde se afirma que el desarrollo económico se explica por fenómenos distintos a aquellos centrados en la circularidad del sistema económico, donde solamente reproducen a una mayor escala las estructuras económicas existentes. Esta crítica incluye al uso de la noción de equilibrio como fuerza gravitatoria de los fenómenos económicos y que, según autores como Damhén, se reproduce en los esquemas insumo-producto.

No obstante, la visión sobre la imposibilidad de integrar el análisis insumo-producto a la “economía de la innovación” no ha sido compartida por todos. Muchos autores -algunos, incluso, basándose en nociones schumpeterianas como la de “clúster de innovaciones” - entienden que las interrelaciones económicas y sus respectivas relaciones técnicas son

---

<sup>40</sup> Al respecto, Leontief afirma en una entrevista “Q. What did you want to show with that [input-output] first table? A. In fact, that very first input-output table I compiled was specifically intended to explain the effects of technology change on the American economy. Since then I have continued to be interested in the effects of technology change on the economy and the society” (Leontief, 1985b, p. 28).

expresiones espaciales de como se ha desarrollado el cambio tecnológico. Como se vio en el capítulo anterior, algunos han ido incluso más lejos afirmando que estas configuraciones espaciales son condicionantes de las trayectorias del comportamiento futuro de las nuevas tecnologías.

El objetivo de esta sección es hacer una breve presentación y discusión del esquema insumo-producto tradicional y, luego, extenderlo hacia dos direcciones: a) la incorporación de la dinámica en un modelo que introduce el cambio tecnológico como un fenómeno exógeno; y b) un refinamiento metodológico que, combinando el análisis insumo-producto con la incorporación ad-hoc del desempeño innovador del sistema económico, aproxima una matriz de flujos interindustriales de innovaciones.

En relación al primer ítem, el capítulo presenta brevemente el esquema tradicional de insumo-producto y algunas discusiones relevantes para su compatibilización con otras corrientes teóricas como, por ejemplo, la noción de equilibrio que subyace al esquema. Luego, se presentan dos modelos dinámicos que incorporan de manera exógena el cambio tecnológico: la “inversa dinámica” de Leontief (1951) y el modelo de “sectores verticalmente integrados” de Pasinetti (Pasinetti, 1973, 1981).

En cuanto al segundo ítem, se describe el aporte del análisis insumo-producto al estudio del cambio tecnológico y sus principales limitaciones. Para eso se hace una breve revisión de las diversas propuestas metodológicas para la medición de los flujos de conocimiento y, más específicamente, en el flujo intersectorial de las innovaciones.

### **3.2. El análisis insumo-producto y el cambio tecnológico**

Dentro del carácter sincrónico, las matrices insumo-producto captan de una manera bastante transparente el estado de la tecnología en su organización productiva a nivel interindustrial. Dado el carácter rígido e inherentemente estático de sus esquemas fue necesario, no obstante, construir una línea argumental que, en base a un repaso de su literatura, explique su utilidad dentro del enfoque de la “economía de la innovación”.

Para ello, esta sección parte del esquema tradicional de Leontief donde se incorpora la tecnología a partir de la captación de una subtrama de relaciones técnicas. Allí se discutirá la función de algunos supuestos de difícil incorporación en el análisis de un fenómeno dinámico como es el cambio tecnológico.

Luego, se describen algunos modelos dinámicos donde el cambio tecnológico es incorporado de manera exógena. En particular, resulta de interés el enfoque de Sectores Verticalmente Integrado de Luigi Pasinetti donde se describe desde un lenguaje insumo-producto la importancia del cambio tecnológico en los procesos de crecimiento de los sistemas económicos (Pasinetti, 1973). Este enfoque resalta un descalce entre la dinámica del “progreso técnico” (interpretado como un fenómeno exógeno) y la “demanda”, que amerita la coordinación ad-hoc de un agente como el Estado para garantizar un “crecimiento balanceado”.

Finalmente, la última sección introduce la noción de las matrices de flujos de “innovaciones incorporadas” que, se puede arriesgar, es su forma más lograda dentro del análisis insumo-producto para servir como nexo con los estudios del cambio tecnológico. A diferencia de los métodos anteriores, aquí el cambio tecnológico se entiende como un proceso endógeno a las estructuras productivas.

### **3.2.1. Consideraciones básicas del esquema insumo-producto convencional**

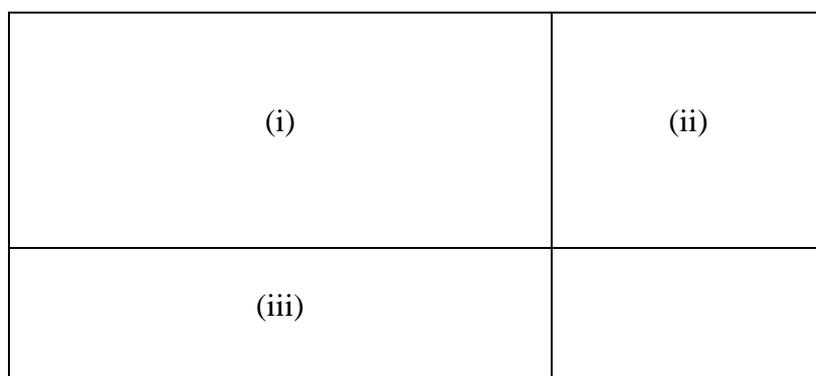
La introducción del análisis insumo-producto debe comprenderse como una continuación del estudio de la economía como un “flujo circular” iniciado casi dos siglos antes por la escuela fisiócrata y luego continuada por los autores del pensamiento clásico. Esta mirada enfatiza que la forma en que cada elemento individual participa en un proceso económico es siempre una relación causal con elementos que van más allá del mismo. En particular, este principio se basa en la existencia de “costos reales físicos”, en el sentido de que *“inputs are physically consumed in the process of the generating the outputs that reconstitutes the capacity to restart the very same process as inputs at the same (or enlarge) scale”* (Wirkierman, 2012, p. 13).

A diferencia de la *Tableau Economique* de François Quesnay (Quesnay, 1972) cuyo objetivo era ilustrar su teoría del valor relacionada a la actividad agrícola, el objetivo primario de la tabla insumo-producto era poner a disposición una herramienta empírica que permita estudiar las interdependencias de las relaciones económicas de los países y sus respectivos cambios estructurales. Para ello esta tabla se vale de las identidades contables entre el “enfoque del ingreso” y el “enfoque del gasto” que describen al sistema económico en tantas ecuaciones lineales como la cantidad de sectores en que se desagregue su entramado productivo. Como resultado, se obtiene una tabla de sectores direccionada a) como proveedores (hacia otros sectores productivos y a los consumidores

finales); y b) como usuarios (de otros sectores productores de insumos intermedios, así como el pago de impuestos indirectos netos de subsidios y el servicio prestado por el trabajo y el capital).

De forma simplificada, la matriz insumo-producto (MIP) se puede presentar a partir de la integración coherente de tres submatrices (Figura 3 3): i) una matriz cuadrada donde en sus filas y columnas figuran los mismos  $n$  sectores productivos cuyas intersecciones reflejan sus correspondientes relaciones de insumo-producto<sup>41</sup>; ii) una matriz rectangular de dimensión  $n$  por  $l$  (con  $l < n$ ) donde cada columna representan los diferentes componentes de la demanda final y iii) una matriz rectangular de  $k$  por  $n$  (con  $k < n$ ), donde las filas se representa los componentes del valor agregado (VA) descompuesto en el servicio prestado por el capital ( $\pi$ ) y el trabajo ( $w$ ) en el periodo en cuestión.<sup>42</sup>

**Figura 3. Esquema de matriz insumo-producto**



Fuente: Elaboración propia

Por un lado, la lectura de cada fila  $j$  de la parte superior de la MIP -es decir, uniendo las submatrices (i) y (ii)- describe el Valor Bruto de Producción (VBP) de cada sector  $j$  según el “enfoque del gasto”, es decir, descomponiendo su valor de producción según las entregas que realiza a otros sectores y a la demanda final. Por su parte, cada columna  $j$  - es decir, uniendo las submatrices (i) y (iii)- describe al VBP de cada sector  $j$  según el “enfoque del ingreso”, esto es, descomponiendo su valor de producción en todas las

<sup>41</sup> Esta tabla es susceptible de registrarse en términos físicos o monetarios, aunque preferentemente se registra de la segunda manera. Si bien la medida física es quizás un mejor reflejo del uso de un sector del producto de otro sector, existen problemas sustanciales de medición cuando los sectores realmente venden más de un bien. Por estas y otras razones, entonces, las cuentas generalmente se llevan en términos monetarios, aunque esto conlleva problemas para diferenciar qué porción de la alteración de los valores intercambiados responde a cambios en precios y a unidades físicas, respectivamente (Miller & Blair, 2009).

<sup>42</sup> Para simplificar la exposición, este esquema representa una tabla insumo-producto cerrada (no discrimina las importaciones intermedias) y expresada a precios de productor (no discrimina los impuestos y subsidios indirectos).

compras intermedias más la retribución servicio del capital y del trabajo en el periodo de referencia.

De esta manera, la MIP representa al sistema económico bajo un esquema contable equilibrado donde la sumatoria de cada sector desde el “enfoque del gasto” (fila) es igual a la sumatoria del mismo sector desde el “enfoque del ingreso”. Esto es:

$$(i + ii)_i = (i + iii)_i \quad \text{con } i = 1, \dots, n$$

La relación de este equilibrio con su correspondencia con la teoría económica ha dejado, al menos, dos posibles interpretaciones. Por un lado, suponer que este equilibrio contable se basa en la “reproducibilidad” del sistema económico como un “flujo circular” y, con ello, se aproxima al enfoque de la “economía clásica” que separa la determinación del precio y el ingreso de las cantidades producidas (Wirkierman, 2012). Por otro lado, se puede ir más allá suponiendo que detrás este equilibrio contable hay una concepción teórica de “equilibrio estacionario”, tal como aquel del modelo de equilibrio general (EG) de Walras. Esta última supone la idea de equilibrio equivalente a la optimización de las decisiones de los agentes (maximización de utilidad vis a vis maximización de los beneficios) y, por tanto, hace mucho más difícil su integración con una visión endógena del cambio tecnológico que diferencia entre equilibrio y orden.<sup>43</sup> Esta segunda interpretación incorpora como variables independientes fenómenos no observables, como la preferencia de los consumidores, mientras que el enfoque clásico trabaja sobre relaciones estructurales observables, como son las cantidades, los precios relativos y la distribución, desde los esquemas insumo-producto (Kurz & Salvadori, 2000).

En este sentido, la postura de esta tesis es que el equilibrio de las MIP conlleva un criterio metodológico que no incorpora en su construcción supuestos más restrictivos como aquellas del modelo walrasiano. Tal como señala Rose (1995):

*[Leontief] emphasizes the distinction between his work and the Walrasian general equilibrium tradition. Leontief's model of general interdependence does not require optimization or equilibrium in the traditional sense and emphasizes that*

---

<sup>43</sup> Como se mencionó en la sección 2.3, los sistemas económicos son concebidos como sistemas abiertos que se encuentran en constante exportación e importación de entropía en la búsqueda de coherencia de sus estructuras. Mientras que la idea de equilibrio estacionario se asocia a los sistemas cerrados, la idea de orden capta la capacidad de auto-organización de los sistemas abiertos en virtud de su intercambio de información con su entorno. Esto no significa que la dinámica del sistema sea plenamente determinista, sino que la misma se constituye como una combinación de azar y orden (Robert & Yogel, 2013).

*economic interactions are more general than those of the Walrasian model, in which they are transmitted primarily through the price system* (Rose, 1995, p. 296).

Otra característica distintiva del esquema insumo-producto es el rechazo formal a la ley de productividad marginal decreciente, en tanto, la productividad marginal de cada factor en este esquema es igual a cero: el producto de cada sector solamente aumentará si cada insumo se incrementa en cierta proporción fija dada por los coeficientes técnicos. Como se explica en la siguiente sección, el propio Leontief considera, de la misma manera que no se deben extrapolar las propiedades del equilibrio contable al del equilibrio walrasiano, exagerado suponer que dada la rigidez de los coeficientes del esquema insumo-producto esto refiera a invalidar la noción general que hay detrás de la sustitución de factores.<sup>44</sup>

A continuación, se aborda manera explícita cual es la forma específica en que el esquema insumo-producto capta al “estado de la tecnología” y sus cambios.

### 3.2.2. La relación entre la tecnología y el modelo insumo-producto

El esquema insumo-producto desde el “enfoque del gasto” se puede expresar matricialmente bajo la siguiente ecuación:<sup>45</sup>

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f} \quad (1)$$

donde  $\mathbf{x}$  es el vector de producción del conjunto de los  $n$  sectores;  $\mathbf{f}$  es el vector de la demanda final de cada sector; y  $\mathbf{A}$  la correspondientes matriz de coeficientes técnicos. A

---

<sup>44</sup> Cabe distinguir la posición de Leontief, quién acepta el concepto de sustitución de factores como evento posible en la producción de un mismo producto, pero no la noción marginalista del “mecanismo” de sustitución factorial. En particular, reconoce que, pese a que el aumento de un factor de producción puede en ciertas circunstancias incrementar el producto en cuestión, su incremento será mucho mayor ante el incremento de todos los factores de producción de manera proporcional. En otras palabras, afirma que “*the degree of complementarity might be so high that even a most violent variation in their relative prices could affect the relative amounts of their inputs only slightly*” (W. Leontief, 1951, p. 40)

<sup>45</sup> De aquí en adelante, la notación queda definida del siguiente modo: a) las matrices se representan con letras mayúscula en negrita (por ejemplo,  $\mathbf{V}$ ), b) los vectores con letras minúscula en negrita (por ejemplo,  $\mathbf{z}$ ), c) todos los vectores son vectores columna, y su trasposición se indica en modo explícito (por ejemplo,  $\mathbf{g}^T$ ); d) el vector  $\mathbf{e}_i$  y  $\mathbf{e}_j$  es un vector que selecciona la  $i$ -ésima fila y la  $j$ -ésima columna, respectivamente; e)  $\mathbf{e}$  es un vector suma (es decir, compuesto de 1s); f) un vector con un sombrero (por ejemplo,  $\hat{\mathbf{p}}$ ) refiere a una matriz diagonal, donde cada elemento del vector  $\mathbf{p}$  se ubica en la diagonal principal; y g) los elementos de vector y/o matrices se especifican en el subfijo de cada uno de ellos. Finalmente, todos los vectores son de dimensión  $n \times 1$  y las matrices de dimensión  $n \times n$ , con algunas excepciones que se distinguirán explícitamente.

su vez, la matriz de coeficiente técnicos  $\mathbf{A}$  resulta de dividir cada compra de la industria  $j$  hacia la industria  $i$ ,  $z_{ij}$ , por el valor de producción de  $j$ . Formalmente:

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{x}}^{-1} \quad (2)$$

donde  $\mathbf{Z}$  es la matriz de flujos de insumos intermedios intra e interindustrial medida en valores.

Precisamente, la tecnología en un esquema insumo-producto queda indirectamente representada bajo la subtrama de relaciones técnicas que representa la matriz  $\mathbf{A}$ . Cada elemento de esta matriz se lo denomina como “coeficientes técnicos”, expresando en cada uno de ellos el valor promedio que utiliza de otros sectores  $-j$  y de sí mismo en relación al total producido en el periodo en cuestión:

$$\mathbf{A}_{ij} = \frac{\mathbf{x}_{ij}}{\mathbf{x}_j} = \frac{\mathbf{q}_{ij}\mathbf{p}_i}{\sum_{i=1}^n \mathbf{q}_{ij} \mathbf{p}_j} \quad (3)$$

Donde  $\mathbf{q}$  es un vector de producción en unidades físicas, y  $\mathbf{p}$  un vector de precios. La información que brinda los coeficientes técnicos para cada sector  $j$  es lograr una aproximación de una “estructura de costos promedio”<sup>46</sup> directamente vinculada a la técnica empleada de cada industria  $j$ . Formalmente, la técnica empleada por cada sector  $j$  de una economía con  $n$  sectores se describe:

$$\mathbf{a}_j^* = \begin{pmatrix} \mathbf{A}_{1j} \\ \vdots \\ \mathbf{A}_{ij} \\ \vdots \\ \mathbf{A}_{nj} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{q}_{1j}\mathbf{p}_i \\ \vdots \\ \mathbf{q}_{ij}\mathbf{p}_i \\ \vdots \\ \mathbf{q}_{nj}\mathbf{p}_n \end{pmatrix} \frac{1}{\sum_{i=1}^n \mathbf{q}_{ij} \mathbf{p}_j} \quad (4)$$

Donde  $\mathbf{a}_j^*$  representa la columna  $j$  de la matriz de coeficientes técnicos presentada en (2). De aquí, se puede afirmar que el cambio de este vector en, al menos, dos puntos del tiempo será la única forma en que el esquema insumo-producto podrá captar cómo afecta el cambio tecnológico a cada sector productivo.

Entre las limitaciones de esta mensuración del cambio técnico se debe empezar señalando que, naturalmente, al trabajar con valores no será posible distinguir cambios de coeficientes técnicos provocados por alteraciones en los precios y por cantidades físicas. Lo mismo que en cualquier metodología que se quiera neutralizar el impacto de

---

<sup>46</sup> Son costos promedio debido a la agregación de empresas heterogéneas que constituyen cada sector. Heterogéneas en cuanto a las técnicas empleadas (incluyendo las más nuevas técnicas de producción con aquellas más antiguas) así como las escalas en que producen, y también a la alta probabilidad de que en cada industria se estén produciendo un conjunto de productos heterogéneos (“mix de productos”).

variaciones de precios, la solución más trivial es indexar los coeficientes por un índice de precios que lleve los valores a precios constantes. Pero, aun cuando sea posible controlar la variación de los precios relativos, existen otros problemas metodológicos más específicos a las tablas insumo-producto.

Volviendo al formal rechazo de la sustitución factorial que se mencionó en la sección anterior, se debe señalar que una de las mayores fuentes de problemas es que cada sector constituye un *mix* de firmas heterogéneas (en términos de técnicas y escalas empleadas) y de productos heterogéneos.<sup>47</sup> Por lo tanto, la estructura de coeficientes técnicos de una MIP es una aproximación necesariamente imperfecta de un conjunto de funciones de producción:

*No matter how detailed the classification, each output category will subsume a mix of products -large cars, small cars, powerful cars, economy cars, automobile bodies, automobile chassis, automobile repair parts-. Even within a given establishment, many different products may be produced, each form a different combination of inputs (Carter, 1970, p. 9)*

De aquí se pueden derivar dos problemas más específicos. El primero de ellos es la imposibilidad de distinguir con certeza cuándo la alteración de los “coeficientes técnicos” responde a un cambio de técnica propiamente dicho, y cuándo esto se debe a un cambio en el peso relativo del *mix* de productos que constituyen al agregado sectorial (Carter, 1970, p. 8). El ejemplo que utiliza Leontief para ilustrar esto es suponer un sector productor de “bienes de consumo” que se compone de dos subsectores heterogéneos. Luego, si el análisis reduce sus procesos productivos al uso de tierra, trabajo y capital en proporciones muy diversas, el aumento relativo de cualquiera de los bienes de consumo significará un cambio relativo del uso de estos insumos que será confundido como un cambio de técnica del sector (Leontief, 1951, p. 40).

En segundo lugar (y suponiendo que se pueda corroborar que no se ha modificado la participación relativa del *mix* de productos de cada sector), tampoco será posible hacer la distinción del marginalismo entre sustitución (es decir, cambios “sobre” la función de

---

<sup>47</sup> Vale destacar que esto no significa que cada empresa queda asignada unívocamente en una sola rama productiva. El “criterio de establecimiento” permite al Sistema de Cuentas Nacionales organizar la información recolectada en productos que forman parte del mismo grupo industrial según clasificadores internacionalmente estandarizados (United Nations, 2009). Esto significa que, por ejemplo, si dos establecimientos de una misma firma producen productos diversos, cada uno de ellos formará parte de una actividad diferente.

producción), y cambio de técnica (es decir, cambios “en” la función de producción).<sup>48</sup> Dado que una estructura insumo-producto dada sólo describe una única combinación de insumos, sin alternativas, tanto la sustitución como el cambio técnico conducirán a transformaciones en las estructuras de las tablas insumo-producto (Carter, 1970, pp. 10-11).

Adicionalmente, la matriz de coeficientes técnicos no toma registro del uso de ciertos productos indispensables para el desarrollo de la actividad productiva de cada sector - tales como los bienes de capital, los bienes instalados en los establecimientos productivos, el stock de insumos intermedios, etcétera- ya que su renovación se sucede en tramos irregulares (Goodwin & Punzo, 1987).<sup>49</sup>

En términos más generales, se puede decir que incluso la matriz insumo-producto con la mayor desagregación estadística posible no dejará de describir una porción incompleta del proceso productivo y de la tecnología que la subyace. La tecnología es un término que comprende un conjunto amplio y complejo de capacidades y saberes (científicos, técnicos y sociales) cuya codificación operativa, no solo bajo el método insumo-producto, es virtualmente imposible (Carter, 1970, p. 10). Las estructuras insumo-producto solo captan una subtrama de técnicas que están puestas en práctica en un intervalo del tiempo; el “estado del arte” está en constante cambio e, incluso en un mismo periodo, lo revelado en estas estructuras es aquel fragmento del ST que ha tenido consecuencias reveladas a nivel de la producción de bienes y servicios.

### **3.2.3. La introducción del cambio tecnológico a los modelos insumo-producto**

La idea de esta sección es presentar algunos esfuerzos mayores por incorporar el cambio técnico dentro del análisis insumo-producto. Para ello se ha adaptado el previo esquema

---

<sup>48</sup> En este sentido, el propio Leontief afirma que en la práctica el término acuñado a la “sustitución factorial” ha sido, en realidad, de una naturaleza muy diferente: “*The conventional interpretation of the marginal productivity theory is very often linked with the rather broad, not to say indiscriminating use of the term “factor of production”. The venerable trinity of “land, labor and capital” seems still to dominate the field of theoretical discussion. [...] Now, if we compare this simplified scheme with the more realistic picture of our economic system [...] it becomes evident that the concept of technical substitution and the law of variable proportions -if applied to aggregative industries- have in the main no other function than to conceal the non-homogeneous character of the conventional industrial classification*” (Leontief, 1951, p. 39 comillas del autor).

<sup>49</sup> En el capítulo 4, se realiza una propuesta metodológica ad-hoc para sí considerar la participación de los bienes de capital en el proceso productivo.

estático hacia uno que incluya distintos periodos temporales incluyendo sus respectivas diferentes matrices de coeficientes técnicos.

### 3.2.3.1. La “inversa dinámica” de Leontief

Leontief (1998) introduce la noción de “inversa dinámica” como resultado de una adaptación al análisis insumo-producto para incorporar, de forma explícita, la dimensión temporal.

En base al “principio acelerador” de la inversión, se asume que la expansión productiva que corresponde al periodo temporal  $t$  y  $t + 1$  está en función de la demanda de inversión del periodo  $t$ .

En el modelo estático presentado en la ecuación (1), se supone explícitamente que todo el producto que es empleado como insumo intermedio en el periodo  $t$  sirve para satisfacer la demanda final del mismo periodo. Es decir:

$$\mathbf{x}_t - \mathbf{A}_t \mathbf{x}_t = \mathbf{f}_t \quad (5)$$

Allí, el único dato estructural del sistema económico es la matriz de coeficientes técnicos, mientras que la inversión es una variable exógena que forma parte de la demanda final. En el “modelo dinámico de Leontief”, en cambio, la demanda de inversión del periodo  $t$  ya no es más una variable definida por los requisitos de producción del periodo corriente, sino por la expansión de la capacidad productiva entre el periodo corriente y el siguiente. De esta manera, la ecuación (5) se reexpresa del siguiente modo:

$$\mathbf{x}_t - \mathbf{A}_t \mathbf{x}_t - \hat{\mathbf{k}}_{t+1} (\mathbf{x}_{t+1} - \mathbf{x}_t) = \mathbf{x}_t - \mathbf{A}_t \mathbf{x}_t - \mathbf{K}_{t+1} (\mathbf{x}_{t+1} - \mathbf{x}_t) = \mathbf{f}'_t \quad (6)$$

donde  $\mathbf{k}$  expresa el ratio capital-producto sectorial (“acelerador”); y  $\mathbf{f}'$  es el vector de entregas a la demanda final, descontada la demanda de inversión del periodo corriente. La novedad de esta ecuación aparece en el tercer término de lado izquierdo de la ecuación; allí se representa la demanda de inversión del periodo  $t$  como equivalente de la cantidad adicional de capital necesario para la expansión productiva de cada sector entre el periodo  $t$  y  $t + 1$ .<sup>50</sup>

En particular, la indexación temporal de la matriz de coeficientes técnicos,  $\mathbf{A}$ , permite incorporar el cambio técnico dentro del modelo dinámico. Por ejemplo, una serie

---

<sup>50</sup> Nótese que el subíndice temporal de la matriz  $\mathbf{K}$  no refiere al periodo en que los bienes de capital son producidos sino al momento en que son puestos en ejecución.

temporal de  $m + 1$  periodos debería expresarse matricialmente como un sistema de ecuaciones con igual cantidad de ecuaciones lineales, o sea, con  $m + 1$  matrices de coeficientes técnicos.

Primero, se puede reexpresar la ecuación (6) del siguiente modo (Leontief, 1998, p. 295):

$$\mathbf{G}_t \mathbf{x}_t - \mathbf{K}_{t+1} \mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{f}'_t \quad (7)$$

donde  $\mathbf{G}_t = (\mathbf{i} - \mathbf{A}_t + \mathbf{K}_{t+1})$ .

Ahora, el sistema dinámico de (6) queda expresado de esta forma:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{G}_{-m} & -\mathbf{K}_{-m+1} & \cdots & & & & \mathbf{0} \\ & \mathbf{G}_{-m+1} & -\mathbf{K}_{-m+2} & & & & \mathbf{0} \\ & & \ddots & \ddots & & & \vdots \\ \vdots & & & \mathbf{G}_{-2} & -\mathbf{K}_{-1} & & \mathbf{0} \\ & & & & \mathbf{G}_{-1} & \mathbf{G}_{-1} & \mathbf{G}_{-1} \\ \mathbf{0} & & \cdots & & & & \mathbf{G}_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{x}_{-m} \\ \mathbf{x}_{-m+1} \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{-2} \\ \mathbf{x}_{-1} \\ \mathbf{x}_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{f}'_{-m} \\ \mathbf{f}'_{-m+1} \\ \vdots \\ \mathbf{f}'_{-2} \\ \mathbf{f}'_{-1} \\ \mathbf{f}'_0 \end{pmatrix} \quad (8)$$

El vector solución de este sistema,  $\mathbf{x}$ , expresa la cantidad de producto de cada uno de los  $n$  sectores que son necesarios, en cada periodo  $t$ , para que puedan ser satisfechos los requerimientos de la demanda final  $\mathbf{f}'$  del mismo periodo. Esta solución puede pensarse como el resultado de un proceso secuencial que comienza solucionando la última ecuación (es decir, donde  $x_{t+1} = 0$ ), luego reemplazar su solución particular  $\mathbf{x}_0$  en la ecuación anterior, y continuar así sucesivamente hasta la ecuación  $-m$ . Finalmente, el resultado formal de esta secuencia queda representado del siguiente modo:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{x}_{-m} \\ \mathbf{x}_{-m+1} \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{-2} \\ \mathbf{x}_{-1} \\ \mathbf{x}_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{G}_{-m}^{-1} & \cdots & \mathbf{R}_{-m} \mathbf{R}_{-2} \mathbf{G}_{-1}^{-1} & \cdots & \mathbf{R}_{-m} \mathbf{R}_{-2} \mathbf{R}_{-1} \mathbf{G}_0^{-1} \\ & & \vdots & & \\ \vdots & & \mathbf{R}_{-2} \mathbf{G}_{-1}^{-1} & & \mathbf{R}_{-2} \mathbf{R}_{-1} \mathbf{G}_0^{-1} \\ & & \mathbf{G}_{-1}^{-1} & & \mathbf{R}_{-1} \mathbf{G}_0^{-1} \\ \mathbf{0} & & \mathbf{0} & & \mathbf{G}_0^{-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{f}'_{-m} \\ \mathbf{f}'_{-m+1} \\ \vdots \\ \mathbf{f}'_{-2} \\ \mathbf{f}'_{-1} \\ \mathbf{f}'_0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

donde  $\mathbf{R}_t = \mathbf{G}_t^{-1} \mathbf{K}_{t+1} = (\mathbf{1} - \mathbf{A}_t + \mathbf{K}_{t+1})^{-1} \mathbf{K}_{t+1}$  (Leontief, 1998, p. 296). La matriz izquierda a la derecha de la ecuación (9) es la denominada “inversa dinámica”. Dicha matriz es de dimensión  $(m + 1) \times (m + 1)$  donde, por un lado, cada columna  $t$  representa los requisitos de insumos directos e indirectos que precisa en el periodo  $t$  de cada uno de los  $m + 1$  periodos temporales por cada peso entregada a la demanda final. Por otro lado, en cada fila se describe como el producto de cada periodo  $t$  se distribuye entre los sucesivos periodos incluyendo el corriente. Nótese que cada elemento de la

“inversa dinámica” es, a su vez, una matriz cuadrada de  $n \times n$  equivalente a la cantidad de sectores productivos del sistema.

La contribución más importante de esta matriz será demostrar las diferencias sectoriales con respecto a la importancia de los horizontes temporales en que su producto se ve distribuido; este varía de una industria a otra destacando que, si bien la producción de una industria en particular para un año determinado puede depender principalmente de la composición y el nivel de demanda final del mismo año, la producción de otra industria podría estar dominada por entregas a la demanda final de años posteriores.

### **3.2.3.2. Pasinetti y los “Sectores Verticalmente Integrados” (SVI): el cambio estructural y el progreso técnico**

Pasinetti (1973) presenta un esquema de producción multisectorial que operativiza el modelo de producción de Piero Sraffa (Sraffa, 1960) con un lenguaje insumo-producto a los finales de realizar un análisis del crecimiento y el cambio estructural de las economías en el largo plazo.<sup>51</sup>

Para ello conviene introducir primero la noción de “método de producción (o técnica productiva)” que relaciona la producción física de una economía, no únicamente en función de la participación de bienes intermedios, sino también por la prestación de servicios del trabajo y por cierto acervo de bienes de capital.<sup>52</sup> De este modo, los métodos de producción del conjunto de la economía en un periodo anual  $t$  estarán representados por los siguientes datos:

- a) Un vector  $\mathbf{a}^l$  cuyo elemento  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) describe los requerimientos de trabajo físico para la producción de una unidad física del producto  $j$ .
- b) Una matriz cuadrada  $\mathbf{A}^T$  que representa en cada columna  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) los requerimientos de stock de capital físico (circulante más fijo) requeridos para la producción de una unidad del producto  $j$ . A su vez, esta matriz se descompone en la suma de a) una matriz de stock de capital circulante (es decir, de insumos intermedios)

---

<sup>51</sup> Cabe aclarar que aquí solo se va a exponer utilizando el caso simplificado de “producción simple” de Sraffa (1960), es decir, que se asume que cada actividad se corresponde con la producción de un único producto.

<sup>52</sup> Desde el punto de vista de las matrices insumo-producto convencionales, esto implica ampliar los requerimientos mínimos de datos.

$\mathbf{A}^c$  y b) una matriz de stock de capital fijo  $\mathbf{K}^{53}$ ; es decir,  $\mathbf{A}^T = \mathbf{A}^c + \mathbf{K}$ . Por último, cada sector  $j$  debe reemplazar anualmente todo el capital circulante utilizado más una porción  $\delta_j$  del capital fijo. De esta manera, se puede definir una matriz  $\mathbf{A}^\ominus$  que representa a todo el capital (circulante más fijo) que son realmente consumidos en el periodo  $t$  -es decir,  $\mathbf{A}^\ominus = \mathbf{A}^c + \mathbf{K}\hat{\delta}$ -.

Luego, el método de producción de cada sector  $j$  en el periodo  $t$  se puede resumir en lo que se conoce como “enfoque sector” mediante las siguiente tres ecuaciones:

$$\mathbf{y}_j = (\mathbf{I} - \mathbf{A}^\ominus)\mathbf{x}_j \quad (10.1)$$

$$\mathbf{L}_j = \mathbf{a}^l\mathbf{x}_j \quad (10.2)$$

$$\mathbf{s}_j = \mathbf{A}^T\mathbf{x}_j \quad (10.3)$$

donde (10.1) y (10.2) representan los flujos de productos y servicios laborales, respectivamente, requeridos por el sector  $j$  para producir el producto neto  $\mathbf{y}_j$  en el año  $t$ , y (10.3) representa el stock de bienes de capital (circulante y fijo) requeridos al comienzo del año  $t$  para que su producción  $\mathbf{x}_{j,t}$  sea efectuada.

Ahora el método de producción de  $j$  puede ser representado según lo que se denomina el “enfoque de SVI” que, a diferencia del sistema (10.1)-(10.3), se expresa del siguiente modo:

$$\mathbf{x}^{(j)} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}^\ominus)^{-1}\mathbf{y}_j \quad (11.1)$$

$$\mathbf{L}^{(j)} = \mathbf{a}^l(\mathbf{I} - \mathbf{A}^\ominus)^{-1}\mathbf{y}_j \quad (11.2)$$

$$\mathbf{s}^{(j)} = \mathbf{A}^T(\mathbf{I} - \mathbf{A}^\ominus)^{-1}\mathbf{y}_j \quad (11.3)$$

donde la matriz  $(\mathbf{I} - \mathbf{A}^\ominus)^{-1}$  es equivalente a la “matriz inversa de Leontief” con la diferencia que aquí, además de captar los requerimientos de capital circulante directos e indirectos asociados a un producto neto  $\mathbf{y}$ , también capta aquella porción del capital fijo que es consumida directa e indirectamente por cada sector productivo en el periodo  $t$ .

De esta manera, el enfoque sector -asociado al análisis insumo-producto tradicional presentado en la sección 3.2.2- expresa la participación directa del capital circulante y el capital fijo asociados al producto total de cada sector  $j$ , mientras que en el enfoque de

---

<sup>53</sup> Si bien Pasinetti (1973) describe a esta matriz con la notación  $\mathbf{A}^f$ , aquí se ha sustituido por el termino  $\mathbf{K}$  para unificar la notación con el modelo dinámico de Leontief de la subsección anterior.

SVI se expresa la participación directa e indirecta del capital circulante y el capital fijo asociados al producto neto de cada sector  $j$ .

A los fines de ilustrar de manera sencilla la dirección del cambio técnico, Pasinetti sintetiza los requerimientos de trabajo y capital a partir de renombrar los términos de las ecuaciones (11.2) y (12.3) del siguiente modo:

$$\mathbf{v} \equiv \mathbf{a}^l (\mathbf{I} - \mathbf{A}^\ominus)^{-1} \quad (11.4)$$

$$\mathbf{H} \equiv \mathbf{A}^T (\mathbf{I} - \mathbf{A}^\ominus)^{-1} \quad (11.5)$$

Finalmente, la participación del trabajo y el capital de cada subsistema  $j$  se expresa:

$$\mathbf{L}^{(j)} = \mathbf{v} \mathbf{y}_j \equiv v_j y_j \quad (11.2b)$$

$$\mathbf{s}^{(j)} = \mathbf{H} \mathbf{y}_j \equiv \mathbf{h}_j y_j \quad (11.3b)$$

Siendo  $\mathbf{v}$  un vector donde cada elemento  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) expresa el requerimiento de trabajo directo e indirecto que todo el sistema económico precisa para producir una unidad física del producto  $j$  como bien final, denominado como “coeficiente de trabajo verticalmente integrado” para el bien  $j$ ; y  $\mathbf{H}$  es una matriz que en cada columna  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) describe el producto de cada bien  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) cuyo stock es directa e indirectamente necesarios para la producción de una unidad del bien  $j$ , y la suma de dicha columna se sintetiza como la “unidad de la capacidad productiva verticalmente integrada” del bien  $j$  (Pasinetti, 1973, p. 6).

Dada esta definición, este enfoque aproxima a un indicador que permite mensurar el grado de progreso técnico de un sistema. Lo más importante es que el enfoque de SVI permite expresar a cada subsistema  $j$  obviando las especificidades de los factores heterogéneos que participan en su producción, quedándose únicamente con las “capacidades productivas verticales” de los factores que participan en su producción. Específicamente, el foco está en las cantidades requeridas (directa e indirectamente) de trabajo  $v_j$  y capital  $\mathbf{h}_j$  para sostener la producción de una unidad del producto neto  $y^{(j)}$ .

A su vez, esta medida del cambio técnico se puede sintetizar aún más si se reexpresa al producto neto del subsistema  $j$ ,  $y^{(j)}$ , únicamente en relación al “coeficiente de trabajo verticalmente integrado”,  $v_j$ . Las unidades de trabajo que forman parte de este coeficiente incluyen, además del trabajo directo, el empleo de las actividades que producen las

“unidades de capacidad productiva” requeridas para producir el producto  $j$  como producto neto. Siguiendo a Sraffa:

*Although only a fraction of the labour of a sub-system is employed in the industry which directly produces the commodity forming the net product, yet, since all other industries merely provide replacements for the means of production used up, the whole of the labour employed can be regarded as directly or indirectly going to produce that commodity.*  
(Sraffa, 1960, p. 89)

Formalmente, el cambio técnico se reduce a la ratio entre el producto neto del subsistema  $j$  y el requerimiento de trabajo verticalmente integrado, derivado de la ecuación (11.2b):

$$\frac{y_j}{L^{(j)}} = \frac{1}{v_j}, \quad \text{con } j = 1, \dots, n \quad (11.6)$$

Dentro de las posibles direcciones del cambio técnico, Pasinetti ” (1981) profundiza en los posibles impactos dentro de un escenario de progreso técnico “*which empirical evidence has shown by now to be every-where the most typical ones in modern societies*” (Pasinetti, 1981, p. 67).

En este esquema, el progreso técnico de un subsistema  $j$  se define sencillamente, y sin ambigüedades, por la reducción de su respectivo coeficiente del trabajo verticalmente integrado  $j$ . Su consecuencia más inmediata es una tendencia a generar desempleo que se compensa si existe un incremento en los coeficientes de demanda de estos sectores que compense su menor demanda relativa de mano de obra.<sup>54</sup> Cuando el progreso técnico se traduzca en ganancias de productividad *vis a vis* ingreso per cápita, el crecimiento de la demanda probablemente crecerá de forma desbalanceada a favor de ciertos bienes y en contra de otros en dinámicas que exceden la lógica del sistema. Este descalce entre la dinámica de la demanda y del progreso técnico a nivel de subsistemas sería la principal fuente de generación de desempleo en ciertos sectores.<sup>55</sup> En este sentido, Pasinetti (1981) aboga por el Estado como el único actor capaz de coordinar estos desequilibrios inherentes a la dinámica de la acumulación capitalista.

Los modelos dinámicos hasta aquí presentados han incorporado al cambio técnico, especialmente en Pasinetti, dentro del análisis económico. No obstante, este aun aparece

---

<sup>54</sup> Por supuesto, esto exige asumir otros supuestos, como capacidad de flexibilidad del trabajo de moverse de un sector hacia otro, y la flexibilidad de la estructura de precios relativos en la medida que el cambio técnico tenga distintas intensidades entre las diferentes ramas.

<sup>55</sup> A diferencia del modelo estático y dinámico de Leontief, aquí se incorpora al análisis insumo-producto una noción de “balance” o “equilibrio” que va más allá de sus identidades contables, incluyendo información ad-hoc al sistema como la tasa de desempleo.

como un fenómeno exógeno al del sistema productivo y, particularmente, al de las relaciones insumo-producto. La matriz de coeficientes técnicos -sea tratada a partir de sus coeficientes directamente observables o aquellos verticalmente integrados- es aún considerada como un dato estructural y las causas de su transformación todavía quedan por fuera del análisis.

Dicho esto (y siguiendo con el lenguaje insumo-producto), lo ideal ahora sería poder especificar una ecuación del siguiente tipo:

$$\mathbf{A}_{t+1} = f(\mathbf{D}_t) \quad (12)$$

donde la matriz  $\mathbf{D}_t$  sería una matriz que mida la introducción y difusión de nuevas técnicas a nivel interindustrial; y donde el desfase temporal entre esta matriz y aquella de coeficientes técnicos sería una expresión del cambio técnico como proceso incremental cuyo resultado depende de la estructura de relaciones insumo-producto de periodos anteriores.

Sin embargo, la función  $f$  de la ecuación (9) no ha sido especificada en la literatura y probablemente no tiene sentido esperar que algún día lo sea. La complejidad de la tecnología y su evolución, y el determinismo de un modelo del tipo descrito en dicha ecuación parecen incompatibles. Al respecto Pasinetti (1981) ofrece una reflexión:

*It would certainly be out of place to develop a theory of technical progress here. If such a theory should ever be developed, it would pertain to a much wider field than economics, because it could not avoid some definite conceptions about the aims and ends of human society. [...] the usual procedure will be followed of taking technology outside economic analysis. (Pasinetti, 1981, p. 67)*

No obstante, la posición que adopta esta tesis es que reconociendo que a) la introducción y difusión de innovaciones alteran los coeficientes insumo-producto y b) que las relaciones verticales son potenciales canales de difusión de innovaciones, el aporte del análisis insumo-producto para comprender aspectos como la interdependencia tecnológica no debería ser descartado.

En esa línea, en la siguiente sección se presentará una matriz tecnoeconómica que, combinando indicadores de desempeño tecnológico sectoriales con relaciones insumo-producto, presenta una aproximación de los flujos de innovaciones incorporadas.

### **3.3. Las matrices de innovaciones incorporadas: el aporte metodológico del análisis insumo-producto y sus limitaciones**

Los flujos intersectoriales de nuevas tecnologías siguen una naturaleza compleja y multidimensional: van desde procesos observables como la transferencia de conocimientos a través de innovaciones formalmente comercializables (ejemplo, patentes y/o adquisición de licencias), o informales (ejemplo, bienes intermedios y de capital), hasta fenómenos menos observables como aquellos conocimientos que surjan de experiencias de interacción entre proveedor-usuario, u algunas transferencias informales como procesos de imitación, copia y/o ingeniería inversa.

En esta sección, se presenta una reformulación de la MIP convencional para aproximar uno de todos estos canales ya que, como se discutió en el capítulo 2, la interdependencia económica es una dimensión influyente en la definición de la generación y orientación que sigue el cambio tecnológico. En particular, en la primera parte se presenta la llamada “matriz tecnoeconómica” (Leoncini et al, 1996) que aproxima el flujo de “conocimiento incorporado” en productos, reponderando las relaciones de compra-venta de bienes intermedios interindustriales por un vector de inversión sectorial en I+D.<sup>56</sup>

Siguiendo la estructura de Marengo y Sterlacchini (1990), en la segunda parte se detallará una metodología alternativa presentada por Scherer (1982) para ilustrar cuáles son las ventajas y limitaciones metodológicas de la matriz tecnoeconómica.

#### **3.3.1. La matriz tecnoeconómica**

Desde el punto de vista tecnoeconómico, la introducción de nuevos y/o mejores productos repercute directamente sobre la productividad aquellas industrias que utilicen al producto nuevo o mejorado. No solo esto. En muchas ocasiones, la adopción de nuevos insumos, maquinas o equipos puede ser un incentivo para que la propia firma usuaria adopte algún tipo de conducta innovadora. En este sentido, la compra-venta de productos que se describen en las tablas insumo-producto se convierten en potenciales canales de difusión de las nuevas tecnologías a nivel interindustrial.

La metodología detrás de la construcción de la matriz tecnoeconómica (**R**) asume que la contribución de cada sector al “cambio técnico” será equivalente al ratio del gasto en I+D

---

<sup>56</sup> De aquí en adelante, la matriz tecnoeconómica también se la referirá como la matriz de flujos de innovaciones “incorporadas en productos”.

y que, además, se difundirá de forma proporcional al flujo de bienes intermedios.<sup>57</sup> Formalmente, la expresión matricial de esta matriz es:

$$\mathbf{R} = \hat{\mathbf{r}}\hat{\mathbf{x}}^{-1}\mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} = \hat{\mathbf{r}}\mathbf{Z} \quad (13)$$

donde  $\mathbf{r}$  es un vector que mide la inversión en I+D a nivel sectorial. De esta manera, la fila  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) de la matriz  $\mathbf{R}$  describe la difusión de tecnologías incorporadas hacia cada uno de los  $j$  sectores ( $j = 1, \dots, n$ ) que integran al sistema en cuestión; recíprocamente, la columna  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) representa la recepción de tecnologías incorporadas de cada uno de los  $i$  sectores ( $i = 1, \dots, n$ ).

Una variante posible dentro de esta metodología sería moverse hacia un enfoque de SVI (o subsistemas) basados en la metodología de Pasinetti (1973) presentada más arriba. Esto significaría redistribuir el flujo de productos intermedios de cada sector de acuerdo con sus participaciones directas e indirectas en la producción de cada uno de los bienes entregados a la demanda final. Para ello, primero se debe reexpresar el esquema insumo-producto tradicional - ecuación (1) de la sección 3.2.1- de la siguiente forma:

$$\mathbf{B} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \hat{\mathbf{y}} \quad (14)$$

donde  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$  es la “matriz inversa de Leontief”<sup>58</sup>, es decir, aquella que mide los requerimientos directos e indirectos unitario de la demanda final de cada producto. Por un lado, la columna  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) de la matriz  $\mathbf{B}$  representa la cantidad directa e indirecta de insumos intermedios que el subsistema  $j$  precisa para satisfacer su demanda final; por otro lado, la fila  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) representa la participación como proveedor de insumos intermedios del sector  $i$  en cada uno de los respectivos subsistemas. De esta manera, la matriz de flujos de innovaciones “incorporadas en productos” queda redefinida del siguiente modo:

$$\mathbf{R}^{\text{SVI}} = \hat{\mathbf{r}}\hat{\mathbf{x}}^{-1}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \hat{\mathbf{y}} = \hat{\mathbf{r}}\hat{\mathbf{x}}^{-1}\mathbf{B} \quad (15)$$

La interpretación de cada elemento  $ij$  de  $\mathbf{R}^{\text{SVI}}$  refleja el flujo directo e indirecto de tecnología incorporada que el sector  $j$  percibe del sector  $i$ ; la suma de la columna será

---

<sup>57</sup> Terleckyj (1974) fue pionero en introducir, además, el flujo de bienes de capital. A los fines de simplificar la exposición aquí solamente se utilizarán los flujos de insumos intermedios detallados en las matrices de coeficientes técnicos. Sin embargo, en el capítulo 4 se propone una metodología ad-hoc para captar los flujos de bienes de capital.

<sup>58</sup> Para hallar la “matriz inversa de Leontief” deben seguirse los siguientes pasos algebraicos: i) se parte del esquema tradicional insumo-producto,  $\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{f}$ , ii) se despeja el vector de demanda final,  $\mathbf{f} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x}$  y, finalmente, iii) se premultiplica en ambos lados de la ecuación por  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ . Para revisar las condiciones de existencia de su inversa véase Miller y Blair (2009).

igual a la cantidad de I+D incorporado en el producto final de  $j$ . También se debe destacar que los elementos de la diagonal principal de la matriz resultante serán interpretados como “innovaciones de proceso” a nivel industrial, mientras que aquellos que queden por fuera de la diagonal principal se los define como “innovaciones de producto” a nivel industrial. Debe recordarse que todas las innovaciones medidas en esta matriz se asumen que son “de producto”, y que luego esta diferencia “de proceso” y “de producto” a nivel industrial es funcional para saber si hay difusión intra o interindustrial (véase nota al pie 38).

Definir cuál es la mejor elección, si el método convencional o aquél de los SVI, no es sencillo. Por un lado, el enfoque de SVI cuenta con la ventaja de captar de manera más integral la complejidad del sistema de I+D dentro del proceso productivo, pero por otro lado también se aleja de unidades analíticas de observación directa donde hay interacciones (más o menos complejas) efectivas. En particular, esto último parece reducir su potencial capacidad de captar fenómenos directamente menos observables por las tablas insumo-producto, como es el de aprendizajes colectivos entre usuarios y proveedores.

### **3.3.2. La matriz de difusión de innovaciones “incorporadas en patentes”**

Tal como señala Griliches (1979), los canales de difusión de las tecnologías intersectoriales van más allá de las relaciones productivas, y una de las pocas vías formales de captar estos flujos ha sido mediante información de la compra/venta de patentes.

Precisamente, Scherer (1982) propone una metodología donde los canales de circulación de las nuevas tecnologías sean aproximados por la producción-utilización de patentes y no por relaciones insumo-producto (a los fines de diferenciar con la propuesta anterior, a esta matriz la llamaremos “matriz de invenciones”). Para la misma parte de utilizar información acerca del gasto en I+D de 443 firmas de gran tamaño en Estados Unidos que, gracias a su desagregación por línea de negocios, logra incorporar datos sobre el fenómeno de diversificación productiva y tecnológica de cada empresa. Esta información se compatibiliza con datos de patentes de manera tal que la producción de cada invención allí registrada sea asignada unívocamente a un sector productivo. Mientras que la información de I+D refiere al año 1974, las invenciones patentadas relevadas son tomadas del periodo 1976-1977, permitiéndole contemplar el hecho de que el impacto en I+D en nuevas tecnologías no es un proceso inmediato.

El primer paso de esta metodología ha consistido en construir un vector sectorial del ratio de gasto en I+D y el número de patentes por sector:<sup>59</sup>

$$\boldsymbol{\pi} = \mathbf{r} * \widehat{\mathbf{c}}^{-1} \quad (16)$$

donde  $\mathbf{c}$  es un vector que mide la cantidad de patentes introducidas por cada sector y  $\boldsymbol{\pi}$  representa un vector del costo promedio de patente (medido en gasto de I+D) para cada línea de negocios.

El segundo paso fue la clasificación de las patentes según posibles industrias de uso por parte de “expertos”. Mientras que para la producción de cada patente la clasificación fue unívoca, para sus usos distinguió la posibilidad de ser asignado en hasta tres industrias diferentes, o bien, asignarle un carácter de “*general-use inventions*” (Scherer, 1982, p. 230). Como se verá, el hecho de que esta asignación en la utilización se base en criterios potenciales y no efectivos es una de las desventajas metodológicas frente a la matriz tecnoeconómica.

El autor separa el análisis para darle espacio a un escenario que cumpla el supuesto del conocimiento como “bien privado” y otro que utiliza el criterio de “bien público”.<sup>60</sup> Por cuestiones de simplificación aquí se detalla únicamente el escenario bajo el supuesto de la tecnología como “bien privado”, y con solo dos escenarios posibles en relación a sus usuarios: la patente tiene un uso sectorial exclusivo, o bien, es de uso general.<sup>61</sup>

En esta circunstancia, la matriz de flujos intersectoriales de innovaciones “incorporadas en patentes” (o matriz de invenciones) queda expresada del siguiente modo:

$$\mathbf{R}^{(2)} = \widehat{\boldsymbol{\pi}}\mathbf{c} + (\widehat{\boldsymbol{\pi}}\mathbf{c}) * \mathbf{A} \quad (17)$$

Donde el primer término del lado derecho de la ecuación representa una matriz de producción-utilización de patentes bajo el supuesto de asignación biunívoca; y el segundo término representa la distribución del gasto en I+D asignado bajo el criterio de uso general. Para este último, primero se definió de forma residual el vector  $(\boldsymbol{\pi}\mathbf{c})^*$  donde cada fila  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) representa la diferencia entre el gasto total en I+D del sector  $i$  y aquel monto que el mismo sector  $i$  difunde unívocamente hacia la industria  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ ):

<sup>59</sup> Este trabajo destaca como ventaja no implementar la información de patentamiento como *proxy* de la introducción de una invención *per se* debido al reconocido sesgo sectorial de patentamiento.

<sup>60</sup> Basta decir aquí que bajo el segundo caso el gasto en I+D imputado a cada usuario será idéntico, generando una matriz de flujos de gastos “duplicados” en I+D.

<sup>61</sup> En la base de datos de Scherer (1982) estos casos representan el 73% de la muestra.

$$(\pi c)_i^* = (\pi c)_i - \sum_{j=1}^n (\pi c)_{ij} \quad (18)$$

Al igual que en el método anterior, la matriz de flujos de invenciones  $\mathbf{R}^{(2)}$  describe la forma en que se distribuye el gasto en I+D entre sectores productores de tecnologías (por fila) y sectores usuarios (por columna). De la misma manera que la matriz tecnoeconómica, la diagonal principal de la matriz captará las “innovaciones de proceso” a nivel industrial, mientras que todos los elementos por fuera de esta diagonal representan las respectivas “innovaciones de producto” a nivel industrial.<sup>62</sup>

### 3.3.3. Comparación de la metodología de las matrices de flujos de innovaciones “incorporadas en productos” e “incorporadas en patentes”

Las dos matrices hasta aquí presentadas son solamente algunas de las propuestas metodológicas que han hecho un esfuerzo por captar flujos de conocimientos a nivel intersectorial. Al conjunto de estas propuestas se las puede dividir en dos grandes grupos de acuerdo con el criterio definido para saber “hacia donde se difunde” siguiendo la distinción de criterios analíticos que realiza Griliches (1979) entre “*rent spillovers*” y “*real knowledge spillovers*” (véase sección 2.4.1). Como se puede observar en la tercera columna de la tabla 1, esta diferencia se la puede resumir de acuerdo con si la metodología en cuestión sigue o no el criterio de asignación “proveedor-usuario” en términos de complementariedades productiva.

Por un lado, están aquellas metodologías donde cada nuevo conocimiento desarrollado por una industria  $i$  es asignado a la/s industria/s que se beneficien desde un punto de vista productivo. En ese sentido, estas metodologías se sirven de las proximidades en el “espacio económico” y donde el conocimiento difundido tiene la peculiaridad de ser aquél que se “incorpora” en productos y/o patentes. En este subconjunto de metodologías aparecen tanto las matrices tecnoeconómicas como la propuesta de Scherer (1982). Vale también destacar la “matriz de innovaciones” de DeBresson (1996) que, de forma similar

---

<sup>62</sup> Uno de los principales resultados del trabajo es que las “innovaciones en producto” a nivel industrial son sensiblemente mayores (aproximadamente un 80% del total) a las “innovaciones en proceso” dando cuenta, en consecuencia, la relevancia del asunto, es decir, que ocupa la producción de innovaciones que son empleadas fuera de la unidad productora. El segundo resultado relevante es que el sector manufacturero en su conjunto produce la mayor cantidad de las innovaciones utilizadas en otros sectores productivos (es decir, primarios y terciarios). El último resultado de interés es el elevado grado de heterogeneidad dentro de los sectores manufactureros de acuerdo al (des)balance entre la producción y el uso de las invenciones, y al grado de diversificación de sus vinculaciones.

a Pavitt (1984), se basa en distribuir innovaciones directas que surjan de encuestas a nivel de empresa (y luego organizado a nivel sectorial) siguiendo el mismo criterio que las otras dos metodologías.

Por otro lado, están las propuestas que asignan el conocimiento de una industria *i* de acuerdo con aquellas industrias que tienen una mayor proximidad en sus bases de conocimiento. Aquí el requisito de “incorporación” para su difusión no es necesario y, precisamente, por ello se considera que estas metodologías miden flujos de “conocimiento desincorporado”.

**Tabla 1 – Propuestas metodológicas para difusión de tecnologías a nivel intersectorial**

<b>Tipos de matrices</b>	<b>Descripción</b>	<b>Criterio usuario-proveedor</b>	<b>Antecedentes</b>
Matriz tecnoeconómica	Flujos de I+D vía insumo-producto	Sí	Terleckyj (1974), Leoncini et al (1996), Papaconstantinou (1998)
Matriz de invenciones	Flujos de I+D vía patentes (ISIC)	Sí	Scherer (1982), Putnam y Evenson (1994)
Matriz de innovación	Flujos de innovaciones	Sí	Pavitt (1984), DeBresson et al (1994)
Matriz de proximidades tecnológicas	Flujos de I+D vía patentes (IPC)	No	Jaffe (1986), Goto y Suzuki (1989)
Matriz de citación	Flujos de citas vía patentes	No	Los y Verspagen (2000)

Fuente: Elaboración propia

En base a la mayor proximidad conceptual de la matriz tecnoeconómica con la matriz de invenciones, en esta última sección nos centraremos en comparar los supuestos que hay detrás de una y otra propuesta, para luego advertir ventajas y desventajas de haber elegido el primer método para nuestro trabajo empírico (véase capítulo 4). Tengamos en cuenta que ambas metodologías emplean al gasto en I+D como el proxy del desempeño innovador de los sectores, por lo que nos centraremos más en discutir los “canales” de

difusión empleados en uno y otro método, y su compatibilización con la medida de inversión en I+D.<sup>63</sup>

En primer lugar, la matriz propuesta por Scherer cuenta con la ventaja de estar basada en un indicador más directo en relación a la producción de nuevos conocimientos y, especialmente, en su posterior difusión intersectorial. Este método, por ejemplo, a aquella inversión en I+D de una firma que no se haya correspondido con una subsecuente actividad de patentamiento (en el tiempo que se asume que deberían haberlo hecho) no se las considerara como generadora de una innovación. Adicionalmente, el sistema de patentamiento de un país forma parte de un régimen de apropiación creado para, precisamente, permitirles a las firmas innovadoras captar una porción de la renta del conocimiento que han generado pero que ha sido aprovechado por otros actores. En este sentido, la adquisición de una patente debería medir de manera más directa la incorporación de nuevos conocimientos que la adquisición de insumos, máquinas y/o equipos. No obstante, el sesgo sectorial que existe en el uso de patentes como mecanismo de apropiabilidad, y el abuso de patentamiento de algunas firmas para bloquear el ingreso de nuevos competidores sin necesariamente introducir nuevos conocimientos (Boldrin & Levine, 2008), pone una advertencia sobre las virtudes de la patente como indicador de “conocimiento incorporado”.

En segundo lugar, el método de Scherer introduce formalmente el supuesto plausible de que exista un desfase temporal, aunque bajo un criterio arbitrario, entre el esfuerzo y el resultado innovador. Por el contrario, en el método insumo-producto se supone que el gasto en I+D es inmediatamente incorporado en innovaciones del mismo periodo en que se ejecutó tal gasto. Pese a esto, vale destacar que, ante la ausencia de microdatos sobre cada patente específica, la propuesta de Scherer cae en un criterio uniforme y muy arbitrario para definir cuánto sería el tiempo que una inversión en I+D debe madurar para convertirse en una patente. Además, dado el sesgo sectorial a patentar tampoco parece ser un supuesto plausible que el éxito de todo esfuerzo innovador se deba corresponder con una eventual patente.

---

<sup>63</sup> El uso del gasto en I+D como única medida de la introducción de nueva tecnología deja por fuera otra serie de indicadores de actividades innovadoras observables (tales como el gasto en departamento de ingeniería) que pueden estar “incorporadas” en los productos intercambiados en el sistema insumo-producto. A su vez, el gasto en I+D se sabe es una actividad sesgada hacia las empresas de gran tamaño y, en menor medida, sectorialmente hacia actividades “basadas en ciencia” por sobre el resto (Pavitt, 1984). Adicionalmente, el indicador de I+D es un insumo del proceso innovador que no garantiza resultados.

Por último, Scherer tiene la virtud de captar no solo la diversificación productiva de una empresa, tal como también lo hace el esquema insumo-producto cuando utiliza el criterio de relevamiento “por establecimiento”, sino además la diversificación tecnológica de las empresas. Es reconocido que de manera creciente las firmas hacen esfuerzos en el desarrollo de tecnologías que van más allá de aquellas que se asocian directamente con su actividad principal (Fai & Von Tunzelmann, 2001). La metodología insumo-producto, en cambio, distribuye el gasto en I+D en forma lineal basado en los grados de complementariedad productiva intersectorial (coeficientes técnicos), bajo el fuerte supuesto de que la diversificación tecnológica coincide con la diversificación productiva de las empresas.

Para enunciar las virtudes de las metodologías insumo-producto conviene volver a resaltar que, en ambos métodos, el concepto detrás de la imputación de la innovación hacia cierto/s sector/es productivo/s está basado en un criterio de complementariedad productiva intersectorial. Mientras que para las tablas insumo-producto esto no merece mayor explicación, para el método seguido por Scherer sí. La compra efectiva de patentes no necesariamente sigue un criterio de complementariedad productiva, tal como el de dicha metodología, sino que puede seguir aquél utilizado por la “familia” de metodologías que siguen el criterio de medir flujos de “conocimiento desincorporado”. Por ejemplo, mientras que en Scherer una patente que recoja una innovación incremental en la producción de computadoras probablemente implicará una “difusión” del sector computadoras hacia el sector de servicios financieros, en las metodologías basadas en el flujo de “conocimiento desincorporados” la difusión desde el sector de computadoras no sería hacia servicios financieros sino, por ejemplo, hacia sectores como equipo de telecomunicaciones aun cuando la computadora mejorada en sí no se usaría en esta industria (Dietzenbacher & Los, 2002. 413).

De esta manera, si el objetivo es recoger la difusión de tecnologías incorporadas en productos, la matriz tecnoeconómica cuenta con la ventaja de basarse en relaciones intersectoriales de compra-venta efectivas, mientras que la matriz de invenciones la compra-venta de patentes se realiza sobre potenciales transacciones intersectoriales siguiendo el criterio ya mencionado (Guan y Chen, 2009).

A su vez, esto nos lleva a la principal ventaja de la matriz tecnoeconómica frente a la propuesta de Scherer: la coherencia estructural de los flujos mensurados.

En la primera los supuestos necesarios para aceptar que la matriz resultante está mensurando flujos estructurales del “conocimiento incorporado “ son los siguientes: a) existe una estabilidad en la inversión en I+D con respecto al valor de producción a nivel sectorial (Dietzenbacher & Los, 2002) y b) existe estabilidad en las relaciones insumo-producto a nivel intersectorial (Pérez, 1986). La credibilidad de estos supuestos dentro de paradigmas tecnoeconómicos dados se suman al hecho de que el valor de producción es una variable endógena al esquema insumo-producto, potenciando la coherencia de correlacionar datos de inversión en I+D con las estructuras de compra-ventas de las MIPs. Así, el crecimiento económico de los sectores con mayor inversión en actividades innovadoras y con mayor incidencia como proveedores de insumos y/o equipos tiene una alta probabilidad de resultar en mayor difusión de “conocimiento incorporado”, “*technology-push*”, mientras que la demanda de productos con mayores encadenamientos de actividades intensivas en I+D “aguas arriba” tiene una mayor probabilidad de estimular con su crecimiento el desarrollo de estas actividades “*demand-pull*” (DeBresson et al ,1994).

Por el contrario, los supuestos detrás de la estabilidad de los canales definidos en la matriz de invenciones son más difícil de sostener. Esta matriz supone a) una relación fija entre el gasto en I+D y las patentes que produce y b) una relación fija entre cada innovación que genera una industria  $j$  y, a su vez, el número de innovaciones que esta requiere de otras industrias  $(1, \dots, n)$  para poder desarrollarse. En particular, este segundo supuesto es muy poco plausible y, de allí, su interpretación desde un enfoque “*demand-pull*” menos fácil de sostenerse. Por ejemplo, es muy difícil de sostener que la industria farmacéutica requiera una innovación de la industria alimenticia, cualquiera sea su naturaleza, para introducir una cierta cantidad de innovaciones nuevas.

Finalmente, cabe destacar que para un análisis internacional y/o que comprenda distintos periodos temporales, las matrices insumo-producto también cuentan con mayores ventajas. Esto porque su construcción forma parte integral de los SCN que, a su vez, sigue criterios uniformes bajo la coordinación de Naciones Unidas (véase United Nations, 2009). Por el contrario, el sistema de datos de patentes no tiene el mismo nivel de estandarización a nivel internacional, en parte, porque el sistema normativo que lo sostiene tiene una función estratégica de los estados nacionales dentro de un esquema más general de políticas económicas (Verspagen, 1997).

Como comentario de cierre, vale señalar la complementariedad de estos enfoques e incluso incorporando aquellas metodologías como aquellas que miden el flujo de “conocimientos desincorporados”. En esta línea, Marengo y Sterlacchini (1990) plantean la siguiente hipotética secuencia que hay detrás de la introducción y difusión de innovaciones: a) la inversión en I+D que realiza una firma produce eventualmente nuevos conocimientos que, patentadas o no, son transferidas de forma incorporada o desincorporada hacia otros sectores; b) luego de otro periodo temporal incierto, tales transferencias de conocimientos tecnológicos deriven en la generación de nuevos y/o mejorados productos en aquellos sectores perceptores (innovaciones en producto); y c) finalmente, dichos productos serán difundidos por los canales insumo-producto hacia el resto del sistema económico. (Marengo & Sterlacchini, 1990, p. 36). Eso significa que las transferencias de tecnologías “incorporadas” en insumos, máquinas y/o equipos e “incorporadas” en patentes están estrictamente conectadas como parte de un mayor ST donde se define el ritmo y dirección del cambio técnico de sus estructuras productivas.

#### **3.4. Resumen y conclusiones**

En este capítulo se constataron algunas de las limitaciones más severas de las técnicas insumo-producto tradicionales y “dinámicas” para registrar el cambio tecnológico (sección 3.2). Para comenzar las matrices captan solo información parcial e indirecta sobre uno de los aspectos que hace al ST, esto es, la subtrama de relaciones técnicas. Son parciales porque cada técnica se constituye no solo de la adición de un conjunto de recursos tangibles, sino que también se definen por un conjunto de saberes y habilidades conjugados de formas no lineales; son indirectos ya que, debido a la agregación sectorial, son conformados por promedios simples de establecimientos de firmas heterogéneas y, especialmente, porque cada sector está compuesto por un *mix* de productos. Habiendo discutido esto en la sección 3.2.2, se detallaron algunos esfuerzos por incluir el cambio tecnológico dentro del análisis insumo-producto (sección 3.2.3). Como conclusión de esta primera parte se puede afirmar que el análisis insumo-producto tradicional deja información concreta susceptible de ofrecer una valiosa evidencia ex-post de la evolución del cambio tecnológico y su impacto sobre sistemas productivos.

No obstante, lo más importante de este capítulo se desarrolla a lo largo de la sección 3.3 donde se argumenta que el potencial del análisis insumo-producto para captar rasgos estructurales sobre el proceso innovador está en complementar su información sobre las

relaciones de compra-venta intersectoriales con indicadores sobre el desempeño innovador de los sectores. Allí se presentó la matriz tecnoeconómica (Leoncini et al., 1996), la cual supone reinterpretar a las relaciones insumo-producto como canales de difusión de “conocimientos incorporados” ponderando sus canales por una variable que aproxime el desempeño innovador de cada uno de los sectores productivos.

Por supuesto, la aplicación de esta metodología exige introducir una serie de supuestos fuertes, acerca de a) cómo se define el nivel de innovación de un sector, b) cómo se define la dirección de su circulación en el espacio económico y c) en base a que criterio se pondera la proporción de conocimientos incorporados difundidos. Baste recordar que las relaciones descritas en la matriz tecnoeconómica deban ser tomadas como difusiones potenciales y no efectivas. No obstante, ante las dificultades de mensurar los flujos de conocimientos e innovaciones, y dada la eficacia de la metodología cuando sus resultados se comparan con los de estrategias más directas pero también más costosas (véase Marengo & Sterlacchini, 1990), la misma es una herramienta que no debiera ser subestimada para comprender los rasgos estructurales que intervienen en comprender la dinámica del cambio tecnológico de los países.

Finalmente, se podría argumentar que el salto cualitativo de este análisis insumo-producto alternativo frente al convencional para abordar el estudio del fenómeno del cambio tecnológico está en que esta herramienta no solo puede funcionar para un análisis ex-post del impacto del cambio tecnológico sobre las estructuras productivas. La matriz tecnoeconómica puede emplearse para un análisis ex-ante de la orientación que puede seguir el progreso técnico en un sistema económico, en tanto y en cuanto, la inversión en I+D es una inversión en el cambio en sí mismo (Carter, 1994). En otras palabras, las matrices tecnoeconómicas pueden ser útiles para identificar regiones del espacio económico donde haya mayores posibilidades de representar vínculos innovadores virtuosos establecidos, o por establecerse.

## Capítulo 4

# La matriz tecnoeconómica Argentina: un análisis del proceso sectorial de innovación en Argentina y una comparación con el caso canadiense

### 4.1. Introducción

La relación entre las estructuras económicas de los países y su grado de desarrollo ha sido un elemento ubicuo de la literatura del desarrollo económico clásica y moderna (Yoguel & Barletta, 2017). Las estructuras económicas son formas históricas que representan el grado alcanzado de la división del trabajo al interior de un sistema económico. En este sentido, vale pensar a las estructuras como la evidencia histórica de una serie de procesos complejos que, de forma conjunta, explican por qué algunas naciones y/o regiones económicas han quedado más relegadas del desarrollo económico que otras.

En particular, la evolución de la discusión del cambio estructural ha debido atender el paso de las estructuras económicas más simples del periodo fordista (economías duales con la producción mayormente integrada vertical y nacionalmente) hacia estructuras más complejas en su periodo posterior (economías múltiples con fuerte fragmentación y deslocalización de la producción en escalas globales, con la aparición de nuevos sectores intensivos en conocimiento y, en consecuencia, con mayores grados de interacciones e interdependencia del sistema en su conjunto).

El enfoque sistémico de la innovación recoge algunos de estos fenómenos del posfordismo centrándose en comprender a la innovación, dentro de unidades nacionales<sup>64</sup>, como un proceso interdependiente que se ve principalmente definido por su estructura productiva y su entorno institucional.

---

<sup>64</sup> Las relaciones estudiadas son nacionales únicamente en el sentido de que el foco está en las relaciones dentro de los países, es decir, tratando de comparar las diferencias nacionales en la forma en que se integran las economías nacionales. Esto, por supuesto, no implica que las relaciones internacionales no sean cruciales para comprender y explicar el desarrollo tecnológico de las economías nacionales. Pero un sistema nacional de innovación, o un sistema tecnológico nacional, se caracteriza por la especificidad histórica y una multiplicidad de configuraciones institucionales que afectan sus resultados. En ese sentido, es poco probable que la globalización elimine por completo las cualidades específicas nacionales o locales.

Esta literatura ha reconocido como sus principales antecedentes a un conjunto heterogéneo de corrientes del desarrollo económico (Lundvall et al., 2002).<sup>65</sup> Adicionalmente, se puede agregar un cruce más implícito entre esta literatura y otra corriente del desarrollo: el estructuralismo latinoamericano. Esta última postula que, precisamente, los problemas de las economías periféricas quedan representados entre los atributos de sus estructuras productivas y sus modos de articulación en el sistema económico mundial. En particular, esto refiere a: i) la especialización de su canasta exportadora en recursos primarios y sus primeras industrias transformadoras, con débiles encadenamientos productivos y tecnológicos, poca demanda de empleo (más aún, de trabajo calificado) y una baja elasticidad ingreso-demanda (Prebisch, 1986); y ii) a una fuerte heterogeneidad en la productividad de sus actores -incluyendo una desigualdad al interior de la industria manufacturera- que desalentaba una articulación de los sectores menos modernizados con aquellos tecnológicamente más desarrollados (Pinto, 1970, 1973).

En base a esta caracterización que conserva validez para el análisis actual de los países en desarrollo de Latinoamérica (Cimoli & Correa, 2003), se puede profundizar la repercusión de esos atributos de los STE en países emergentes. Por un lado, la especialización y heterogeneidad productiva afectaría directamente la densidad del entramado productivo doméstico reduciendo las probabilidades de a) que las innovaciones introducidas por un actor sean aprovechables por otros actores locales y b) de que surjan relaciones usuario-proveedor virtuosas en su dinámica innovadora. Además, el perfil “primarizado” de las canastas exportadoras profundizaría aún más el retraso tecnológico de estas economías por centrar su política macroeconómica hacia los intereses de un sector caracterizado, por algunos autores, como de “débiles encadenamientos tecnológicos” (Dasgupta & Singh, 2007; Kaldor, 1967; Lavopa, 2015; Szirmai, 2012).<sup>66</sup> Por último, la heterogeneidad de productividad estimula la dominancia

---

<sup>65</sup> Entre los antecedentes se destaca que el concepto de SNI es la combinación de 4 enfoques: a) la influencia del “enfoque estructural” (Perroux, Hirschman, Damhén) que combinaba el enfoque schumpeteriano con aquél de Leontief (véase sección 2.2); b) la teoría de los “mercados domésticos” y el “ciclo del producto” (Linder, 1961; Posner, 1961; Vernon, 1966); c) los microfundamentos de la innovación de Nelson y Winter (1982), y otros aportes de la *Science Policy Research Unit* (SPRU) y Chris Freeman durante la década del setenta y ochenta; y d) el enfoque institucionalista de Thorstein Veblen (Veblen, 2017).

<sup>66</sup> Esta hipótesis ha sido cada vez más discutida a la luz de las experiencias de algunos casos donde el sector primario ha estimulado encadenamientos tecnológicos como usuario de bienes y servicios intensivos en conocimiento, especialmente, a raíz del avance del desarrollo de las TIC y su combinación con otros avances científicos (J Katz et al., 2010; Marin et al., 2015; Pérez, 2010). Para un mayor detalle de la discusión véase Robert et al. (2018) y Cassini y Robert (2020)

de relaciones económicas asimétricas que también afectarían a la generación de vínculos usuario-proveedor virtuosos, asumiendo que el intercambio de información entre los mismos tiene una relación inversa a la dominancia de un actor por sobre el otro (ver sección 2.3.2).

Con el fin de testear algunas de estas hipótesis<sup>67</sup> se compara las estructuras de interdependencia tecnológica interindustrial en los STe de Argentina y Canadá. Para ello se calculará la matriz tecnoeconómica (es decir, el flujo de I+D incorporado) que solamente captura una fracción de los conocimientos relevantes que se introducen en un sistema económico, y de los canales mediante los cuales se difunde entre sus elementos.<sup>68</sup> Sin embargo, la identificación de estos flujos se considera un primer paso importante para comprender la estructura de un STe en dos sentidos: a) ex-ante, ofrece una comprensión de cómo se organiza a nivel sectorial la introducción de nuevas tecnologías incorporadas y esto significa señalar qué sectores tienen mayor incidencia en la definición del perfil tecnológico del sistema; y b) ex-post, revela la importancia de los antecedentes históricos para la configuración actual del sistema, afirmando que la estructura actual de los sistemas depende en gran medida de su historia pasada de industrialización/desindustrialización.<sup>69</sup>

Para abordar dicho objetivo el capítulo se organiza del siguiente modo.

En la primera parte, se hará una breve descripción sectorial del proceso innovador argentino manufacturero en base a información que surge de la ENDEI para el periodo 2010-2012. Entre otros resultados, se constata la predominancia de la incorporación de maquinaria como fuente de nuevas tecnologías en el proceso innovador manufacturero de Argentina. Además, se encuentra un sustento empírico al uso del gasto en I+D como indicador *proxy* del desempeño innovador sectorial.

En la segunda parte se presenta y analiza el STe argentino para el año 2011 construida en base a la metodología descrita en la sección 3.3.13.3.1. Para ello, primero se hará una presentación del vínculo entre las matrices tecnoeconómicas y los STe, y las

---

<sup>67</sup> No se aborda la heterogeneidad de productividad entre los sectores productivos.

<sup>68</sup> La I+D es solo una representación del esfuerzo de entrada que se le da a un proceso de creación y desarrollo de tecnología y, además, la tecnología en sí es solo un subconjunto del conocimiento.

<sup>69</sup> Para una revisión de otros trabajos que con la misma metodología, o similar, han explorado las estructuras de flujos de inversión en I+D de otros países se incorpora el Anexo. Allí se ha decidido dejar por fuera a los trabajos que han utilizado dicha metodología para hacer mediciones de impactos en la productividad.

consideraciones que hay que tener bajo consideración cuando se emplea el primero como aproximación cuantitativa del segundo.

En la tercera parte se presentan los indicadores del análisis de redes y algunos de sus problemas metodológicos. Finalmente, se presentan y analiza estos resultados aplicados a los casos de los STE de Argentina y Canadá<sup>70</sup>.

#### **4.2. Breve descripción de la innovación en el sector manufacturero argentino**

De acuerdo con los datos provistos por la ENDEI I<sup>71</sup>, se puede estimar que cerca del 60% de las empresas manufactureras que operan en el territorio nacional -esto es, aproximadamente unas 11.125 empresas- han obtenido alguna innovación durante el periodo 2010-2012 (ver Tabla 2).

Desagregando sectorialmente se destaca una coincidencia entre los sectores con mayor proporción de empresas innovadoras y la clasificación de OECD acerca de los sectores más intensivos en el uso de conocimiento (véase Hatzichronoglou, 1997)-. Los sectores clasificados como de “alta tecnología” y “alta-media tecnología”, tales como la química, la farmacéutica y la electrónica, así como sectores productores de bienes de capital se han destacado por sobre el porcentaje innovador promedio. Por su parte, los sectores de “baja tecnología” -textiles, alimenticias, madereras, entre otras- coinciden en Argentina con aquellos sectores donde el porcentaje de firmas innovadoras es menor.

---

<sup>70</sup> La MIP de Canadá para el año 2011 se obtuvo a partir de un requerimiento a las estadísticas oficiales de Canadá (<https://www.statcan.gc.ca/>).

<sup>71</sup> La información analizada en el presente documento surge de la base de microdatos del 1<sup>a</sup> operativo de la Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e innovación (ENDEI), la cual fue procesada por técnicos de la Dirección Nacional de Información Científica (DNIC) a partir de un pedido de información específico del autor, asegurando el cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia de secreto estadístico y confidencialidad de los datos suministrados.

**Tabla 2. Empresas innovadoras según sector productivo<sup>72</sup>**

Sectores	Cantidad de empresas	n° de empresas innovadoras	% de empresas innovadoras	Taxonomía intensidad tecnológica según OECD
	(A)	(B)	(A)/(B)	
Alimentos y Bebidas	4097	2279	56%	Baja tecnología
Productos textiles	1071	507	47%	Baja tecnología
Confecciones + Cuero	1697	817	48%	Baja tecnología
Madera	777	369	47%	Baja tecnología
Papel y edición	1343	706	53%	Baja tecnología
Productos químicos	888	661	74%	Media-Alta tecnología
Farmacéuticas	289	240	83%	Alta tecnología
Productos de caucho y plástico	1248	799	64%	Media-Baja tecnología
Metales comunes	453	263	58%	Media-Baja tecnología
Otros productos de metal	2412	1398	58%	Media-Baja tecnología
Otros minerales no metálicos	579	379	65%	Media-Baja tecnología
Maquinaria y equipo*	1331	935	70%	Media-Alta tecnología
Material eléctrico, radio, televisión	581	424	73%	Media-Alta tecnología
Instrumentos médicos	229	180	79%	Alta tecnología
Vehículos de motor (excepto terminales)	703	493	70%	Media-Alta tecnología
Otros equipos de transporte	209	125	60%	Media-Alta tecnología
Muebles	827	440	53%	Baja tecnología
Otros**	166	109	66%	-
<b>Total</b>	<b>18900</b>	<b>11125</b>	<b>59%</b>	

\* Incluye Maquinaria y Equipo, Maquinaria herramienta en general, Maquinaria Agropecuaria y Forestal y Aparatos de uso doméstico

\*\* Incluye Terminales automotrices, Refinerías de Petróleo y Gas, y Productos de tabaco

Fuente: Elaboración propia en base a ENDEI

En términos de esfuerzos innovadores formales, se destaca la mayor participación de recursos que se destinan a la adquisición de maquinaria (Tabla 3). Esto corrobora el supuesto del rol de la adquisición de “tecnologías incorporadas” entre las principales fuentes de nuevas tecnologías, especialmente, en economías periféricas como la

<sup>72</sup> El sector “maquinaria y equipo” incluye Maquinaria y Equipo, Maquinaria herramienta en general, Maquinaria Agropecuaria y Forestal y Aparatos de uso doméstico; mientras que el sector “Otros” incluye Terminales automotrices, Refinerías de Petróleo y Gas, y Productos de tabaco.

Argentina cuya adquisición de bienes de capital depende en una buena proporción del exterior.<sup>73</sup>

Por sector se destacan las participaciones de Alimentos y Bebidas (18%), Productos Químicos (14%), Farmacéuticos (9%), y “Otros” (8%) donde se agrupan los sectores de terminales automotrices, tabacaleras y refinerías de hidrocarburos.<sup>74</sup>

**Tabla 3. Composición del gasto por sector productivo según AI**

Sectores	Distribución del gasto en AI					Total	Participación sectorial en total de AI
	I+D interna	I+D externa	Adquisición de Maquinaria	Diseño Industrial	Resto de AI		
Alimentos y Bebidas	12%	2%	68%	8%	10%	100%	18%
Productos textiles	6%	1%	86%	3%	5%	100%	3%
Confecciones + Cuero	14%	3%	69%	2%	11%	100%	1%
Madera	7%	4%	73%	9%	7%	100%	1%
Papel y edición	11%	6%	70%	3%	10%	100%	6%
Productos químicos	21%	2%	37%	13%	27%	100%	14%
Farmacéuticas	61%	13%	14%	3%	8%	100%	9%
Productos de caucho y plástico	6%	3%	80%	4%	7%	100%	7%
Otros minerales no metálicos	5%	1%	71%	17%	6%	100%	6%
Metales comunes	3%	4%	76%	9%	8%	100%	7%
Otros productos de metal	8%	6%	57%	14%	14%	100%	5%
Maquinaria y equipo*	26%	3%	42%	18%	12%	100%	5%
Material eléctrico, radio, televisión	11%	1%	69%	9%	9%	100%	3%
Instrumentos médicos	20%	11%	38%	16%	15%	100%	0%
Vehículos de motor (excepto terminales)	6%	2%	57%	14%	20%	100%	5%
Otros equipos de transporte	24%	4%	48%	16%	8%	100%	1%
Muebles	12%	2%	69%	8%	9%	100%	1%
Otros**	23%	3%	41%	6%	27%	100%	8%
Promedio	15%	4%	59%	10%	12%		

\* Incluye Maquinaria y Equipo, Maquinaria herramienta en general, Maquinaria Agropecuaria y Forestal y Aparatos de uso doméstico

\*\* Incluye Terminales automotrices, Refinerías de Petróleo y Gas, y Productos de tabaco

Fuente: Elaboración propia en base a ENDEI

Con respecto al primer sector, la composición de su gasto en AI es representativo de lo que ocurre en la mayor parte de los sectores manufactureros dado que destina cerca del 70% a la adquisición de maquinaria y equipo. Por su parte, dentro del sector químico la adquisición de maquinaria tiene una participación sensiblemente menor al resto -aunque

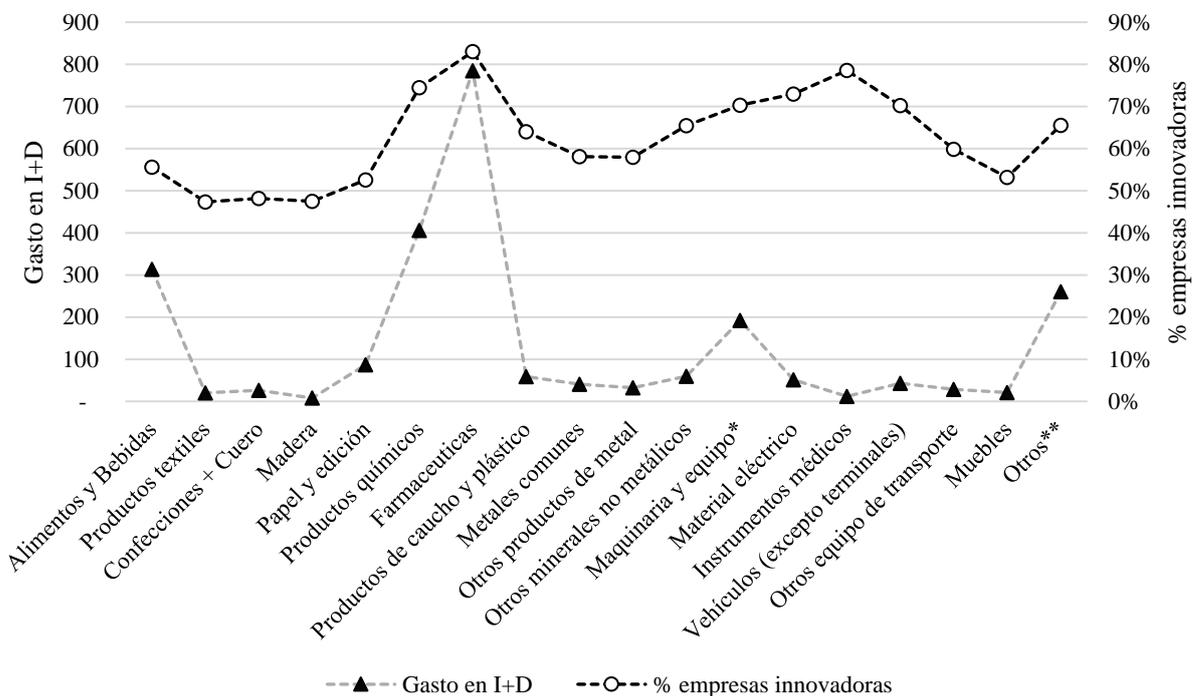
<sup>73</sup> De acuerdo con datos de la Subsecretaría de Programación Macroeconómica aproximadamente un 60% de los bienes de capital utilizados en el sistema productivo argentino durante el periodo 2010-2012 fueron importados.

<sup>74</sup> Esta información no se presenta desagregada por secreto estadístico.

aún sigue siendo la participación mayoritaria- debido al peso de la inversión en I+D por encima del promedio. Luego, el sector farmacéutico argentino es el único cuya AI se concentra mayormente en el gasto interno en I+D. Finalmente, el sector “Otros” al igual que el sector de productos químicos tiene una participación de adquisición maquinaria por debajo del promedio, pero aún líder entre todos sus gastos en innovación, y una participación de I+D mayor al promedio general.

A su vez, la importancia de cada sector en el gasto agregado en AI no coincide con los sectores con mayor propensión a innovar presentados en la Tabla 2. Sin embargo, si solo se observa el gasto en I+D interna dentro de las AI de cada sector, entonces sí se encuentra una correspondencia positiva entre los sectores con mayores niveles de gasto en I+D y aquellos con mayor participación de empresas innovadoras (Gráfico 1) -esto servirá como respaldo en la sección 4.4 donde se construyen las matrices tecnoeconómicas haciendo uso de la inversión en I+D como *proxy* de desempeño innovador de cada sector-.

**Gráfico 1. Gasto en I+D (en millones de USD ppp) y porcentaje de empresas innovadoras intrasectorial**



Fuente: Elaboración propia en base a ENDEI

Antes de pasar al análisis de las interrelaciones tecnoeconómicas, conviene utilizar la base ENDEI para testear dos supuestos que son funcionales a la robustez de la metodología de las matrices tecnoeconómicas.

Como se discute en la sección 3.3.1, el flujo intersectorial de tecnologías incorporadas se concentra en las “innovaciones en producto” a nivel firma. Eso implica suponer que el esfuerzo innovador de las industrias proveedoras se orienta a la introducción de nuevos o mejorados productos y, por consiguiente, potencialmente aprovechables por sus industrias usuarias. Por su parte, las innovaciones en proceso a nivel de la firma, pese a que en la práctica suelen desencadenar directa o indirectamente nuevos o mejores productos, no se pueden trabajar estrictamente como innovaciones incorporadas. En particular, dentro del conjunto de empresas innovadoras se calcula que aproximadamente un 82% de ellas introdujeron innovaciones en producto y un 78% han innovado en proceso (Tabla 4).

**Tabla 4. Cantidad de firmas innovadoras en producto y en proceso**

Sectores	Innovación en producto (A)	Innovación en proceso (B)	Innovación en producto sobre empresas innovadoras	Innovación en proceso sobre empresas innovadoras	(A)/(B)
Productos químicos	569	470	85%	81%	1.21
Maquinaria y equipo*	805	679	76%	85%	1.19
Otros minerales no metálicos	343	301	80%	76%	1.14
Productos de caucho y plástico	652	596	79%	76%	1.09
Otros productos de metal	1,109	1,029	79%	83%	1.08
Confecciones + Cuero	650	617	86%	71%	1.05
Alimentos y Bebidas	1,936	1,845	82%	79%	1.05
Muebles	393	375	82%	75%	1.05
Vehículos de motor (excepto terminales)	408	389	91%	79%	1.05
Farmacéuticas	197	189	73%	78%	1.04
Madera	293	281	79%	74%	1.04
Material eléctrico, radio, televisión	348	337	86%	73%	1.03
Otros equipos de transporte	104	101	82%	80%	1.03
Instrumentos médicos	144	149	80%	83%	0.96
Papel y edición	561	584	83%	79%	0.96
Metales comunes	192	206	83%	81%	0.93
Productos textiles	386	431	89%	85%	0.90
Otros**	63	73	58%	67%	0.87
<b>Promedio</b>			<b>81%</b>	<b>78%</b>	<b>1.04</b>

\* Incluye Maquinaria y Equipo, Maquinaria herramienta en general, Maquinaria Agropecuaria y Forestal y Aparatos de uso doméstico

\*\* Incluye Terminales automotrices, Refinerías de Petróleo y Gas, y Productos de tabaco

Fuente: Elaboración propia en base a ENDEI

Esta importante proporción de innovaciones en producto se replica dentro de casi todos los sectores productivos siendo, por lo tanto, factible considerar que el esfuerzo innovador de cada sector productivo se tradujo en, al menos, la introducción de un nuevo o mejorado producto. Además, dentro de las empresas que respondieron haber innovado hay una mayor cantidad que aceptan haber innovado solo en productos que las que afirman solo haber innovado en proceso, lo que también permite asumir que la mayor parte del esfuerzo innovador se orientó a este tipo de innovaciones.

El segundo supuesto es que la innovación es un proceso interactivo dentro del cual las relaciones productivas intersectoriales se convierten en fuentes relevantes de nuevos conocimientos. En la Tabla 5 se confirma que aproximadamente dos tercios de las firmas innovadoras afirman haberse vinculado para desarrollar actividades tales como I+D, intercambio tecnológico, desarrollo o mejora de productos y/o diseño industrial. A su vez, dentro de las actividades de desarrollo o mejora de productos son aquellas que proporcionalmente han sido desarrolladas con mayor cantidad de vínculos. Esto está en línea con el microfundamento de la importancia de las relaciones usuario-proveedor en el desempeño innovador.

Adicionalmente, si se reduce el campo de vinculaciones hacia aquellas que han sido establecidas con otras firmas los resultados empíricos muestran que estas representan (en promedio) un 65% del total de vinculaciones innovadoras. Lamentablemente, a pesar de que la ENDEI distingue entre las diferentes fuentes de vinculaciones innovadoras aquellas se han dado con otras firmas, no hay información acerca de si este vínculo está basado en una relación vertical o no.

**Tabla 5. Cantidad y porcentajes de actividades vinculadas en empresas innovadoras**

Sectores	Firmas innovadoras	Firmas vinculadas	Firmas vinculadas con empresas	% Firmas vinculadas para innovar	% Vinculación con otras firmas
	(A)	(B)	(C)	(B)/(A)	(C)/(B)
Alimentos y Bebidas	2279	1735	1238	76%	71%
Productos textiles	507	271	231	53%	85%
Confecciones + Cuero	817	406	266	50%	66%
Madera	369	264	162	72%	61%
Papel y edición	706	403	299	57%	74%
Productos químicos	661	461	264	70%	57%
Farmacéuticas	240	169	106	71%	63%
Productos de caucho y plástico	799	510	323	64%	63%
Otros minerales no metálicos	379	250	148	66%	59%
Metales comunes	263	203	129	77%	63%
Otros productos de metal	1398	1011	703	72%	70%
Maquinaria y equipo*	935	645	416	69%	65%
Material eléctrico, radio, televisión	424	259	183	61%	71%
Instrumentos médicos	180	127	85	70%	67%
Vehículos de motor (excepto terminales)	493	377	245	76%	65%
Otros equipos de transporte	125	66	31	53%	47%
Muebles	440	272	158	62%	58%
Otros**	109	92	62	85%	67%
<b>Total</b>	<b>11125</b>	<b>7522</b>	<b>5049</b>		

\* Incluye Maquinaria y Equipo, Maquinaria herramienta en general, Maquinaria Agropecuaria y Forestal y Aparatos de uso doméstico

\*\* Incluye Terminales automotrices, Refinerías de Petróleo y Gas, y Productos de tabaco

Fuente: Elaboración propia en base a ENDEI

Precisamente, alcanzar una aproximación de este “casillero vacío” acerca del proceso innovador argentino es uno de los objetivos de la siguiente sección. Vale recordar que la aproximación no está basada en estimar directamente los flujos de información intersectoriales que cada sector ha utilizado para innovar, sino los flujos de innovaciones en producto desde un sector hacia otro. No obstante, puede suponerse sin exagerar que los flujos de tecnología “incorporada” suelen haber atravesado previamente un proceso de intercambios de “listas” de información entre los actores involucrados (Andersen, 1992; Lundvall, 1992).

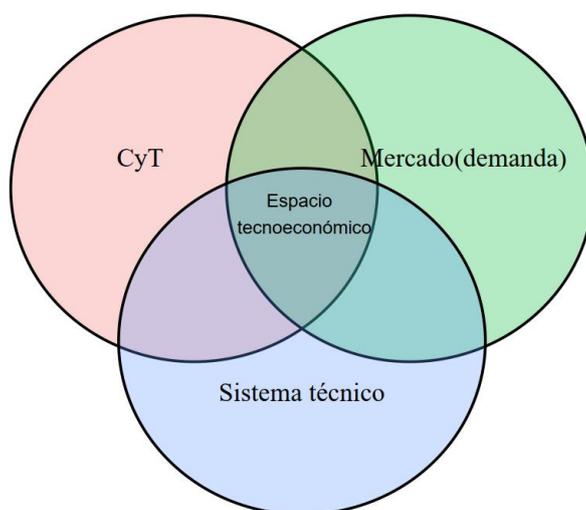
Antes de presentar los resultados de la matriz tecnoeconómica argentina se presenta una breve discusión acerca del uso de estas matrices como representación cuantitativa de los rasgos estructurales de los STe presentados en la sección 2.3.1.2.

### 4.3. Las matrices tecnoeconómicas y los STe

En la sección 2.2.1 se discutió la noción de Perroux de PC, concluyendo que el concepto originalmente iba más lejos que aquellos definidos en el “espacio económico”. Los PC deben incluir al cambio tecnológico -como elemento disruptivo del sistema y, por tanto, dinamizador del mismo- y, para ello, había que considerar la definición de un “espacio tecnológico”. Sin embargo, las dificultades de operativizar dicho espacio parecían haber contribuido a sesgar el concepto originario con la representación de las matrices insumo-producto. Además, también se ha discutido que, a pesar de que las matrices insumo-producto no captan directamente al “espacio tecnológico”, sí le imponen restricciones y, en última instancia, es en la sobreposición de ambas dimensiones donde se define el desempeño innovador de cada sistema económico (ver sección 2.4.2).

En este sentido, esta tesis considera a las matrices tecnoeconómicas como una alternativa aprehensible y fidedigna para representar el *locus* donde se superponen ambos espacios. Más precisamente, aquí se seguirá la propuesta de Leoncini et al. (1996) donde se hace uso de estas matrices para representar a los STe (sección 2.3.1.2). En particular, estas matrices captarían la sobreposición de tres subsistemas: el “subsistema técnico”, el “subsistema de ciencia y tecnología” y el “subsistema mercantil” (Figura 4 4).

**Figura 4. Espacio “tecnoeconómico”**



Fuente: Elaboración propia

Por supuesto, esta aproximación es imperfecta. Sus principales limitaciones se pueden agrupar en, al menos, dos ítems: a) el “espacio tecnoeconómico” está basado en una metodología estática cuando, en realidad, se quiere dar cuenta de un fenómeno dinámico como es la generación y difusión de nuevas tecnologías; y b) deja por fuera del análisis variables cualitativas relevantes tales como las características institucionales -formales e informales- así como el entorno global en el que se desarrolla y dan especificidad a la estructura y dinámica de cada STe (Figura 5 5). En este último eje cabe señalar también la ausencia de una masa crítica de información relevante para describir al “subsistema tecnológico”, si se tiene en cuenta que su aproximación se acota a las actividades en I+D realizada por cada sector.

**Figura 5. Representación del STe vía Matrices Tecnoeconómicas: interacción entre subsistemas**

	CyT	Sistemas Técnicos	Demanda	Institucional
CyT	No	Sí, aunque únicamente las relacionadas a los laboratorios de I+D de las empresas manufactureras	No	No
Sistemas Técnicos	-	Sí, aunque únicamente aquellas nacionales	Sí, son consideradas todas estas vinculaciones (inc. exportaciones)	No

**Fuente: Elaboración propia**

Pese a estas desventajas, se sostiene que las matrices tecnoeconómicas siguen siendo un buen insumo en la representación de los STe.

Con respecto a la primera limitación, se puede mencionar que las relaciones de cada uno de sus elementos con el resto pueden ser descriptas, en todo momento de su desarrollo, en un doble sentido. Por un lado, como si se tratara de una fotografía del sistema en un momento determinado, haciendo foco en la convivencia sincrónica de cada uno de sus elementos con el resto. Por otro lado, teniendo en cuenta el desarrollo del mismo elemento del sistema en el tiempo, es decir, considerando su evolución e incorporando la dimensión temporal en un análisis del devenir diacrónico de sus relaciones con los demás elementos del sistema. El punto es que la adopción de un análisis estático -como el de la presente tesis- no niega, por un lado, la construcción histórica y evolutiva de la estructura que se describe y, por otro lado, aporta información sobre los rasgos estructurales que condicionan su futura evolución.

En relación a la segunda limitación, ya que el foco es caracterizar y evaluar el desempeño innovador del STe, la inclusión del espacio económico como medio de circulación y de utilización está captando indirectamente las características institucionales de cada STe (Drejer, 1999). En un ejemplo abstracto, dos sistemas tecnológicos que difieren solo en el comportamiento de la interfaz institucional mostrarán dinámicas completamente diferentes y desempeños tecnoeconómicos completamente diferentes. Adicionalmente, como las relaciones tecnoeconómicas también tienen una fuerte influencia en el grado de apertura al mercado extranjero y en la infraestructura institucional, gran parte de la estructura global de un STe depende de la de sus subsistemas productivos e innovadores (Leoncini et al., 1996).

Por último, dado que el último objetivo es aproximarse a la circulación de productos nuevos o mejorados a nivel interindustrial, la adopción del gasto en I+D como indicador indirecto del rendimiento innovador sectorial sufre menos problemas de escala y, por tanto, es más susceptible de relativización que indicadores directos tales como patentes y/o cantidad de innovaciones (Dietzenbacher & Los, 2002, 410).

Por todo esto, de aquí en adelante se utilizará el concepto de STe como equivalente al sistema de relaciones tecnoeconómicas.

#### **4.4. Análisis del STe de Argentina**

La matriz tecnoeconómica Argentina se ha construido, siguiendo la metodología presentada en la sección 3.3.1, en base a la reponderación de los intercambios directos e indirectos de productos intermedios por un vector de intensidad del gasto en I+D sectorial. Para ello la base de datos utilizada ha sido: a) la matriz insumo-producto Argentina que integra la MIP del MERCOSUR desarrollada por la CEPAL para el año 2011<sup>75</sup>; b) el vector sectorial de intensidad de gasto en I+D del sector manufacturero argentino para el año 2011, que surge del procesamiento de la base de microdatos de la ENDEI I por técnicos de la Dirección Nacional de Información Científica (DNIC); y c) la estimación del vector de intensidad del gasto en I+D para los sectores primarios y terciarios a partir de información de la base de datos BERD-OECD.<sup>76</sup>

---

<sup>75</sup> Para su acceso consultar <https://www.cepal.org/es/eventos/matrices-insumo-producto-como-herramienta-politicas-comerciales-industriales-america-latina>.

<sup>76</sup> Cabe destacar que la MIP-CEPAL del año 2011 presenta originalmente una desagregación de 40 actividades productivas. Luego, la compatibilización de esta con la MIP de Canadá desagregada en 270

La compatibilización de estas bases de datos ha resultado en una matriz tecnoeconómica desagregada en 27 sectores, aunque en el análisis se dejará generalmente por fuera el tratamiento de primario y servicios por la excesiva agregación en las que se dispone su información. Además, se debe señalar que se incorporaron con un método *ad-hoc* los flujos de los bienes de capital para captar la difusión de sectores productivos que destinan una mayor proporción de su producción a la demanda de inversión. Esto consistió en redistribuir el gasto en inversión de los sectores de bienes de capital de acuerdo con los coeficientes de cuotas de mercado obtenidos de la matriz de intercambios intermedios.<sup>77</sup>

La Tabla 6 presenta en su primera columna la intensidad en el uso de la tecnología de cada sector bajo lo que se denominará como “enfoque tradicional”, esto es, aquel que imputa unívocamente el uso del I+D a la actividad que lo ejecuta. Desde este enfoque, se puede destacar una general coincidencia entre la importancia relativa de cada sector con respecto a la ya mencionada taxonomía de intensidad de tecnología de la OECD (Hatzichronoglou, 1997). Entre las excepciones, se destaca la baja posición que ocupa el núcleo de sectores asociados a las tecnologías electrónicas - Material y equipo eléctrico, Equipo de telecomunicaciones y Equipo computacional- y la elevada posición de Productos de Caucho y Plástico, y Papel y Edición.

Adicionalmente, en la segunda columna se ha construido la intensidad tecnológica bajo el “enfoque de SVT”, definido como aquél que asigna el flujo directo e indirecto de I+D a los sectores receptores del conocimiento tecnológico incorporado (esto es, la suma de cada columna de la matriz tecnoeconómica).

Contrastando ambos enfoques las diferencias son significativas. Por un lado, como resultado global el coeficiente de dispersión de la intensidad tecnológica sectorial es menor bajo las estimaciones vía matriz tecnoeconómica que bajo la metodología tradicional. Esto significa que en Argentina la introducción de nuevas tecnologías se distribuye más entre sus actores cuando son considerados las relaciones intersectoriales que cuando los sectores se tratan como compartimentos aislados.<sup>78</sup>

---

sectores más la desagregación sectorial de la inversión en I+D de ambos países resultó en matrices tecnoeconómicas de 23 sectores de producción.

<sup>77</sup> Esto último implica asumir a) que la venta de bienes intermedios desde estos sectores hacia el resto de la economía es la distribución de repuestos para los bienes de capital ya instalados en el sistema productivo, b) que la distribución intersectorial de esta venta es un *proxy* de cómo se distribuye los bienes de capital y c) que su magnitud esta aproximada por la venta del sector productor de bienes de capital a la inversión.

<sup>78</sup> Nótese que este resultado no necesariamente se debe verificar con el pasó de metodología. En un ejemplo extremo un sistema insumo-producto que esté basado en la entrega de insumos intermedios a un solo sector

**Tabla 6. Intensidad en I+D (en porcentaje) según el enfoque sector y el enfoque SVI**

Sectores	Tradicional* (A)	SVI** (B)	Ranking (A)	Ranking (B)	Taxonomía intensidad tecnológica según OECD
Farmacéuticas	2.483%	1.878%	(1)	(1)	Alta tecnología
Productos químicos	0.560%	0.297%	(2)	(2)	Media-Alta Tecnología
Otros equipos de transporte	0.499%	0.097%	(3)	(13)	Media-Alta Tecnología
Equipo médico e instrumentos ópticos y de precisión	0.384%	0.135%	(4)	(8)	Alta tecnología
Maquinaria y equipo	0.268%	0.101%	(5)	(12)	Media-Alta Tecnología
Vehículos de motor, remolques y semirremolques	0.186%	0.146%	(6)	(7)	Media-Alta Tecnología
Productos de caucho y plástico	0.156%	0.107%	(7)	(11)	Media-Baja Tecnología
Papel y Edición	0.152%	0.095%	(8)	(14)	Baja Tecnología
Suministro de agua, electricidad y gas	0.151%	0.049%	(9)	(22)	—
Otras industrias manufactureras n.c.p.	0.150%	0.162%	(10)	(4)	Baja Tecnología
Agricultura, silvicultura y pesca	0.145%	0.064%	(11)	(19)	—
Otros productos de metal	0.131%	0.057%	(12)	(21)	Media-Baja Tecnología
Equipos de oficina (incluye equipo computacional)	0.100%	0.077%	(13)	(16)	Media-Alta Tecnología
Maquinarias y aparatos eléctricos	0.100%	0.044%	(14)	(24)	Media-Alta Tecnología
Radio, televisión y equipos de telecomunicaciones	0.100%	0.122%	(15)	(9)	Media-Alta Tecnología
Cuero	0.096%	0.154%	(16)	(6)	Baja Tecnología
Otros minerales no metálicos	0.084%	0.024%	(17)	(27)	Media-Baja Tecnología
Alimentos y Bebidas	0.073%	0.176%	(18)	(3)	Baja Tecnología
Metales comunes	0.072%	0.045%	(19)	(23)	Media-Baja Tecnología
Madera	0.071%	0.034%	(20)	(25)	Baja Tecnología
Productos textiles	0.066%	0.082%	(21)	(15)	Baja Tecnología
Confecciones	0.064%	0.113%	(22)	(10)	Baja Tecnología
Resto de servicios	0.047%	0.067%	(23)	(18)	—
Minas y canteras	0.016%	0.033%	(24)	(26)	—
Coque, petróleo refinado y combustible nuclear	0.012%	0.062%	(25)	(20)	Media-Baja Tecnología
Construcción	0.002%	0.073%	(26)	(17)	—
Productos de tabaco	0.001%	0.160%	(27)	(5)	Baja Tecnología
<b>Coefficiente de desvío</b>	0.79	0.51			

\* Su expresión matricial: Gasto I+D industria  $i$  / Gasto total industria  $i = \mathbf{e}_i^T \mathbf{Re} / \mathbf{e}_i^T \mathbf{x} = \mathbf{r}_i / \mathbf{x}_i$

\*\* Su expresión matricial: Gasto I+D SVI  $j$  / Gasto total SVI  $j = \mathbf{e}^T \mathbf{Re}_j / \mathbf{x}^T \mathbf{Be}_j$

Fuente: Elaboración propia

Además, se destaca un sensible cambio de posición en el ranking de uno y otro enfoque - tercer y cuarta columna de Tabla 6 6-. Pasando del “enfoque tradicional” al “enfoque SVI”, se observa que los sectores más intensivos en tecnología se mueven hacia

usuario tendrá, con seguridad, coeficientes de dispersión menores a los obtenidos por el “enfoque tradicional”.

posiciones menos intensivas y viceversa (exceptuando química y farmacéutica). Naturalmente, esto tiene que ver con las diferencias de criterio, en tanto la metodología que hay detrás del “enfoque SVI” hay una discriminación entre generador y usuario de nuevas tecnologías que bajo el “enfoque tradicional” se ignora. Es decir, en el “enfoque SVI” los sectores más intensivos son equivalentes a los sectores más intensivos en el uso de tecnologías incorporadas.

La función en la generación, difusión y utilización de tecnologías incorporadas de cada sector se transparenta aún más en la Tabla 7.7. En las primeras dos columnas pasa a valores absolutos las columnas (A) y (B) presentadas en la Tabla 6, es decir, el nivel de gasto y de incorporación de I+D, respectivamente; y la columna (C) es un subconjunto del gasto incorporado que toma en cuenta el gasto en I+D que cada sector incorpora de sí mismo (definido como “innovación de proceso” a nivel sectorial).

En cuanto al nivel de gasto en I+D resalta la participación de sectores que, como se describió en la sección 2.4.3, son tradicionalmente considerados como núcleos difusores de tecnologías de los sistemas técnicos -especialmente, Química, Farmacéutica y Maquinaria y Equipo-, al mismo tiempo que está prácticamente ausente el gasto en I+D de otro foco de tecnologías convencionales como el del sector de Maquinaria y equipo electrónico. Además, se destaca el gasto de sectores convencionalmente menos asociados a la introducción de nuevas tecnologías, pero con fuerte arraigo al sistema económico argentino (especialmente, por su capacidad exportadora) como son la agricultura y la elaboración de alimentos.

Comparando la columna (A) y (B) resulta que los sectores usuarios más importantes coinciden en su mayoría con los sectores con mayores niveles de gasto en I+D. Solamente diez de los veintisiete sectores han utilizado más I+D incorporado que el que han generado, entre los que se destaca Alimentos y Bebidas, Construcción y Resto de Servicios; por el contrario, el sector de Agricultura, Químicos y Maquinaria y Equipo se destaca por su brusca caída de la columna (A) hacia la (B). En la columna (C) se distingue al sector Químico, Farmacéutico y Agricultura por un elevado nivel de I+D incorporado que fluye intrasectorialmente.

De forma adicional, la Tabla 7 presenta en sus últimas tres columnas tres indicadores contruidos en base a sus columnas (A), (B) y (C): la columna (D) representa el porcentaje del inversión en I+D de cada sector que es transferido hacia otros sectores; la columna

(E) indica el porcentaje del I+D percibido que proviene de flujos intersectoriales; y, finalmente, la columna (F) construye el ratio porcentual entre la adquisición y transferencia de tecnología incorporada.

El indicador de esta última columna se puede interpretar como una aproximación a la posición neta de cada sector como difusor de tecnologías incorporadas. En base a este resultado se construyó una taxonomía sectorial (ver Tabla 8) que, en general, es consistente con los resultados de difusión/dependencia tecnológica de la taxonomía de Pavitt.<sup>79</sup> Por supuesto, la difusión y la utilización de tecnología no son categorías excluyentes, y por ello el índice asociado a cada sector debe ser analizado con cuidado, a partir de deconstruir su resultado en a) su grado de difusión de tecnologías fuera del sector (numerador) y b) su grado de absorción de tecnologías fuera del sector (denominador).

Entre los cinco sectores que forman parte del grupo de “alta difusión” se encuentran dos grupos diferenciados. Por un lado, están químico y farmacéutico que pertenecen al grupo de sectores “basados en ciencia” con la peculiaridad de que una porción elevada de la tecnología que desarrolla es difundida hacia sí mismo -columna (D) de Tabla 7- mientras que una proporción muy baja de la tecnología que incorpora es extramuro -columna (E) de Tabla 7-. Por otro lado, los restantes tres sectores clasificados como de “alta difusión” (dos de ellos clasificados en Pavitt como “proveedores especializados”) son sectores con una proporción menor de absorción de su propio gasto en I+D, y una porción de absorción extramuro de I+D mayor a los sectores anteriores. Tal como aparece entre los hallazgos de Pavitt (1984), los sectores químicos y farmacéuticos “basados en ciencia” parecen tener una menor interdependencia tecnoeconómica con su entorno comparado a los sectores de bienes de capital.

Siguiendo con los resultados consistentes con la taxonomía de Pavitt, seis de los ocho sectores categorizados como “dominados por proveedores” son en la taxonomía aquí construida clasificados como “tecnológicamente dependientes”. La explicación de este resultado es, tanto por la baja proporción de difusión del I+D “aguas abajo”-cuyo nivel es de por sí muy bajo, a excepción de en Alimentos y Bebidas-, como por una elevada proporción de utilización de I+D extramuro.

---

<sup>79</sup> La construcción de la taxonomía de Pavitt incorpora como criterios de agrupamiento no solo los flujos de origen y uso sectoriales de las innovaciones sino, además, las fuentes institucionales del conocimiento utilizado en cada innovación, y el tamaño y el sector principal de la firma innovadora (ver sección 2.4.3).

**Tabla 7. Origen I+D, innovación en proceso y producto a nivel industrial y otros indicadores (millones de USD en ppp): Argentina, año 2011**

	<b>Origen I+D*</b>	<b>I+D incorporado**</b>	<b>I+D proceso***</b>	<b>(A-C)/(A)</b>	<b>(B-C)/(B)</b>	<b>(A-C)/(B-C)</b>
	<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>	<b>(D)</b>	<b>(E)</b>	<b>(F)</b>
Agricultura, silvicultura y pesca	148.789	65.649	48.567	0.67	0.26	5.87
Minas y canteras	7.562	15.959	3.775	0.50	0.76	0.31
Alimentos y Bebidas	98.252	235.349	85.313	0.13	0.64	0.09
Productos de tabaco	0.018	4.121	0.017	0.01	1.00	0.00
Productos textiles	5.592	6.991	2.496	0.55	0.64	0.69
Confecciones	7.412	13.152	5.615	0.24	0.57	0.24
Cuero	6.268	10.097	4.950	0.21	0.51	0.26
Madera	3.473	1.675	0.701	0.80	0.58	2.85
Papel y Edición	32.167	20.045	13.237	0.59	0.34	2.78
Coque, petróleo refinado y combustible nuclear	3.231	16.157	2.158	0.33	0.87	0.08
Productos químicos	183.206	97.163	88.914	0.51	0.08	11.43
Farmacéuticas	254.715	192.647	187.532	0.26	0.03	13.13
Productos de caucho y plástico	27.063	18.606	9.187	0.66	0.51	1.90
Otros minerales no metálicos	9.590	2.757	1.625	0.83	0.41	7.04
Metales comunes	17.006	10.701	5.797	0.66	0.46	2.29
Otros productos de metal	18.925	8.227	5.427	0.71	0.34	4.82
Maquinaria y equipo	58.804	22.051	16.674	0.72	0.24	7.84
Equipos de oficina (incluye equipo computacional)	0.860	0.658	0.422	0.51	0.36	1.86
Maquinarias y aparatos eléctricos	6.236	2.761	1.403	0.77	0.49	3.56
Radio, televisión y equipos de telecomunicaciones	8.958	10.972	5.624	0.37	0.49	0.62
Equipo médico e instrumentos ópticos y de precisión	6.948	2.450	1.929	0.72	0.21	9.63
Vehículos de motor, remolques y semirremolques	65.722	51.401	36.561	0.44	0.29	1.97
Otros equipos de transporte	6.064	1.175	1.014	0.83	0.14	31.35
Otras industrias manufactureras n.c.p.	11.481	12.457	7.328	0.36	0.41	0.81
Suministro de agua, electricidad y gas	37.077	11.934	9.918	0.73	0.17	13.47
Construcción	1.185	56.970	1.083	0.09	0.98	0.00
Resto de servicios	321.515	455.994	275.504	0.14	0.40	0.25

\* Su expresión matricial: Origen I + D<sub>i</sub> = e<sub>i</sub><sup>T</sup>Re

\*\* Su expresión matricial: I + D Incorporado<sub>j</sub> = e<sup>T</sup>Re<sub>j</sub>

\*\*\*Su expresión matricial: I + D Proceso<sub>j</sub> = e<sub>j</sub><sup>T</sup>Re<sub>j</sub>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8. Taxonomía difusión/dependencia tecnológica en base a matriz tecnoeconómica Argentina 2011**

	Industria manufacturera	Pavitt (1984)
Sectores de alta difusión tecnológica (F>7.84)	Otros equipos de transporte	Mass production: Scale-intensive
	Farmacéuticas*	Mass production: Science-based
	Productos químicos*	Mass production: Science-based
	Equipo médico e instrumentos ópticos y de precisión	Advanced knowledge providers: Specialized suppliers
	Maquinaria y equipo**	Advanced knowledge providers: Specialized suppliers
Sectores de baja difusión tecnológica (7.84>F>2.29)	Otros minerales no metálicos	Mass production: Scale-intensive
	Otros productos de metal***	Mass production: Scale-intensive
	Maquinarias y aparatos eléctricos	Mass production: Science-based
	Madera	Suppliers dominated
	Papel y Edición***	Suppliers dominated
Sectores de baja dependencia tecnológica (2.29>F>0.69)	Vehículos de motor, remolques y semirremolques**	Mass production: Scale-intensive
	Productos de caucho y plástico***	Mass production: Scale-intensive
	Equipos de oficina (incluye equipo computacional)	Advanced knowledge providers: Specialized suppliers
	Otras industrias manufactureras n.c.p.	Suppliers dominated
	Productos textiles	Suppliers dominated
Sectores de alta dependencia tecnológica (0.69>F)	Radio, televisión y equipos de telecomunicaciones	Mass production: Science-based
	Cuero	Suppliers dominated
	Confecciones	Suppliers dominated
	Alimentos y Bebidas**	Suppliers dominated
	Coque, petróleo refinado y combustible nuclear***	Mass production: Scale-intensive
	Productos de tabaco	Suppliers dominated

\* Gasto en I+D superior a 150 millones de USD<sub>ppp</sub>

\*\* Gasto en I+D superior a 50 millones de USD<sub>ppp</sub> e inferior a 150 millones de USD<sub>ppp</sub>

\*\*\* Gasto en I+D superior a 10 millones de USD<sub>ppp</sub> e inferior a 50 millones de USD<sub>ppp</sub>

Fuente: Elaboración propia

No obstante, también aparecen algunas novedades en comparación a la taxonomía de Pavitt. Por un lado, el sector productor de equipos de computación y telecomunicaciones se esperaría con una mayor proporción de difusión de tecnologías incorporadas-columna (D)-. En ambos casos, este factor parece estar asociado al hecho de que una importante porción de sus ventas se destina a la demanda final, evitando difundir tecnologías hacia otros sectores productivos.<sup>80</sup> A su vez, puede introducirse la hipótesis de que este perfil

<sup>80</sup> A su vez, sugiere una fuerte heterogeneidad del perfil tecnológico de los sectores que conforman los dos dígitos del CIU al que pertenecen. Dentro del sector “Equipos de oficina (incluye equipo computacional)” se incluye la producción de maquinaria de oficina, contabilidad e informática, y dentro de “Radio, televisión y equipos de telecomunicaciones” la producción de tubos, válvulas y otros componentes electrónicos; transmisores de radio y televisión y de aparatos para telefonía y telegrafía con hilos; y

del sector se asocia a la mencionada falta de un centro núcleo difusor de tecnologías como es el de “maquinaria y aparato eléctrico” cuyo peso, medido en valores absolutos, se ha descrito como irrelevante.

Entre los sectores que en Pavitt (1984) se los define como dependientes en términos tecnológicos (“dominados por proveedores”)- las excepciones se dan en el sector de “Madera” y “Papel y Edición”, que aquí forman parte del grupo de difusores de tecnología. Ya había sido señalada la particular importancia de “Papel y Edición” en cuanto a la intensidad y nivel del gasto en I+D (primera columna de la tabla 6 y 7, siendo ahora distinguido por su alta proporción de difusión de gasto en I+D así como su baja proporción de utilización de I+D extramuro.

Hasta aquí una descripción de los resultados descriptivos del STe argentino que permite comparar con los resultados de otras taxonomías, en particular, con aquella de Pavitt (1984). La idea a continuación es complementar las características estructurales con una cualificación del STe a la luz de la comparación de lo que se argumenta es un sistema susceptible de ser comparado como es el caso canadiense. Para ello, primero se presentan los indicadores de redes y algunas consideraciones metodológicas adicionales.

#### **4.4.1. El análisis de redes y la relativización de matrices: indicadores y algunos problemas metodológicos**

El análisis de las matrices tecnoeconómicas encuentran en el análisis de redes una herramienta potente para construir indicadores acerca de sus propiedades estructurales, especialmente, cuando se quiere resaltar diferencias y/o similitudes entre STe de diferentes países en uno o más puntos en el tiempo (Leoncini et al., 1996). Aquí se incluirá la construcción de dos indicadores sistémicos –densidad y centralización-, un indicador sectorial -centralidad- y el grafo que describe gráficamente cada uno de los vínculos que conforman a cada STe.

- Densidad: la densidad de un sistema  $t$  se calcula a partir del ratio entre las cantidades efectivas de vinculaciones existentes ( $d$ ) en un sistema ( $s$ ) de  $n$  sectores y las potenciales existentes:

$$\delta(t) = \frac{\sum_i \sum_{j(i \neq j)} d_{ij}(s)}{n * (n - 1)} \quad \text{con } 0 \leq \delta(t) \leq 1 \quad (1)$$

---

receptores de radio y televisión, aparatos de grabación y reproducción de sonido y video, y productos conexos.

Valores más próximos a uno implican que el sistema tiene una mayor densidad, lo cual se supondrá favorable para la fortaleza de un STe en términos de conectividad (véase sección 1.2). Este indicador permite captar el carácter acumulativo del desarrollo tecnológico, entendiendo que la posibilidad de estimular nuevos encadenamientos tecnológicos es mayor cuando se toma en consideración el “efecto combinado” de cierta cantidad de industrias y no el de cada una de ellas de forma aislada.<sup>81</sup>

- Centralización: Este indicador refleja el ratio de a) la sumatoria de la diferencia entre el sector con mayor grado de centralidad y el resto, y b) la mayor centralidad alcanzable por un sector en tal sistema. Al ser una red direccionada habrá una medida de vinculaciones como difusores ( $h_j^{in}$ ) y otra como proveedores ( $h_j^{out}$ ) para cada sector  $j$ :

$$h^{in} = \frac{\sum_{j \neq j^*} (c_{j^*}^{in}(t) - c_j^{in}(t))}{(n-1)^2} \text{ y } h^{out} = \frac{\sum_{j \neq j^*} (c_{j^*}^{out}(t) - c_j^{out}(t))}{(n-1)^2} \quad (2)$$

Donde  $c_j^{in}$  es el número de vinculaciones efectivas que el sector  $j$  tiene como usuario (es decir,  $\sum_{j(i \neq j)} d_{ij}$ ),  $c_i^{out}$  es el número de vinculaciones efectivas que el sector  $i$  tiene como proveedor (es decir,  $\sum_{i(i \neq j)} d_{ij}$ ),  $c_{j^*}^{in}$  y  $c_{j^*}^{out}$  es el número de vinculaciones del sector más vinculado como usuario y como proveedor, respectivamente. La importancia de este indicador para los ST refiere al nivel de dependencia de la estructura tecnoeconómica en relación al sector que mayores vinculaciones registra dentro un sistema  $t$ . En este caso, se planteó como hipótesis que, por un lado, una red más descentralizada repercute positivamente sobre las capacidades tecnológicas del STe, en tanto, la elevada dependencia de su estructura es más rígida para enfrentar futuras transformaciones de los regímenes tecnológicos que son por naturaleza inciertos. Sin embargo, las economías pequeñas también podrían favorecerse de estructuras más jerárquicas, ya que podría mejorar la coordinación del sistema en su conjunto y, de esta manera, una manera más eficiente en la detección de “cuellos de botella” dentro del sistema. Adicionalmente, dadas las restricciones de recursos de distintas naturalezas que caracterizan a las

---

<sup>81</sup> Esta idea está presente de forma explícita en Hirschman (1958) cuando refiere a los encadenamientos productivos: “The fact that the linkage effects of two industries viewed in combination are larger than the sum of the linkage effects of each industry in isolation helps to account for the cumulative character of development. When industry A is first set up, its satellites will soon follow; but when industry B is subsequently established, this may help to bring into existence not only its own satellites but some firms which neither A nor B in isolation could have called forth” (Hirschman, 1958, p. 104).

economías pequeñas, las diferencias de escala podrían permitir sacar provecho de la especialización para alcanzar ciertos niveles de competitividad (ver sección 1.2).

Para pasar a la comparación del STe de Argentina y Canadá se deben tener dos consideraciones adicionales acerca de esta metodología.

Por un lado, para hacer una comparación estructural más “justa” de cada STe debe tratarse de eliminarse el “efecto escala” existente entre ambos países, es decir, relativizar las respectivas matrices tecnoeconómicas de acuerdo a su escala de producción. Sin embargo, no existe una sola manera de realizar esta relativización y, por ello, se ha optado por presentar para cada indicador dos de sus posibles variantes: “método de reducción unitario” (“*unit*”),  $A_1$  y “método de reducción agregado” (“*basket*”),  $A_2$  (Montresor & Marzetti, 2009):

$$A_1: \mathbf{R}^{unit} = \hat{\mathbf{r}}\hat{\mathbf{q}}^{-1}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{R}\hat{\mathbf{y}}^{-1} \tag{3}$$

$$A_2: \mathbf{R}^{basket} = \frac{\mathbf{1}}{\hat{\mathbf{i}}\hat{\mathbf{f}}}\mathbf{R}$$

En la primera alternativa,  $\mathbf{R}^{unit}$ , se elimina el problema de escala del tamaño de la economía reexpresando todos los valores de I+D difundidos entre dos sectores por cada peso de demanda final del sector usuario, mientras que, en la segunda,  $\mathbf{R}^{basket}$ , se relativiza las difusiones de I+D por la sumatoria de los valores de la demanda final. La diferencia entre ambos indicadores es que en el primer caso se elimina no solo la escala del tamaño de la economía en su conjunto sino, además, el peso relativo de cada sector dentro del país en consideración. En cambio, el segundo relativiza todo por un mismo valor equivalente a la sumatoria de la demanda final del sistema económico. El uso de uno u otro método dependerá del objetivo de cada trabajo en particular, pero aquí se utilizarán ambos métodos con el fin de buscar mayor robustez en los resultados.

Por otro lado, la construcción de los indicadores descritos requiere que previamente se transforme a las matrices tecnoeconómicas en una “red dicotómica”. Esto supone especificar valores de cortes,  $k$ , que funcionan como umbrales artificiales a partir de los cuales se asumirá que existe o no existe una difusión entre dos sectores. Dada la arbitrariedad en la elección de estos valores existe un problema metodológico cuyo tratamiento específico será resuelto a partir de presentar cada indicador para un continuo

de valores de corte. En la medida que la conclusión que surja entre todos los valores de cortes sea la misma el problema de arbitrariedad se elimina, en el caso contrario, no.

A continuación, los resultados comparativos de los STE de Argentina y Canadá.

#### **4.4.2. Comparación de los STE Argentina y Canadá: resultados empíricos**

Para comenzar el análisis lo primero que cabe señalar es las diferencias en el tamaño de ambas economías medido en PBI absoluto, y per cápita, así como el gasto destinado al desarrollo de I+D del sector productivo. Tomando como referencia al año 2011, el PBI y el PBI per cápita canadiense se verifica que es un 85% y un 110%, respectivamente, superior al de Argentina; comparando el gasto en I+D, la diferencia es sensiblemente mayor, siendo el gasto en I+D del sector empresarial cerca de diez veces al argentino.<sup>82</sup>

Dejando estas diferencias de dimensiones, también se pueden encontrar sensibles diferencias en la distribución del gasto en I+D por sector de ejecución (Tabla 9).<sup>83</sup> En primer lugar, se destaca que los cuatro sectores más relevantes en Canadá -Equipo de telecomunicaciones, Otros equipos de transporte, Minas y Canteras, y Maquinaria y aparatos eléctricos - ocupan posiciones marginales en Argentina. A su vez, el mayor gasto en I+D industrial aparece más distribuido en Canadá, donde el mismo porcentaje que absorbe el sector químico más farmacéutico para Argentina (es decir, cerca del 50%) aparece distribuido entre el gasto en sectores intensivos en el uso de tecnologías mecánicas y electrónicas. Por último, la sensible relevancia del sector primario en ambos países es, sin embargo, basada en rubros diferentes que sigue las diferencias en sus dotaciones de recursos naturales. Mientras que en Argentina se destaca la importancia del sector agroganadero y la industria de elaboración de alimentos, en Canadá este papel es asumido por el sector de Minas y Canteras e industrias como celulosa y papel, petroquímica y metales, entre otras.<sup>84</sup>

---

<sup>82</sup> Los datos del PBI y del gasto en I+D fueron extraídos de la base de datos de análisis estructural (STAN por sus siglas en inglés) de la OECD. Para su transformación a “paridad de poder adquisitivo” se emplearon datos de la base de datos del FMI.

<sup>83</sup> Esta tabla deja afuera al sector Resto de Servicios que en Canadá debido a que su alto peso - cerca de 45% - hubiese evitado resaltar la heterogeneidad en la distribución de los gastos en I+D del resto de la economía canadiense. A su vez, afirmar que el peso de este servicio explica, precisamente, la elevada concentración del gasto en Canadá estaría omitiendo el muy elevado de agregación de actividades que están incluidas dentro de “Resto de Servicios”.

<sup>84</sup> De hecho, la disponibilidad de materias primas industriales -tales como el mineral de acero- también permitirían que se generen encadenamientos tempranos en la metalurgia sin generar presiones en la balanza de pago (Armstrong, 1985).

**Tabla 9. Distribución del gasto en I+D expresado de forma nominal (millones de USD en ppp) y en porcentajes: Argentina y Canadá, año 2011**

	Argentina		Canadá	
	USD ppp	(%)	USD ppp	(%)
Radio, televisión y equipos de telecomunicaciones	9.0	1%	1413.4	20%
Otros equipos de transporte	6.1	1%	1212.2	17%
Minas y canteras	7.6	1%	1118.6	16%
Maquinarias y aparatos eléctricos	6.2	1%	630.3	9%
Maquinaria y equipo	58.8	6%	516.2	7%
Farmacéuticas	254.7	26%	417.8	6%
Productos químicos	183.2	19%	258.1	4%
Otros productos de metal	18.9	2%	237.1	3%
Otras industrias manufactureras n.c.p.	11.5	1%	182.3	3%
Metales comunes	17.0	2%	172.6	2%
Papel y Edición	32.2	3%	163.7	2%
Vehículos de motor, remolques y semirremolques	65.7	7%	162.1	2%
Productos de caucho y plástico	27.1	3%	137.9	2%
Alimentos y Bebidas + Productos de tabaco	98.3	10%	136.3	2%
Agricultura, silvicultura y pesca	148.8	15%	116.9	2%
Coque, petróleo refinado y combustible nuclear	3.2	0%	74.2	1%
Madera	3.5	0%	71.0	1%
Otros minerales no metálicos	9.6	1%	65.3	1%
Equipos de oficina (incluye equipo computacional) *	7.8	1%	55.7	1%
Productos textiles	5.6	1%	35.0	0%
Confecciones + Cuero	13.7	1%	32.0	0%
	988.3	100%	7208.6	100%

Fuente: Elaboración propia

De forma equivalente a la Tabla 7 7, se ha construido la Tabla 10 a partir de la matriz tecnoeconómica de Canadá.

En la primera columna también se destacan sectores que en Pavitt se clasifican como difusores (Telecomunicaciones, Maquinaria y aparatos eléctricos, Maquinaria y Equipo) y, adicionalmente, un sector escala-intensiva como equipos de transportes (aquí tiene particular peso la industria aeronáutica y aeroespacial). A diferencia de Argentina, el sector de Farmacéuticos y Químicos, aparece en un segundo escalafón de los sectores, mientras que el sector minero (y no el de agricultura) se destaca entre los sectores con mayor ejecución de gasto en I+D.

Pasando desde la columna (A) hacia la (B), los sectores con mayores niveles de gasto en I+D), exceptuando construcción, coinciden en su mayoría con los usuarios más

importantes. A pesar de esto, todos estos sectores utilizan menos I+D incorporado del que ejecutan. Entre el reducido grupo que ve aumentado su utilización frente a su inversión, se destaca Resto de Servicios y Construcción, fortaleciendo la hipótesis de que el sector manufacturero es el principal proveedor de nuevas tecnologías; y dentro de un segundo grupo en importancia aparece “Vehículos Automotores”, “Alimentos y Bebidas”, “Metales Comunes” y “Refinerías de Gas y Petróleo”

Adicionalmente, en la misma tabla se construyeron los mismos indicadores que se habían hecho para la Tabla 7 7.

Para empezar, se puede ver en la Tabla 11 que la taxonomía sectorial tiene algunos puntos en común con la taxonomía de Argentina, pero también algunas diferencias importantes. En particular, se observa una semejanza al ubicar dos sectores “basados en ciencia” entre el grupo de sectores de “alta difusión”, pero en el caso canadiense esto se centra en el sector de tecnologías electrónicas –“Maquinaria y Equipo eléctrico” y “Equipo de Telecomunicaciones”-. En cuanto a “proveedores especializados”, el sector de “Maquinaria y equipo” también tiene un rol importante en la difusión de tecnologías incorporadas en ambos países, aunque en Argentina ocupa una posición relativa más importante como difusor neto.

Desde el punto de vista de los sectores con mayor “dependencia tecnológica” se destacan “Vehículos Automotores”, “Alimentos y Bebidas”, “Metales Comunes” y “Refinerías de Gas y Petróleo” teniendo en cuenta que absorben más de 100 millones de USD de I+D extramuro -diferencia entre columna (B) y (C)-.<sup>85</sup> Además, estos son cuatro de los seis sectores manufactureros con mayor diferencia entre incorporación de I+D e inversión en I+D -diferencia entre columna (A) y (B)- Estos sectores en Argentina también pertenecen a los grupos de “dependencia tecnológica” aunque con diferencias en su orden interno, especialmente, en Vehículos automotores. La diferencia aún más notoria es cuando se observa que en Argentina el rubro Alimentos y Bebidas es sensiblemente más importante como usuario en términos absolutos -columna (B) de Tabla 7 7- que los otros sectores mencionados.

---

<sup>85</sup> Esta magnitud de absorción también aparece en los sectores primarios, en resto de servicios y, especialmente, en Construcción.

**Tabla 10. Origen I+D, innovación en proceso y producto a nivel industrial, y otros indicadores (millones de USD en ppp): Canadá, año 2011**

	<b>Origen I+D</b>	<b>I+D incorporado</b>	<b>I+D proceso</b>	<b>(A-C)/(A)</b>	<b>(B-C)/(B)</b>	<b>(A-C)/(B-C)</b>
	<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>	<b>(D)</b>	<b>(E)</b>	<b>(F)</b>
Agricultura, silvicultura y pesca	116.9	118.8	49.5	0.58	0.58	0.99
Minas y canteras	1118.6	876.4	699.0	0.38	0.20	1.85
Alimentos y Bebidas + Productos de tabaco	136.3	313.1	107.2	0.21	0.66	0.32
Productos textiles	35.0	25.7	21.5	0.39	0.16	2.36
Confecciones + Cuero	32.0	39.1	29.1	0.09	0.26	0.35
Madera	71.0	112.1	41.0	0.42	0.63	0.67
Papel y Edición	163.7	68.3	53.0	0.68	0.22	3.02
Coque, petróleo refinado y combustible nuclear	74.2	175.4	36.5	0.51	0.79	0.64
Productos químicos	258.1	213.2	159.5	0.38	0.25	1.52
Farmacéuticas	417.8	299.5	285.4	0.32	0.05	6.73
Productos de caucho y plástico	137.9	88.3	63.7	0.54	0.28	1.93
Otros minerales no metálicos	65.3	14.5	9.0	0.86	0.37	2.30
Metales comunes	172.6	264.2	125.8	0.27	0.52	0.52
Otros productos de metal	237.1	96.7	66.7	0.72	0.31	2.32
Maquinaria y equipo	516.2	314.4	262.2	0.49	0.17	2.96
Equipos de oficina (incluye equipo computacional) <sup>(A)</sup>	55.7	53.1	43.4	0.22	0.18	1.21
Maquinarias y aparatos eléctricos	630.3	367.8	344.6	0.45	0.06	7.17
Radio, televisión y equipos de telecomunicaciones	1413.4	1062.5	1031.9	0.27	0.03	9.40
Vehículos de motor, remolques y semirremolques	162.1	381.1	144.3	0.11	0.62	0.18
Otros equipos de transporte	1212.2	920.7	886.0	0.27	0.04	7.15
Otras industrias manufactureras n.c.p.	182.3	178.0	128.5	0.29	0.28	1.06
Suministro de agua, electricidad y gas	160.5	96.9	69.0	0.57	0.29	1.98
Construcción	127.4	1114.5	112.0	0.12	0.90	0.13
Resto de servicios	6128.7	6431.1	5423.4	0.12	0.16	0.73

<sup>(A)</sup> Incluye Equipo médico e instrumentos ópticos y de precisión

\* Su expresión matricial: Origen I + D<sub>i</sub> = e<sub>i</sub><sup>T</sup>Re

\*\* Su expresión matricial: I + D Incorporado<sub>j</sub> = e<sup>T</sup>Re<sub>j</sub>

\*\*\*Su expresión matricial: I + D Proceso<sub>j</sub> = e<sub>j</sub><sup>T</sup>Re<sub>j</sub>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11. Taxonomía difusión/dependencia tecnológica en base a matriz tecnoeconómica Argentina y Canadá, 2011**

	<b>Argentina</b>	<b>Canadá</b>
Sectores de alta difusión tecnológica (F>2.94)	Farmacéuticas <sup>(A)</sup>	Radio, televisión y equipos de telecomunicaciones <sup>(C)</sup>
	Otros equipos de transporte	Maquinarias y aparatos eléctricos <sup>(D)</sup>
	Productos químicos <sup>(A)</sup>	Otros minerales no metálicos
	Maquinaria y equipo <sup>(B)</sup>	Otros equipos de transporte <sup>(C)</sup>
Sectores de baja difusión tecnológica (2.94>F>1.58)	Equipos de oficina (incluye equipo computacional)	Farmacéuticas <sup>(D)</sup>
	Otros productos de metal	Papel y Edición
	Otros minerales no metálicos	Otros productos de metal
	Papel y Edición	Maquinaria y equipo <sup>(D)</sup>
Sectores de baja dependencia tecnológica (1.58>F>0.67)	Maquinarias y aparatos eléctricos	Productos textiles
	Vehículos de motor, remolques y semirremolques	Productos de caucho y plástico
	Metales comunes	Productos químicos
	Madera	Equipos de oficina (incluye equipo computacional)
Sectores de alta dependencia tecnológica (0.67>F)	Productos de caucho y plástico	Otras industrias manufactureras n.c.p.
	Otras industrias manufactureras n.c.p.	Madera
	Productos textiles	Metales comunes
	Radio, televisión y equipos de telecomunicaciones	Confecciones + Cuero
Sectores de alta dependencia tecnológica (0.67>F)	Confecciones + Cuero	Coque, petróleo refinado y combustible nuclear
	Coque, petróleo refinado y combustible nuclear	Alimentos y Bebidas + Productos de tabaco
	Alimentos y Bebidas + Productos de tabaco <sup>(B)</sup>	Vehículos de motor, remolques y semirremolques

(A) Gasto en I+D superior a 150 millones de USD<sub>ppp</sub>

(B) Gasto en I+D superior a 50 millones de USD<sub>ppp</sub> e inferior a 150 millones de USD<sub>ppp</sub>

(C) Gasto en I+D superior a mil millones de USD<sub>ppp</sub>

(D) Gasto en I+D superior a 400 millones de USD<sub>ppp</sub> e inferior a 1.000 millones de USD<sub>ppp</sub>

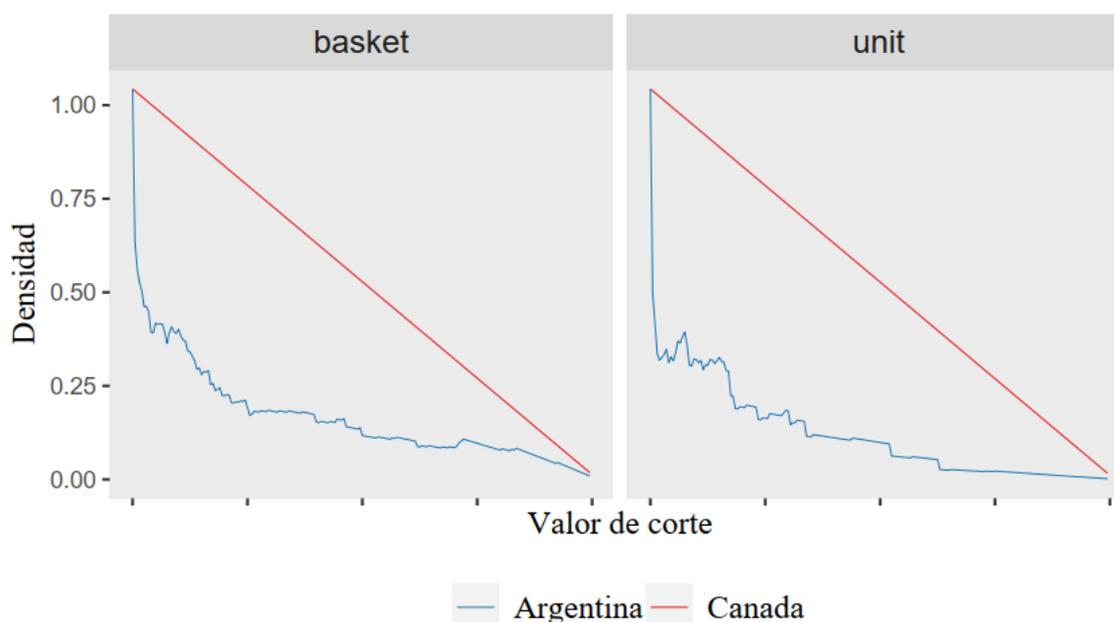
Fuente: Elaboración propia

Hasta aquí se han evidenciado diferencias estructurales de ambos STe relacionadas a la magnitud del gasto en I+D y su distribución intersectorial. Otras características de los STe se pueden ilustrar mediante la comparación de los indicadores sistémicos de densidad y jerarquía de cada uno de ellos (véase sección 4.4.1).

Los resultados de la densidad de ambos sistemas dan un mayor respaldo empírico a la hipótesis de que el STe canadiense esta sensiblemente más articulado que el STe argentino (Gráfico 1 2). La idea con medir la densidad de la matriz tecnoeconómica ha sido tener una medida cuantitativa que capte el carácter interdependiente del proceso innovador relativizando la importancia de la masa crítica de actividades orientadas a tales fines (aquí aproximado por inversión en I+D), pero que sí resalte el grado de imbricación entre los actores del STe. Para superar el problema de la arbitrariedad en el valor de corte,

la densidad fue a) testeada para un intervalo continuo de valores de cortes y b) bajo los dos métodos de relativización distintos presentados más arriba.

**Gráfico 2. Distribución de densidad del STe de Argentina y Canadá<sup>86</sup>**



Fuente: Elaboración propia

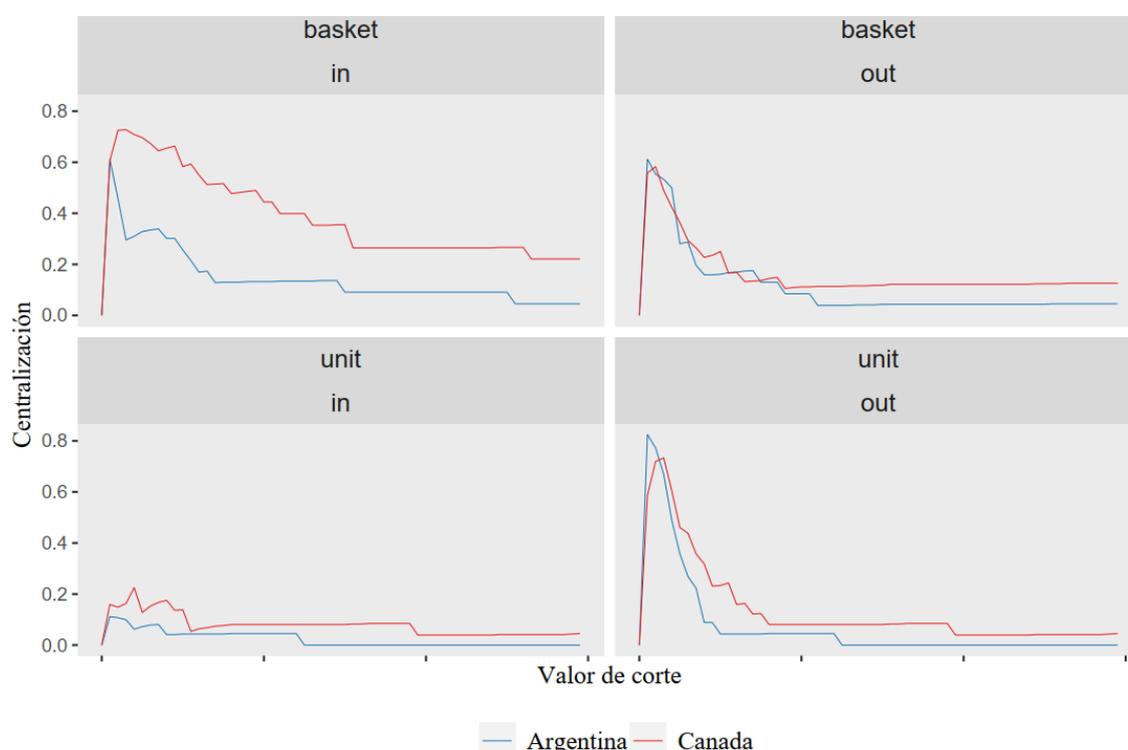
Si miramos el gráfico 3, el grado de centralización del STe canadiense es, para un mayor número de valores de corte, superior al de Argentina. Esto ocurre en su interpretación tanto desde el lado del difusor (“*out*”), como en cuanto a los receptores (“*in*”) de las tecnologías incorporadas. Por inducción, los resultados podrían interpretarse como que predominan los efectos positivos de las estructuras piramidales sobre el grado de desarrollo de los STe frente a los efectos adversos (y con esto se rechazaría la hipótesis 2).

Sin embargo, es necesario tener en cuenta dos consideraciones adicionales. Primero, en ninguno de los cuatro cuadrantes los indicadores de ambos países alcanzan un máximo para el mismo valor de corte (es decir, la distribución de ambos países no está “centradas” para los mismos valores de corte). En segundo lugar, si miramos los dos cuadrantes donde se considera la centralización “*out*”, en ambos el máximo local más alto lo alcanza el STe de Argentina. Esto significa que las comparaciones cruzadas de STe en términos de centralización son muy sensibles al límite que se elige realmente.

<sup>86</sup> El indicador de Canadá se linealiza a los fines de servir como punto de referencia del grado de densidad del STe argentino; el de Argentina se expresó multiplicando este nuevo valor asignado a Canadá por el ratio de densidad de Argentina sobre el de Canadá previo a la transformación mencionada.

Según Montresor y Marzetti (2009), estos elementos sugieren que en lugar de comparar la centralización STe en el mismo punto de corte (como hicimos para el análisis de densidad), una opción más acertada sería comparar los máximos locales del indicador para los diferentes STe. Esto significa que la estructura tecnoeconómica de Canadá es más jerárquica cuando se refiere al comportamiento de los usuarios; pero, en cambio, es menos jerárquica cuando se refiere a la estructura del difusor. Esto último estaría asociado a la dependencia argentina de la introducción y difusión de innovaciones por parte del sector químico y farmacéutico, dando soporte a nuestra segunda hipótesis.

**Gráfico 3. Distribución de centralización del STe de Argentina y de Canadá**



Fuente: Elaboración propia

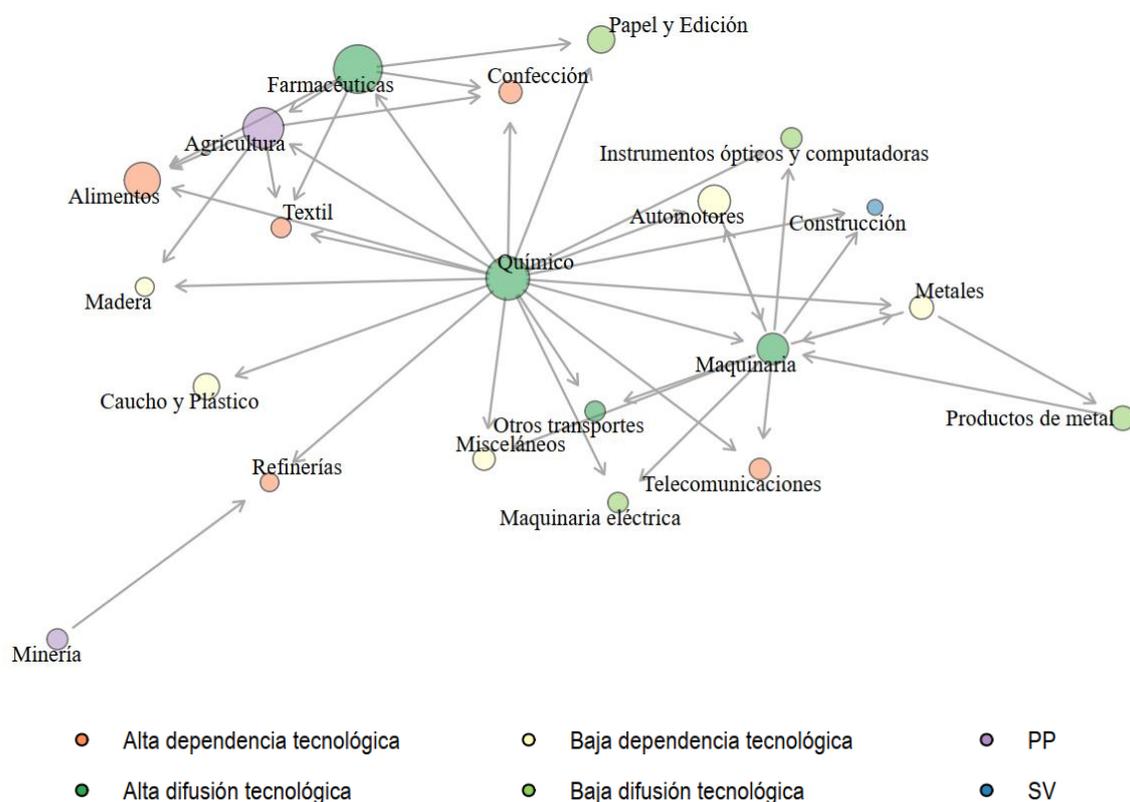
En la figura 6 y 7 **Figura 7** se presentan los grafos del ST argentino y canadiense, respectivamente. Para ello se utilizó la matriz dicotómica bajo el método de reducción “basket” que no descarta el efecto diferencial del peso de los sectores en cada país. Además, se optó por emplear como valor de corte crítico aquel valor mínimo que permitía que cada nodo (sector) de cada STe tenga al menos una vinculación (difusión y/o usuario) dentro de sus respectivos STe. Como era de esperarse, este valor crítico fue menor en el caso argentino por la debilidad relativa de sus “encadenamientos” tecnológicos, tal como ha descrito el gráfico 2.

Por último, cabe señalar que el tamaño de cada nodo está ponderado por la inversión en I+D de cada respectivo sector. Este aspecto sirve como proxy de utilizar la metodología para “mapear” aquellas relaciones verticales más próximas a la relación “usuario-

proveedor”, ya que no solo se tiene la dimensión del gasto en I+D desde la mirada del sector difusor tecnológico sino, además, desde el receptor. En este sentido, y siguiendo el trabajo de Cohen y Levinthal (1989), la inversión en I+D debería interpretarse no solo como insumo para generar capacidades innovadoras sino, también, para generar capacidades de absorción de nuevas tecnologías.

En Argentina, los productores de químicos, productos farmacéuticos y, un escalón por debajo, Maquinaria y equipo son los centros difusores de conocimientos incorporados de mayor relevancia. El primero de ellos parece alcanzar el mayor grado de transversalidad de los tres sectores, mientras que maquinaria parece estar más próximo a construir un clúster con sectores de la metalmecánica (donde aparecen la mayor cantidad de sectores escala-intensiva); por último, el sector farmacéutico difunde al sector primario agrícola y aquellas industrias cuyo insumo esencial está vinculado al reino animal y vegetal. Por último, se pueden identificar aquellas relaciones verticales más relevantes y simétricas en término de la inversión en I+D (y, por ende, como potenciales canales usuario-proveedor innovadores) se destaca las relaciones establecidas entre químico y farmacéutico con el sector agrícola y productor de alimentos; y, en menor escala, el vínculo establecido entre el sector maquinaria con el sector automotriz.

**Figura 6. Grafo del STe de Argentina**

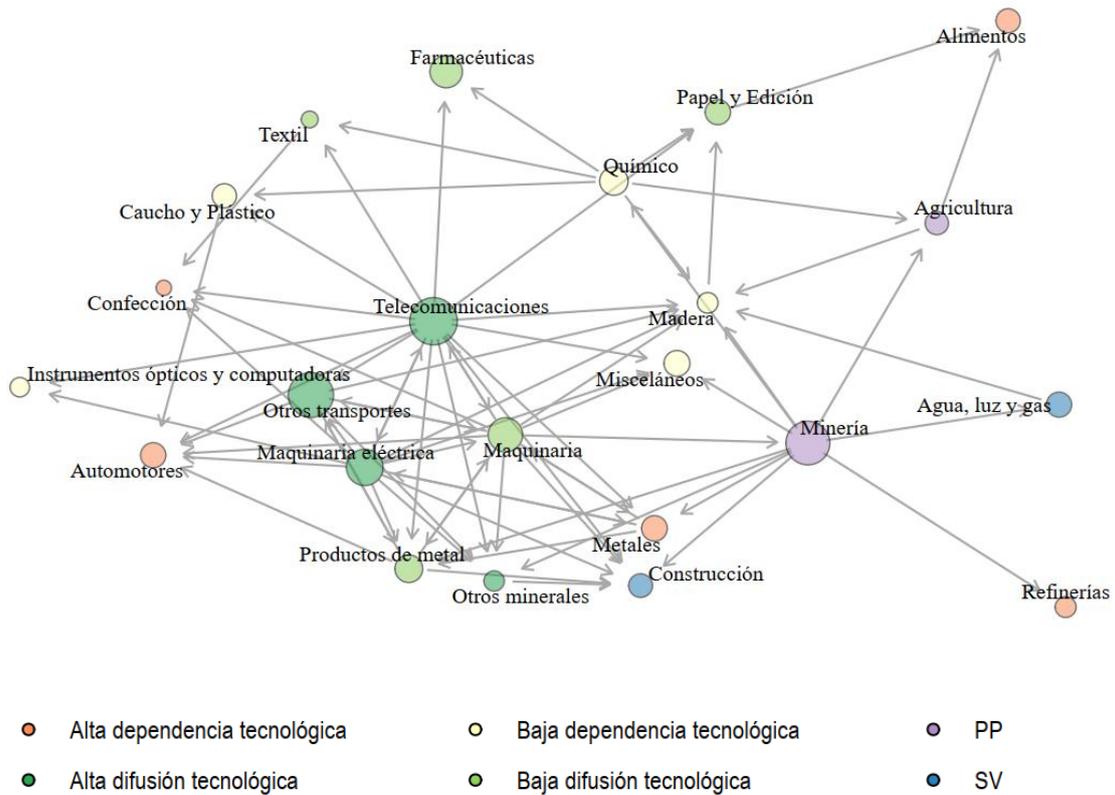


Fuente: Elaboración propia

En Canadá la difusión de tecnologías más importante se distribuye entre Equipo de telecomunicaciones, Maquinaria y Equipo, Otros equipos de transporte y, en menor escala, Minería. A su vez, Químico también aparece entre los sectores difusores más relevantes, aunque su tamaño es sensiblemente menor frente a los primeros, mientras que el farmacéutico -con un gasto en I+D equivalente al de maquinaria no eléctrica- adquiere una función totalmente periférica dentro del STe. A pesar de que el sector de telecomunicaciones adquiere la mayor jerarquía y transversalidad en la introducción y difusión de nuevas tecnologías incorporadas, otros equipos de transporte, maquinaria eléctrica y no eléctrica, conforman un núcleo duro de flujos tecnológicos internos. En este sentido, este grupo de industrias parece ser un probable foco de existencia de múltiples relaciones usuario-proveedor virtuosas

A su vez, maquinaria y equipos (no eléctrica) se convierte en el único sector que opera como nexo entre estos sectores y el sector de minería que, por su parte, se constituye en un centro difusor entre sectores marginales al uso de las tecnologías incorporadas del núcleo del STe.

**Figura 7. Grafo del STe de Canadá**



Fuente: Elaboración propia

Una diferencia significativa con Argentina es el rol central de Maquinaria eléctrica junto a maquinaria y equipo como centro difusor transversal del STe, mientras que en el primero solo maquinaria y equipo no eléctrico tiene un papel destacado y, además, encapsulado en difundir progreso técnico a un subconjunto de sectores del “clúster metalmeccánico”. Esta diferencia puede estar relacionada al proceso de industrialización “trunco” de Argentina que, durante el periodo de mayor maduración de sustitución de importaciones, había alcanzado un mayor dominio en el régimen tecnológico de la metalmeccánica, al tiempo que a nivel mundial empezaba a sustituirse por la rápida difusión de los microprocesadores y la microelectrónica (Jorge Katz & Bercovich, 1993, pp. 457-458). Canadá, en cambio, adopta tempranamente una adaptación al nuevo paradigma tecnológico explicado, en parte, por su participación activa durante la Segunda Guerra

Mundial en investigaciones en radares, aviación, caucho sintético y electrónica en conjunto con Estados Unidos e Inglaterra (Chudnovsky et al., 2000).<sup>87</sup>

Como comentario de cierre se puede destacar, entonces, una aparente correlación entre la mayor densidad del entramado tecnoeconómico canadiense y el perfil de sectores difusores de tecnología menos centralizados en los sectores químicos y farmacéuticos, y más centrados en proveedores especializados que, como se repasó en la sección 2.4.3, suelen basarse en una dinámica menos interdependiente con su entorno industrial que el sector de bienes de capital. Además, los clústers en el caso del STe de Canadá están menos definidos por la mayor transversalidad de varios de los sectores de bienes de capital que, en principio, podría asociarse a una estructura con mayor difusión de las tecnologías del paradigma tecnoeconómico actual.

#### **4.5. Resumen y conclusiones**

El análisis empírico sirvió para evidenciar parcialmente que las estructuras tecnoeconómicas pueden dar cuenta de diferencias cualitativas y cuantitativas acerca de los sistemas tecnológicos de los países, y de sus grados de desarrollo relativo (sección 4.4). Específicamente, esta conclusión se alcanzó luego de testear las tres hipótesis de trabajo (formuladas en la sección 1.2) acerca del desarrollo de los STe y las estructuras tecnoeconómicas. Por un lado, desde los atributos cuantitativos se corroboró la hipótesis de que el grado de densidad de la matriz tecnoeconómica se asocia positivamente con el grado de desarrollo tecnológico de los países. En cuanto a la hipótesis sobre la relación entre jerarquía de las relaciones tecnoeconómicas y desarrollo tecnológico, los resultados han sido más ambiguos. El efecto positivo de organizar los STe con estructuras jerarquizadas en economías pequeñas pareció dominar al efecto positivo de relaciones más equitativamente distribuidas, pero esto no fue cierto para todos los valores de corte. Finalmente, el análisis comparado de Argentina y Canadá refuerza la idea de que existen patrones sectoriales de innovación, pero que las mismas están atravesadas por diferentes trayectorias nacionales de industrialización (y desindustrialización). La mayor presencia entre los sectores difusores de “conocimientos incorporados” del grupo de “proveedores especializados” en Canadá frente al caso argentino, contribuye positivamente a la última hipótesis de la tesis. El perfil de los sectores que, en última instancia, producen los nuevos

---

<sup>87</sup> De hecho, entre 1955 y 1970 el número de firmas que hacía I+D creció cerca de tres veces – pasando de 377 a más de 1.000- donde los cuatro sectores más importantes en esta actividad eran equipamiento electrónico y computadoras, aviación, metales y productos químicos (Chudnovsky et al., 2000, p. 230).

y/o mejorados productos (innovaciones de producto) parece incidir sobre el potencial grado de desarrollo tecnológico de los sistemas económicos.

# Reflexiones finales y pasos a seguir |

La noción de la innovación como proceso complejo ha sido el resultado en común de esfuerzos acumulados de autores provenientes de diversas corrientes (Robert & Yogel, 2013). Dicha complejidad representa un proceso dialéctico entre novedad y orden donde se sostiene que, pese a la incertidumbre inherente y, en consecuencia, al carácter aleatorio detrás de la evolución del sistema económico, la misma parece reproducir ciertos patrones definidos en el tiempo. Uno de los ejemplos más claro aparece desde el desarrollo económico de las naciones, ¿por qué hay una tendencia creciente al distanciamiento entre el crecimiento de las naciones más ricas y aquellas más pobres, si la evolución de los sistemas económicos sigue patrones inciertos?, ¿cuáles son los fenómenos que sostienen este orden?

La presente tesis se ha motivado por dicho interrogante, y ha orientado estratégicamente contribuir a su respuesta mediante la exploración de la incidencia que las estructuras económicas, y sus respectivas interdependencias, tienen sobre el “orden” que sigue la evolución del sistema tecnológico de las naciones.

En la práctica, rara vez el mercado es un espacio homogéneo e impersonal de flujos de bienes y servicios (es decir, “mercados puros”), y no existen los agentes racionales y homogéneos; por el contrario, los mercados son construcciones históricas que ponen en interacción a actores de diferentes características y naturaleza (Lundvall, 1992). Además de diferir en los bienes y servicios que se ponen en circulación, dichas interacciones son conformadas por actores heterogéneos, en entornos institucionales y macroeconómicos también diferentes. Abstraerse de esto implica dejar de lado que en las relaciones mercantiles establecidas no solo se define el intercambio de bienes y servicios estandarizados, sino también son la plataforma donde a partir de las cuales se pone en circulación los nuevos y/o mejorados productos (*embodied knowledge*) y, también, información relevante para el proceso innovador (relaciones usuario-proveedor). Esta reinterpretación de los mercados señala, entonces, que a) las relaciones interempresariales

e intersectoriales mercantiles representan estructuras de relaciones sociales que presuponen para su funcionamiento la construcción de una “heurística interdependiente” , haciéndolas relativamente estables en el tiempo (DeBresson, 1996b), y b) que dichas estructuras son enclaves relevantes en la producción y difusión de nuevos conocimientos y, en particular, de nuevas tecnologías (Andersen, 1992).

De forma concreta, la tesis ha abordado las observaciones anteriores empleando como eje central el análisis de las características y limitaciones del análisis insumo-producto para comprender el sistema tecnológico de las naciones. El debate introductorio sobre el uso mecanicista de las MIP para operativizar el concepto de PC (sección 1.1) ha servido como disparador de esta temática, dividida en tres capítulos de desarrollo de acuerdo a la naturaleza del análisis: a) de tipo teórico-conceptuales (capítulo 2), b) de tipo metodológicos (capítulo 3) y c) de tipo empíricos (capítulo 4).

Como líneas finales se quiere dejar en claro la intencionalidad que hay detrás del desarrollo de la presente tesis. Por un lado, la intención ha sido discutir responsablemente la utilidad potencial del análisis insumo-producto en la comprensión de un fenómeno que ha despertado creciente interés entre los académicos y hacedores de política, esto es, la innovación como fuente de competencia de las naciones.

Por otro lado, como proyecto de investigación la tesis se piensa solamente como un primer paso, aunque importante, cuyo objetivo fue generar un criterio endógeno para definir qué puntos del espacio tecnoeconómico son potenciales focos en la introducción y difusión del cambio tecnológico en Argentina. De lo concluido más arriba, el eje será entonces explorar las tramas del complejo químico-farmacéutico y de los bienes de capital<sup>88</sup>, enfatizando el análisis de su dinámica innovadora y sus conexiones sobre el resto del sistema. Para ello la propuesta será avanzar desde un enfoque macro hacia un enfoque micro, empleando metodologías más directas sobre los objetos de estudio que se espera generen importantes retroalimentaciones a las hipótesis aquí discutidas.

---

<sup>88</sup> Cabe mencionarse que también se deja una “puerta abierta” a la posibilidad de actualizar la matriz tecnoeconómica Argentina, incluyendo un mayor detalle sobre el rubro de los servicios. Como resultado, esto podría llevar a la incorporación del análisis de algún sector adicional (como software) en calidad de su relevancia como generador y difusor de nuevas tecnologías.

- Andersen, E. S. (1992). Approaching national systems of innovation from the production and linkage structure. En B.-Å. Lundvall (Ed.), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Anthem Press.
- Andersen, E. S. (1996). From Static Structures to Dynamics: Specialisation and Innovative Linkages. En C. DeBresson (Ed.), *Economic Interdependence and Innovative Activity : an Input-output Analysis*. Edward Elgar Publishing.
- Antonelli, C. (1997). Percolation Processes, Technological Externalities and the Evolution of Technological Clubs. *Empirica*, 24(1-2), 137-156. <https://doi.org/10.1023/a:1006822800473>
- Archibugi, D. (1988). In search of a useful measure of technological innovation (to make economists happy without) discontenting technologists. *Technological Forecasting and Social Change*, 34(3), 253-277.
- Armstrong, W. (1985). The Social Origins of Industrial Growth: Canada, Argentina and Australia, 1870–1930. En *Argentina, Australia and Canada* (pp. 76-94). Springer.
- Arocena, R., & Sutz, J. (2002). Innovation systems and developing countries. *DRUID (Danish Research Unit for Industrial Dynamics) Working Paper*, 2(05).
- Arrow, K. J. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. En C. on E. G. of the S. S. R. C. Universities-National Bureau Committee for Economic Research (Ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors* (pp. 609-626). Princeton University Press.
- Arrow, K. J. (1969). Classificatory notes on the production and transmission of technological knowledge. *The American Economic Review*, 59(2), 29-35.
- Boldrin, M., & Levine, D. K. (2008). Against intellectual monopoly. In *Against Intellectual Monopoly*. Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511510854>

- Boyer, R., & Drache, D. (1996). *States against markets: the limits of globalization*. Psychology Press.
- Brookfield, H. (2012). *Interdependent development*. Routledge.
- Brown, M., & Conrad, A. H. (1967). The influence of research and education on CES production relations. En *The theory and empirical analysis of production* (pp. 341-394). NBER.
- Callon, M. (1990). Techno-economic Networks and Irreversibility. *The Sociological Review*, 38(1\_suppl), 132-161. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954x.1990.tb03351.x>
- Carlsson, Benny, & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of evolutionary economics*, 1(2), 93-118.
- Carlsson, Bo. (2006). Internationalization of innovation systems: A survey of the literature. *Research policy*, 35(1), 56-67.
- Carter, A. P. (1970). *Structural change in the American Economy*. Harvard University Press.
- Carter, A. P. (1994). Production workers, metainvestment and the pace of change. *International JA Schumpeter Society, Munster*.
- Cassini, L., & Robert, V. (2020). Services as drivers of economic growth. Is there an opportunity for Latin America countries? *Economics of Innovation and New Technology*, 1-22.
- Cassiolato, J. E., Pessoa de Matos, M. G., & M Lastres, H. M. (2014). Innovation Systems and Development. *International Development*, 566-581. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199671656.003.0034>
- Castellacci, F. (2008). Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. *Research Policy*, 37(6-7), 978-994.
- CEPAL. (2016). *La matriz de insumo-producto de América del Sur: principales supuestos y consideraciones metodológicas*.
- Cesaratto, S. (1996). Alternative perspectives on division of labour, structural change and

economic growth. *Economic interdependence and innovative activity: an input-output analysis*.

Chang, P. L., & Shih, H. Y. (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)

Chesnais, F. (1992). National systems of innovation, foreign direct investment and the operations of multinational enterprises. En B.-Å. Lundvall (Ed.), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. (pp. 265-295).

Chesnais, F. (1994). *La mondialisation du capital*. FeniXX.

Chesnais, F. (1996). La mondialisation financière. *Alternatives économiques, Paris*.

Chudnovsky, D., Niosi, J., & Néstor, B. (2000). Sistemas nacionales de innovación , procesos de aprendizaje y política tecnológica : una comparación de Canadá y la Argentina. *Desarrollo Económico*, 40(158), 213-252.

Cimoli, M., & Correa, N. (2003). Nuevas tecnologías y viejos problemas.¿ Pueden las TICs reducir la brecha tecnológica y la heterogeneidad estructural. F. Boscherini, M. Novick y G. Yoguel (comps.), *Nuevas tecnologías de información y comunicación. Los límites de la economía del conocimiento, Buenos Aires, Editorial Miño y Dávila/Universidad Nacional de General Sarmiento*.

Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The economic journal*, 99(397), 569-596.

Cooke, P. (2004). Regional innovation systems: an evolutionary approach. *Regional innovation systems: the role of governance in a globalized world*, 1-20.

Dahlman, C. J. (1993). National Systems Supporting Technical Advance in Industry: The Brazilian. En R. R. Nelson (Ed.), *National innovation systems: A comparative analysis* (p. 414). Oxford University Press on Demand.

Dahmén, E. (1970). *Entrepreneurial activity and the development of Swedish industry, 1919-1939*. Homewood, Ill.: Published for the American Economic Association by RD Irwin.

- Dahmén, E. (1988). 'Development blocks' in industrial economics. *Scandinavian Economic History Review*, 36(1), 3-14.
- Dasgupta, S., & Singh, A. (2007). Manufacturing, services and premature deindustrialization in developing countries: A Kaldorian analysis. En *Advancing Development* (pp. 435-454). Springer.
- David, P. A. (1985). Clio and the Economics of QWERTY. *The American economic review*, 75(2), 332-337.
- De Bandt, J. (1991). La filière comme méso-système. En P.-M. Arena, Richard; Benzoni, Laurent; Romani (Ed.), *Traité d'Economie Industrielle* (Vol. 2, pp. 232-238).
- De Liso, N., & Metcalfe, S. (1996). On technological systems and technological paradigms: some recent developments in the understanding of technological change. *Behavioral norms, technological progress, and economic dynamics: Studies in Schumpeterian economics*, 71-95.
- DeBresson, C. (1989). Les pôles technologiques du développement : vers un concept opérationnel. *Tiers-Monde*, 30(118), 245-270. <https://doi.org/10.3406/tiers.1989.3835>
- DeBresson, C. (1996a). *Economic Interdependence and Innovative Activity*. Edward Elgar Publishing. <https://ideas.repec.org/b/elg/eebook/870.html>
- DeBresson, C. (1996b). The inter-industrial analysis of innovative activities. En *Economic Interdependence and Innovative Activity. An Input-Output Analysis* (Cheltenham: Edward Elgar) (pp. 66-78). Edward Elgar Publishing.
- DeBresson, C. (1996c). Why innovative activities cluster. En C. DeBresson (Ed.), *Economic Interdependence and Innovative Activity : an Input-output Analysis*. Edward Elgar Publishing.
- DeBresson, C., Sirilli, G., Hu, X., & Luk, F. K. (1994). Structure and Location of Innovative Activity in the Italian Economy, 1981–85. *Economic Systems Research*, 6(2), 135-158. <https://doi.org/10.1080/09535319400000013>
- Dietzenbacher, E., & Los, B. (2002). Externalities of R&D expenditures. *Economic Systems Research*, 14(4), 407-425.

- Dosi, G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy*, 11, 147-162. [https://doi.org/10.1057/978-1-349-94848-2\\_733-1](https://doi.org/10.1057/978-1-349-94848-2_733-1)
- Drejer, I. (1999). *Technological Change and Interindustrial Linkages: Introducing Knowledge Flows in Input-Output Studies*. Aalborg University.
- 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.
- Ernst, D. (2002). Global production networks and the changing geography of innovation systems. implications for developing countries. *International Journal of Phytoremediation*, 21(1), 497-523. <https://doi.org/10.1080/10438590214341>
- Freeman, C. (1987). *Technology, policy, and economic performance: lessons from Japan*. Pinter Pub Ltd.
- Gille, B. (1977). Histoire des techniques. *Annales de l'École pratique des hautes études*, 109(1), 723-786.
- Gille, B. (1979). La notion de "système technique" (essai d'épistémologie technique). *Technique et culture*, 8-18.
- Gonçalves, E., & Neto, A. B. F. (2016). Intersectoral flows of technological knowledge in emerging countries: an input-output analysis. *Cepal Review*.
- González, G., & Viego, V. (2009). Argentina-Canada from 1870: Explaining the dynamics of divergence. *MPRA Paper*, 2116, 0-33. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000349921.14519.2A>
- Goodwin, R. M., & Punzo, L. F. (1987). The dynamics of a capitalist society. *Polity*, Basil Blackwell, Cambridge.
- Goto, A., & Suzuki, K. (1989). R & D capital, rate of return on R & D investment and spillover of R & D in Japanese manufacturing industries. *The Review of Economics and Statistics*, 555-564.
- Griliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *The Bell Journal of Economics*, 10(1), 92. <https://doi.org/10.2307/3003321>

- Guan, J., & Chen, Z. (2009). The technological system of Chinese manufacturing industry: A sectorial approach. *China Economic Review*, 20(4), 767-776. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2009.05.001>
- Hanel, P. (1994). Interindustry flows of technology: an analysis of the Canadian patent matrix and input-output matrix for 1978-1989. *Technovation*, 14(8), 529-548. [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(94\)90152-X](https://doi.org/10.1016/0166-4972(94)90152-X)
- Hatzichronoglou, T. (1997). Revision of the high-technology sector and product classification. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*.
- Hauknes, J., & Knell, M. (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.
- Higgins, B. (1983). From growth poles to systems of interactions in space. *Growth and Change*, 14(4), 3-13.
- Higgins, B., & Savoie, D. J. (2017). Progress in regional development programming and regional theory development. En B. Higgins & D. J. Savoie (Eds.), *Regional economic development: essays in honour of François Perroux* (pp. 1-27). Routledge.
- Hirsch, J. (1992). Fordismo y Posfordismo. La crisis actual y sus consecuencias. *Los Estudios sobre el Estado y la Reestructuración Capitalista, Fichas Temáticas de Cuadernos del Sur, Buenos Aires*.
- Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development*. Yale University Press. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6435.1959.tb01824.x>
- Hirschman, A. O. (2013). A generalized linkage approach to development, with special reference to staples. En *The Essential Hirschman* (pp. 155-194). Princeton University Press.
- Jaffe, A. B. (1986). Technological Opportunity and Spillovers of R & D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value. *The American Economic Review*, 76, 984-1001. <https://doi.org/10.2307/1816464>
- Johnson, B. H. (1992). Institutional Learning. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, 23-44.

- Johnson, D., & Evenson, R. E. (1997). Innovation and invention in Canada. *Economic Systems Research*, 9(2), 177-192.
- Kaldor, N. (1967). *Strategic factors in economic development*. Cornell University Press.
- Katz, J, Iizuka, M., & Samuel, M. (2010). Impacto de la crisis sanitaria del salmón y recomendaciones para la re-estructuración de la industria'. *United Nations Economic Commission for Latin America and Caribbean (ECLAC), Santiago, Chile*.
- Katz, Jorge. (1999). *Reformas estructurales y comportamiento tecnológico: Reflexiones en torno a las fuentes y naturaleza del cambio tecnológico en América Latina en los años noventa* (N.º 13; Serie Reforma Económica). CEPAL.
- Katz, Jorge. (2001). Structural reforms and technological behaviour: The sources and nature of technological change in Latin America in the 1990s. *Research Policy*, 30(1), 1-19.
- Katz, Jorge, & Bercovich, N. (1993). National systems of innovation supporting technical advance in industry: the case of Argentina. En R. R. Nelson (Ed.), *National innovation systems: A comparative analysis* (pp. 451-475). Nueva York, Oxford University Press.
- Kurz, H. D., & Salvadori, N. (2000). 'Classical' roots of input-output analysis: A short account of its long prehistory. *Economic Systems Research*, 12(2), 153-179.
- Lasuén, J. (1969). On growth poles. *Urban studies*, 6(2), 137-161.
- Lavarello, P. (2004). Estrategias empresariales y tecnológicas de las firmas multinacionales de las industrias agroalimentarias argentinas durante los años noventa. *Desarrollo económico*, 231-260.
- Lavarello, P., Gutman, G., & Sztulwark, S. (2018). *Explorando el camino de la imitación creativa: la industria biofarmacéutica argentina en los 2000* (C. Kenigst). CEUR-CONICET.
- Lavopa, A. M. (2015). *Structural transformation and economic development: can development traps be avoided?*
- Leoncini, R. (1998). The nature of long-run technological change: Innovation, evolution and technological systems. *Research Policy*, 27(1), 75-93.

[https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00025-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00025-0)

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.

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. (1951). *The Structure of American Economy, 1919-1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis* (Vol. 2). Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.2307/2226547>

Leontief, W. (1985a). Technological change, prices, wages, and rates of return on capital in the US economy. En *Input-output economics* (pp. 392-417). Oxford University Press.

Leontief, W. (1985b). Why economics needs input-output analysis. *Challenge*, 28(1), 27-35.

Leontief, W. (1991). The economy as a circular flow. *Structural change and economic dynamics*, 2(1), 181-212.

Leontief, W. (1998). The dynamic inverse. *International Library of Critical writings in Economics*, 92, 194-223.

Leontief, W. W. (1936). Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States. *The review of economic statistics*, 105-125.

Leontief, W. W. (1951). *The structure of American economy, 1919-1939: an empirical application of equilibrium analysis*.

Linder, S. B. (1961). *An essay on trade and transformation*. Almqvist & Wiksell Stockholm.

List, F. (1841). *Das Nationale System der Politischen Ökonomie* (The Nation). Longmans, Green and Co.

Los, B., & Verspagen, B. (2000). R&D spillovers and productivity: evidence from US manufacturing microdata. *Empirical economics*, 25(1), 127-148.

- Lundvall, B.-Å. (2007). National innovation systems - Analytical concept and development tool. *Industry and Innovation*, 14(1), 95-119.
- Lundvall, B.-Å. (1992a). Introduction. En B.-Å. (ed. . Lundvall (Ed.), *National Systems of Innovation : Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning* (pp. 1-19). Pinter Publishers.
- Lundvall, B.-Å. (1992b). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning* (B.-Åke Lundvall (ed.)). Pinter Publishers.
- Lundvall, B.-Å. (1996). National systems of innovation and input-output analysis. En *Economic interdependence and innovative activity* (pp. 356-363). Edward Elgar Publishing.
- Lundvall, B.-Å., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation, and competence-building. *The Economic Geography of Innovation*, 31, 213-240. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511493386.010>
- Lundvall, B.-Å., Vang, J., Joseph, K. J., & Chaminade, C. (2009). Innovation system research and developing countries. *Handbook of innovation systems and developing countries: Building domestic capabilities in a global setting*, 1, 1-32.
- Lundvall, B. A. (1985). Product innovation and user-producer interaction. *The Learning Economy and the Economics of Hope*, 19, 19-60.
- Lundvall, B. A. (1992). User-producer relationships, national systems of innovation and internationalisation. En *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning* (pp. 45-67). Pinter Publishers.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research policy*, 31(2), 247-264.
- Mancini, M. E., & Lavarello, P. J. (2013). Heterogeneidad estructural: origen y evolución del concepto frente a los nuevos desafíos en el contexto de la mundialización del capital. *Entrelineas de la política económ*, 37, 28-34.
- Marengo, L., & Sterlacchini, A. (1990). Intersectoral technology flows. Methodological aspects and empirical applications. *Metroeconomica*, 41(1), 19-39.
- Marin, A., Navas-Alemán, L., & Perez, C. (2015). Natural resource industries as a

- platform for the development of knowledge intensive industries. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 106(2), 154-168.
- Maskell, P., & Malmberg, A. (1999). Localised learning and industrial competitiveness. *Cambridge journal of economics*, 23(2), 167-185.
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge university press.
- Miozzo, M., & Soete, L. (2001). Internationalization of services: a technological perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 67(2-3), 159-185.
- Montresor, S., & Marzetti, G. V. (2009). Applying social network analysis to input-output based innovation matrices: An illustrative application to six oecd technological systems for the middle 1990s. *Economic Systems Research*, 21(2), 129-149. <https://doi.org/10.1080/09535310902940228>
- Nelson, R. R. (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford University Press on Demand.
- Nurkse, R. (1952). Some international aspects of the problem of economic development. *The American economic review*, 42(2), 571-583.
- Papaconstantinou, G., Sakurai, N., & Wyckoff, A. (1998). Domestic and international product-embodied R&D diffusion. *Research Policy*, 27(3), 301-314.
- Pasinetti, L. L. (1973). The notion of vertical integration in economic analysis. *Metroeconomica*, XXV, 1-29.
- Pasinetti, L. L. (1981). *Structural Change and Economic Growth-A Theoretical Essay on the Dynamics of the Wealth of Nations*. Cambridge University Press.
- Patel, P., & Pavitt, K. (1994). The continuing, widespread (and neglected) importance of improvements in mechanical technologies. *Research Policy*, 23(5), 533-545. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(94\)01004-8](https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)01004-8)
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(84\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0)
- Pérez, C. (2010). Technological dynamism and social inclusion in Latin America: a

- resource-based production development strategy. *Cepal Review*.
- Perroux, F. (1950). Economic space: theory and applications. *The quarterly journal of economics*, 64(1), 89-104.
- Perroux, F. (1955). Note sur la notion de pole de croissance. *L'Economie appliquée*.
- Pinto, A. (1970). Naturaleza e implicaciones de la "heterogeneidad estructural" de la América Latina. *El trimestre económico*, 37(145 (1), 83-100.
- Pinto, A. (1973). *Heterogeneidad estructural y modelo de desarrollo reciente de la América Latina*. ILPES.
- Posner, M. V. (1961). International trade and technical change. *Oxford economic papers*, 13(3), 323-341.
- Prebisch, R. (1986). El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas. *Desarrollo económico*, 479-502.
- Putnam, J., & Evenson, R. E. (1994). Inter-sectoral technology flows: Estimates from a patent concordance with an application to Italy. *Mimeograph, Yale University, New Haven, CT*.
- Quesnay, F. (1972). Tableau économique. En M. Kuczynski & R. L. Meek (Eds.), *Quesnay's Tableau Économique*. The Macmillan Press.
- Robert, V., Obaya, M., & Cassini, L. (2018). Tecnología, estructura productiva y desarrollo. *Desarrollo Económico*, 58(225), 213-246.
- Robert, V., & Yogel, G. (2013). El enfoque de la complejidad y la economía evolucionista de la innovación/The approach of complexity and evolutionary economics of innovation. *Filosofía de la Economía*, 1(1), 87-130.
- Rose, A. (1995). Input-output economics and computable general equilibrium models. *Structural change and economic dynamics*, 6(3), 295-304.
- Rosenberg, N. (1976). Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840–1910. *The Journal of Economic History*, 23(4), 414-443. <https://doi.org/10.1017/S0022050700109155>
- Rosenberg, N. (1979). Technological Interdependence in the American Economy. *Technology and Culture*, 20(1), 25-50.

- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge University Press.
- Rosenstein-Rodan, P. N. (1957). *Notes on the theory of the "big push"*. Cambridge, Mass.: Center for International Studies, Massachusetts Institute ....
- Sábato, J., & Botana, N. (1968). La Ciencia y la Tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. Estudio Prospectivo sobre América Latina y el Orden Mundial en la Década del 1990. *The World Order Models Conference, Bellagio, Italia*.
- Sanz-Villarroya, I. (2005). The convergence process of Argentina with Australia and Canada: 1875-2000. *Explorations in Economic History*, 42(3), 439-458. <https://doi.org/10.1016/j.eeh.2004.10.003>
- Scherer, F. M. (1982). Inter-industry technology flows and productivity growth. *The review of economics and statistics*, 11, 627-634.
- Schmookler, J. (2013). *Invention and economic growth*. Harvard University Press.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle* (2011.<sup>a</sup> ed.). Transaction Publishers. <https://books.google.com.ar/books?id=7p9fwYiDR20C>
- Schumpeter, J. A. (1939). Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process. En *The American Historical Review*. McGraw-Hill Book Company. <https://doi.org/10.1086/ahr/46.1.96>
- Schumpeter, J. A. (1954). *History of economic analysis*. Psychology Press.
- Shi, X., & Wu, Y. (2019). Evolution of Product-embodied R&D in China. *Structural Change and Economic Dynamics*, 49, 324–333.
- Soofi, A. S., & Ghazinoory, S. (2011). The network of the Iranian techno-economic system. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(4), 591–609.
- Sraffa, P. (1960). *Production of Commodities by Means of Commodities - prelude to a critique of economic theory*. Cambridge University Press.
- Sylos-Labini, P. (1966). Oligopolio y progreso técnico. *Barcelona, Ediciones Oikos*.
- Szirmai, A. (2012). Industrialisation as an engine of growth in developing countries, 1950–2005. *Structural change and economic dynamics*, 23(4), 406-420.

- Terleckyj, N. E. (1974). Effects of R&D on the productivity growth of industries: an exploratory study. En *National Planning Association*. National Planning Association.
- Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., & De Vries, G. J. (2015). An illustrated user guide to the world input–output database: the case of global automotive production. *Review of International Economics*, 23(3), 575-605.
- Toledano, J. (1978). A propos des filières industrielles. *Revue d'économie industrielle*, 6(1), 149-158.
- United Nations. (2009). System of national accounts 2008. En *European Communities, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development*. United Nations, and World Bank.
- Veblen, T. (2017). *The place of science in modern civilization*. Routledge.
- Vernon, R. (1966). International Investment and International Trade in the Product Cycle. *The Quarterly Journal of Economics*, 190-207.
- Verspagen, B. (1997). Measuring intersectoral technology spillovers: estimates from the European and US patent office databases. *Economic Systems Research*, 9(1), 47-65.
- Von Bertalanffy, L. (1976). *Teoría general de los sistemas*. Fondo de Cultura Económica.
- Von Hippel, E. (1988). *The sources of innovation*. Oxford University Press.
- Winter, S. G., & Nelson, R. R. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. <https://papers.ssrn.com/abstract=1496211>
- Wirkierman, A. L. (2012). *Productivity analysis from a classical perspective: theory of measurement and measurement of theory*. Universita' Cattolica del Sacro Cuore.
- Yoguel, G., & Barletta, F. (2017). ¿De qué hablamos cuando hablamos de cambio estructural? Una perspectiva evolucionista-neoschumpeteriana. En M. Abeles, M. Cimoli, & P. Lavarello (Eds.), *Manufactura y cambio estructural. Aportes para pensar la política industrial en la Argentina* (pp. 27-54). CEPAL.

Tabla 12. Revisión de trabajos de análisis estructurales vía matrices tecnoeconómicas

Trabajo	Países	Año	Nivel de análisis	Indicadores utilizados	Flujos	Observaciones
Leoncini et al (1996)	Italia, Alemania	1988	Nacional y Sectorial	Densidad y Centralización (Nacional); Centralidad (Sector); Grafos	Domésticos e internacionales; solo insumos intermedios	Los flujos internacionales han sido captados vía "balanza de pagos" tecnológicos (OECD/EAS-STIU); la participación institucional se hizo separando la asignación de I+D desde agencias públicas desagregado por "objetivos socioeconomicos".
Papaconstantinou et al (1998)	10 países de OECD	1990	Nacional, Clúster y Sectorial	-	Domésticos e Internacionales; insumos intermedios y bienes de capital	Sustituye el modelo tradicional de Leontief por el multiplicador producto-producto para evitar problemas de "doble contabilización" (véase Miller y Blair, 2009)
Drejer (2000)	Alemania, Estados Unidos, Japón y Reino Unido	1990	Sectorial	Centralidad (Sector), Grafos	Domésticos e internacionales; solo insumos intermedios	El trabajo se acompaña de un profundo análisis histórico de los SNI de los respectivos países
Leoncini & Montresor (2000)	8 países de OECD	1980, 1985, 1990	Nacional y Sectorial	Densidad y Centralización (Nacional); Centralidad (Sector); Grafos	Domésticos; solo insumos intermedios	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13. (continuación) Revisión de trabajos de análisis estructurales vía matrices tecnoeconómicas**

Trabajo	Países	Año	Nivel de análisis	Indicadores utilizados	Flujos	Observaciones
Soofi & Ghazinoory (2010)	Irán	2001	Nacional, Clúster y Sectorial	Densidad y Centralización (Nacional); Centralidad (Sector); <i>Betwenness</i> (Sector); Índices de Jerarquía (Sector); Equivalencia estructural (Clúster); Gráfos	Domésticos; solo insumos intermedios	El trabajo hace una comparación con los resultados de Chang y Shih (2005) sobre China y Taiwan
Chang & Shih (2005)	China, Taiwan	1999	Nacional, Clúster y Sectorial	Densidad y Centralización (Nacional); Centralidad (Sector); Redundancy y Constraint (Cluster); Grafos	Domésticos; solo insumos intermedios	
Guan & Chen (2009)	China	1997, 2002	Nacional y Sectorial	Densidad y Centralización (Nacional); Centralidad (Sector);	Domésticos; solo insumos intermedios	Al igual que Papaconstantinou et al (1998) emplea la inversa de Leontief "modificada"
Hauknes & Knell (2009)	Alemania, Estados Unidos, Francia, Noruega y Suecia	2000	Nacional y Sectorial	Intensidad tecnológica total (Nacional/Sectorial); Multiplicador tecnológico (Nacional/Sectorial); Flujos netos de tecnología (intersectorial)	Domésticos e Internacionales; insumos intermedios y bienes de capital	Partiendo de la propuesta Papaconstantinou et al (1998), el trabajo hace un avance aun mayor para evitar el problema de doble contabilización. Además, incluye indicadores de encadenamientos "aguas abajo" y "aguas arriba" y lo evalúa bajo una extensión de los grupos de sectores de Pavitt (1984)
Gonçalves & Neto (2016)	Brasil, China, Rusia y Sudafrica	2005	Nacional y Sectorial	Intensidad tecnológica total (Nacional/Sectorial); Multiplicador tecnológico (Nacional/Sectorial); Flujos netos de tecnología (intersectorial)	Domésticos e Internacionales; insumos intermedios y bienes de capital	La metodología es la de Hauknes & Knell (2009), mientras que los resultados son comparados con los del mismo trabajo con el objetivo de encontrar patrones entre los PD y los PED. El trabajo incluye un análisis histórico de los PED analizados
Shi & Woo (2018)	China	2000, 2005, 2010	Nacional y Sectorial	Densidad y Centralización (Nacional); Centralidad (Sector); Multiplicador tecnológico (Sector); Grafos	Domésticos e Internacionales; insumos intermedios y bienes de capital	El trabajo hace una comparación con los resultados de Papaconstantinou et al (1998) y Hauknes y Knell (2009) sobre países seleccionados OECD

Fuente: Elaboración propia