



Gentili, Martín

Encadenamientos y asimetrías tecnológicas : un estudio insumo-producto de la inserción periférica de Argentina en el paradigma tecnoeconómico



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Gentili, M. (2026). *Encadenamientos y asimetrías tecnológicas: un estudio insumo-producto de la inserción periférica de Argentina en el paradigma tecnoeconómico. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes* <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/6115>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Encadenamientos y asimetrías tecnológicas: un estudio insumo-producto de la inserción periférica de Argentina en el paradigma tecnoeconómico

TESIS DOCTORAL

Martín Gentili

gentili_m@hotmail.com

Resumen

Esta tesis analiza la configuración del perfil tecnoeconómico de Argentina en el marco del paradigma tecnoeconómico vigente, a partir de una articulación entre enfoques estructuralistas y neoschumpeterianos. Parte de la hipótesis de que el cambio tecnológico es un proceso estructurado y jerárquico, tanto en su dimensión sectorial como territorial, y que su difusión se organiza en torno a ramas núcleo y a una estratificación internacional entre países centrales, semiperiféricos y periféricos. Metodológicamente, propone una reformulación del análisis insumo-producto mediante la construcción de una Matriz Tecnoeconómica Internacional (MTEI), que permite representar los flujos intersectoriales de tecnología incorporada (I+D) y analizar la generación, difusión y uso del conocimiento a escala global.

A partir de este enfoque, la tesis examina el caso argentino en comparación con otras economías basadas en recursos naturales, como Australia, Canadá y Brasil. Los resultados evidencian que Argentina presenta una inserción periférica caracterizada por una baja densidad de encadenamientos tecnológicos y una fuerte dependencia de tecnología importada. En contraste, los países semiperiféricos analizados han logrado desarrollar núcleos endógenos de dinamización tecnológica que articulan recursos naturales, industria y capacidades de innovación. En este sentido, el trabajo concluye que la divergencia en las trayectorias de desarrollo no responde únicamente a la dotación de recursos, sino a la capacidad de construir sistemas tecnológicos nacionales que favorezcan la generación y difusión interna del progreso técnico.

Índice

Agradecimientos.....	6
Índice de cuadros gráficos y figuras	8
Abreviaturas.....	9
Introducción.....	10
1.1. Tema, motivación y pregunta de investigación	10
1.2. Problema de investigación.....	12
1.3. Objetivos e hipótesis.....	14
1.4. Estrategia metodológica	15
1.5. Estructura de la tesis	17
Capítulo 1: Del cambio endógeno al desarrollo desigual: una lectura estructural del cambio tecnológico.....	21
1.1. Introducción.....	21
1.2. Desde dentro: el cambio económico como proceso endógeno en la tradición smithiana.....	22
1.3. Más allá del equilibrio: encadenamientos, desequilibrios y estructuras inductoras en el desarrollo.....	26
1.3.1. Hirschman y los encadenamientos productivos: el desarrollo como secuencia de tensiones inducidas.....	27
1.3.2. Perroux y los polos de desarrollo: espacio económico, inducción y jerarquías estructurales	31
1.4. De los Paradigmas tecnoeconómicos al diamante de Pavitt: patrones sectoriales en la estructuración desigual del espacio económico	34
1.4.1. Carlota Pérez, revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos	34
1.4.2. El diamante de Pavitt: hacia una taxonomía micro-sectorial de la innovación	41
1.5. Desarrollo del enfoque de sistemas de innovación a escala nacional.....	46

1.5.1.	Fundamentos principales	46
1.5.2.	De los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) a los Sistemas Tecnológicos Nacionales (STN).....	51
1.5.3.	El círculo vicioso de los STN periféricos y la noción de núcleo endógeno	53
1.6.	Conclusiones del capítulo	62
Capítulo 2: Estrategia metodológica y revisión de antecedentes empíricos sobre la difusión de tecnologías		65
2.1.	Introducción.....	65
2.2.	La difusión tecnológica como problema estructural: fundamentos para una representación matricial.....	66
2.2.1.	Del espacio abstracto a las matrices de difusión tecnológica: el enfoque inductivo de Perroux.....	67
2.2.2.	El espacio tecnoeconómico como submodelo de difusión tecnológica incorporada	70
2.3.	La medición empírica de los flujos tecnológicos: enfoques, avances y vacancias	74
2.3.1.	Propuestas de medición de flujos tecnológicos: enfoques y criterios	74
2.3.2.	Avances y limitaciones en la aplicación de matrices tecnoeconómicas .	77
2.4.	Fuentes y preparación de la base de datos	81
2.5.	La matriz tecnoeconómica: construcción metodológica, indicadores insumo-producto y análisis de redes sociales (SNA)	83
2.5.1.	Construcción de la MTEI: del modelo de Leontief a los flujos de I+D incorporado.....	84
2.5.2.	Indicadores de difusión tecnológica: descomposición del I+D incorporado, MTEC y MTECM	87
2.5.3.	Clasificación estructural de industrias según su rol en la red de innovación	89
2.5.4.	Clasificación de países según su perfil tecnológico e inserción en el paradigma tecnoeconómico mundial	92

2.5.5. Aplicación de análisis de redes (SNA) tecnoeconómicas: transformación e indicadores	95
2.6. Resumen y conclusiones.....	99
Capítulo 3: El sistema tecnológico argentino y su inserción internacional: sistemas productivos periféricos desde las relaciones de difusión de tecnologías incorporadas	102
3.1. Introducción.....	102
3.2. Posición de las industrias dentro del actual PTE: asimetrías en el espacio tecnoeconómico	103
3.3. Centro, semiperifería y periferia en el PTE: una tipología tripartita de jerarquías tecnológicas	112
3.3.1. Clasificación funcional de países según su inserción en el PTE	112
3.3.2. Perfil comparado de los bloques según intensidades, escalas e interdependencias de los flujos tecnoeconómicos	118
3.4. Asimetrías estructurales en la difusión tecnológica global: un cruce sectorial–territorial	124
3.5. Resumen y conclusiones.....	130
Capítulo 4: Patrones nacionales en el sistema de flujos tecnológicos incorporados: análisis comparado del STN de argentina	132
4.1. Introducción.....	132
4.2. La elección de casos	134
4.3. Perspectivas comparadas: condiciones estructurales y trayectorias históricas	139
4.3.1. Aspectos económicos, demográficos y tecnológicos comparados	139
4.3.2. Contexto histórico-material e institucional de los casos comparados ..	142
4.4. Estudio comparativo de las estructuras tecnoeconómicas de países abundantes en recursos naturales: los casos de Argentina, Australia, Brasil y Canadá	163
4.4.1. Aspectos macro de los sistemas tecnoeconómicos de los países seleccionados	163

4.4.2. Perfil sectorial de los STN: análisis comparado de la centralidad de las redes tecnoeconómicas	167
4.5. Resumen y conclusiones.....	176
Conclusiones y reflexiones finales	178
El principal aporte de la tesis.....	178
Contratación de hipótesis en la empírea	180
Emergencia de interrogantes de investigación y agenda futura	185
Bibliografía.....	189
Anexo 1. Clasificaciones industriales y de países	203
Anexo 2. Fuentes de informaciones adicionales	205
Anexo 3. Información adicional para la interpretación del capítulo 3	207
Anexo 4. Ejercicio de calibración de valores de corte en las redes tecnoeconómicas .	212
Anexo 5. Mapas de calor de las redes tecnoeconómicas de Argentina, Australia, Brasil y Canadá	214

Agradecimientos

Al Dr. Pablo Lavarello, director de esta tesis, por sus atentas lecturas, las discusiones y su honestidad intelectual desde el primer día en que me reuní con él para lo que iba a ser mi tesis de maestría. Pero, sobre todas las cosas, por la calidad de persona que es: por su paciencia a lo largo de tantos años, su forma respetuosa de dirigir y por la fuente de estímulo que genera trabajar cerca de él.

A la Dra. Verónica Robert, por apoyar, confiar y colaborar en este proyecto desde su origen.

También deseo agradecer a la terna del Jurado, Gustavo Burachik, Gabriel Brondino y Martin Schorr, por sus valiosos comentarios y sugerencias que han contribuido a mejorar este trabajo.

A mis padres, María Laura y Mario, por su apoyo incondicional desde que llegué a este mundo. En tiempos más recientes, gracias por las comidas, las escuchas, la paciencia y, sobre todo, por estar siempre.

A mi hermana Gabi y mi cuñado Camilo, que supieron acompañar este proceso con mucho amor y la distancia justa ante mis momentos de aislamiento. También a mi tía Silvia, que siempre fue como una segunda mamá y supo ejercer con maestría la tarea de acompañar a alguien que está haciendo una tesis doctoral.

A Sol, que fue mi compañera durante más de la mitad de este proceso y me dejó lleno de vivencias hermosas. Sea trabajando en home office o conversando camino a Concepción del Uruguay, siempre me transmitió tranquilidad y seguridad. Le agradezco también que, a pesar de ser de Letras, se sometió a la tortura de aprender lo que es una matriz insumo-producto, y eso habla del amor sincero de una relación.

A mis amigxs de la vida. Por suerte, son muchxs.

Del grupo de Río Gallegos —es decir, de toda una vida— a Antunes, Nahuel, Fede, Flor, Santiago y Miguel. A veces más cerca, a veces más lejos, todos ellos fueron parte del proceso, escucharon mis desdichas y se mantuvieron atentos a cada una de mis etapas.

De mi vida en Buenos Aires también son varios: Marianito, Aleja, Sebas, Jaime, compañeros de la facultad y los calisténicos, quienes formaron parte de mi red de apoyo emocional.

El orden no altera el producto. Al CEUR como institución, pero sobre todo a la gente que lo constituye. Este espacio ha representado mi mayor soporte intelectual y emocional para poder terminar esta tesis. Estoy muy agradecido a este grupo de personas por su compañerismo.

Dentro de ese grupo, quiero agradecer muy especialmente a Andrea, Flor y Regi, que supieron ser el mejor sostén emocional que podría encontrar, mucho más allá de lo que significa un espacio laboral.

También quiero agradecer muchísimo a mi amigo y compañero Juan Pita, porque su ayuda ha sido invaluable. No solo es la única persona que podría defender mi tesis mejor que yo, sino también porque me demostró su predisposición a ayudar bajo cualquier circunstancia.

A lxs compañerxs del doctorado y a mi ex-compañerxs de la UNSAM que formaron parte de mis inicios en esta carrera: Edgardo, Matías y Adrián.

La última persona que quiero agradecer (de nuevo, sin que el orden altere el producto) es Cris, que en circunstancias difíciles y con grandes distancias de por medio se convirtió en un motor fundamental para que esta tesis pueda ser finalizada.

Finalmente, quiero agradecer al CONICET por la beca otorgada, a la Universidad de Quilmes por ofrecer un doctorado de excelencia académica. También a la Universidad Nacional de Buenos Aires y la Universidad Nacional de San Martín por contribuir en mi formación de grado y posgrado, respectivamente. Y, en general, a todo el sistema de educación pública de Argentina, que ha atravesado toda mi vida desde el jardín hasta hoy en día. Sin ello, esta tesis nunca se habría podido realizar y, más importante aún, yo no sería quien soy hoy.

Índice de cuadros gráficos y figuras

Tabla 1. Resumen de subsistemas del STN	52
Tabla 1. Principales enfoques para la medición empírica de los flujos tecnológicos	76
Tabla 1. Distribución de países según perfiles de inserción funcional en el PTE .	113
Tabla 1. Comparación de variables económicas, demográficas y tecnológicas de países seleccionados	140
Tabla 2. Elementos histórico-materiales e institucionales destacados de los países seleccionados	162
Tabla 3. Densidad, Centralización y Centralidad de la red tecnoeconómica de países seleccionados	175
 Gráfico 1. Difusión (eje horizontal) y utilización de I+D (eje vertical) interindustrial más intensidad total en I+D incorporado (tamaño de burbujas).....	105
Gráfico 2. Grado de internacionalización de los flujos de I+D por rama productiva	111
Gráfico 3. Intensidad de I+D incorporado y multiplicador tecnológico medio (MTECM) por bloque de países	119
Gráfico 4. Composición del I+D difundido e incorporado por país según origen/destino y saldo neto de exportaciones de tecnología.....	123
Gráfico 1. Participación de exportaciones primarias (eje vertical), intensidad directa de I+D (eje horizontal) y PBI per cápita (tamaño de burbujas) según países	136
Gráfico 2. Evolución del PBI per cápita de Argentina, Australia y Canadá en relación al PBI per cápita estadounidense: 1880-2016.....	137
Gráfico 3. Evolución del PBI per cápita de Argentina y Brasil en relación al PBI per cápita estadounidense: 1880-2016	139
Gráfico 4. Densidad (relativa a Estados Unidos) del STN de Argentina, Australia, Brasil, y Canadá.....	165
Gráfico 5. Nivel y composición de intensidad total en I+D y MTECM en industrias primarias según países seleccionados	167

Abreviaturas

ANBERD: *Analytical Business Enterprise Research and Development Database*

ARSAT: Argentina Satelital S.A.

BNDES: *Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social*

CNPq: *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*

CRC: Communications Research Centre (Canadá)

CSIRO: *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*

CSN: *Companhia Siderúrgica Nacional*

EMN: Empresas Multinacionales

FAPESP: *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo*

FINEP: *Financiadora de Estudos e Projetos*

FPSO: *Floating Production Storage and Offloading*

IA: Inteligencia Artificial

ICIO: Inter-Country Input–Output

INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (Argentina)

IOE: Índice de Orientación del Excedente

JBS: JBS S.A. (compañía brasileña de alimentos)

KIBS: *Knowledge-Intensive Business Services*

METS: *Mining Equipment, Technology and Services*

MIP: Matriz Insumo–Producto

MTECM: Multiplicador de Importación de Tecnologías

MTEI: Matriz Tecnoeconómica Internacional

NAFTA: *North American Free Trade Agreement*

NDIT: Nueva División Internacional del Trabajo

NRC: *National Research Council*

OECD: *Organisation for Economic Co-operation and Development*

PITCE: Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior

PTE: Paradigma Tecnoeconómico

PyMEs: Pequeñas y Medianas Empresas

SNA: *Social Network Analysis*

SNI: Sistema Nacional de Innovación

STN: Sistemas Tecnológicos Nacionales

STN-p: Sistemas Tecnológicos Nacionales Periféricos

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación

YPF: Yacimientos Petrolíferos Fiscales

Introducción

1.1. Tema, motivación y pregunta de investigación

El pensamiento económico ha mostrado, a lo largo de la historia, una estrecha vinculación con las transformaciones económicas y políticas que acompañan a las distintas fases del capitalismo. Las herramientas analíticas no son neutrales: responden a contextos intelectuales y a agendas estatales específicas. Si bien el análisis insumo-producto tiene sus primeras formulaciones en los trabajos de Leontief en los años veinte, su difusión masiva debe situarse en el contexto del auge de los Estados desarrollistas de posguerra.¹ Fueron las necesidades de planificación económica durante la Segunda Guerra Mundial y, posteriormente, las estrategias de industrialización tardía apoyadas por organismos internacionales las que convirtieron a las matrices insumo-producto (MIP) en una herramienta privilegiada para orientar políticas industriales y regionales (Aroche, 2008; Akhabbar, 2008).

En este contexto, la categoría de polos de crecimiento elaborada por François Perroux (1955) jugó un papel central en la popularización de las MIP, al alentar su reinterpretación como un medio para identificar industrias propulsoras y complejos industriales. Sin embargo, en la práctica muchas de estas experiencias resultaron insatisfactorias: el uso de las MIP tendió a traducirse en planes rígidos y poco sensibles a la dinámica de la innovación, con efectos limitados sobre la transformación estructural en las economías periféricas (Brookfield, 2011; Higgins, 1983).

Entre los años setenta y noventa, con la contraofensiva neoclásica y el abandono de la agenda desarrollista en los organismos internacionales, la MIP como instrumento para la representación empírica de los procesos de encadenamiento quedó relegada a su

¹ Una revisión de la literatura sobre los orígenes del trabajo de Leontief advierte que puede inscribirse en una triple genealogía. Por un lado, se lo ha vinculado con los balances soviéticos de la Nueva Política Económica (Popov, Litoshenko, Groman), que ofrecieron los primeros cuadros de interdependencia sectorial aunque sin la formalización matricial posterior (Jasny, 1962; Akhabbar, 2008). En segundo lugar, el propio Leontief señaló que su modelo estaba en diálogo con la tradición del equilibrio general walrasiano, del cual tomó el aparato algebraico para resolver un sistema de ecuaciones simultáneas (Belykh, 1989). Finalmente, existe una raíz más profunda en la economía política clásica, que desde Quesnay hasta Marx concibió la reproducción social en términos de flujos circulares y excedente, y que reaparece en la lectura de Sraffa y von Neumann sobre los sistemas multisectoriales (Kurz y Salvadori, 2003).

reinterpretación desde los abordajes neoschumpeterianos y evolucionistas del cambio tecnológico. Estos enfoques retomaron el concepto desde una perspectiva escéptica respecto de su uso para la planificación. Desde esta perspectiva, el problema central era que dichos instrumentos captaban relaciones estáticas de coexistencia en sistemas industriales maduros, pero resultaban incapaces de explicar la dinámica endógena de la innovación y el cambio tecnológico. Andersen (1992, 1996) mostró cómo la traducción de la idea de polos de crecimiento de Perroux (1955) al lenguaje de coeficientes fijos de las MIP derivó en visiones estáticas y ambiguas, que confundían encadenamientos estructurales con procesos de innovación genuina. De manera similar, las críticas a la planificación regional basada en polos de crecimiento señalaron que la proliferación de aplicaciones empíricas terminaba en una “inmensa confusión”, precisamente porque se había perdido de vista que lo esencial era la innovación como perturbación radical y no el simple tamaño o multiplicador de un sector (Brookfield, 2011).

Ahora bien, si estas críticas resultan pertinentes, también es cierto que plantear un antagonismo irreconciliable entre fenómenos estructurales y cambio tecnológico implica caer en una falsa dicotomía. Tanto Andersen (1992, 1996) como Drejer (1999) advirtieron la necesidad de tender un puente: el primero recuperando la tradición de los encadenamientos productivos y la visión estructural del desarrollo; el segundo subrayando que la introducción de los flujos de conocimiento en el esquema insumo-producto permite reconciliar la herencia de Leontief con la perspectiva schumpeteriana del cambio tecnológico. En esa línea, esta tesis parte de la regularidad de que el cambio tecnológico mantiene patrones estructurales persistentes que solo pueden captarse al observar la dinámica de la innovación al interior de lo que Carlota Pérez denomina paradigmas tecnoeconómicos (PTE). En otras palabras, el cambio tecnológico dentro de cada etapa de acumulación capitalista no supone un proceso azaroso, sino que presenta regularidades históricas, encadenamientos y jerarquías tecnológicas indisociables del modo en que países y sectores productivos participan en el proceso global de acumulación.

Esta investigación busca recuperar esta pista teórico-metodológica a partir de la transformación de las MIP en matrices de flujos de tecnologías incorporadas, mediante la reponderación de los tradicionales canales insumo-producto por un vector de intensidad de I+D. Así, las MIP se convierten en un instrumento analítico renovado que permite articular el estudio del cambio tecnológico con la problemática centro-periferia. Ello

exige, a su vez, repensar la escala en la que estas transformaciones se desarrollan. A diferencia de los trabajos insumo-producto de posguerra, la escala de análisis no se agota en el Estado-nación, sino que involucra la unidad mundial de la acumulación. Esto abre paso a establecer un puente entre la literatura de MIP y los autores pioneros del estructuralismo latinoamericano, como Raúl Prebisch y Celso Furtado.

Lo importante aquí es advertir que el cambio tecnológico constituye un fenómeno estructural en un doble sentido: desde una perspectiva tecno-productiva, porque organiza jerarquías sectoriales en torno a ramas núcleo dentro de cada paradigma tecnoeconómico; y desde una perspectiva político-territorial, porque esa organización es indisociable de una distribución internacional —y funcionalmente desigual— de capacidades, que coloca a ciertos países en posiciones centrales y a otros en lugares subordinados. Cada paradigma tecnoeconómico, en consecuencia, no solo configura patrones tecnológicos de producción e innovación, sino que también revela y reproduce relaciones jerárquicas de poder entre naciones. Al respecto, la tesis seguirá la perspectiva tripartita del sistema-mundo, añadiendo al binomio centro-periferia el bloque de países semiperiféricos, que cumplen la función de bisagra estructural dentro del sistema mundial: articulan la difusión del progreso técnico desde los centros hacia las periferias y, al mismo tiempo, reproducen ciertas dependencias funcionales respecto de los primeros.

A través de las matrices de flujos de I+D incorporado (o matrices tecnoeconómicas), esta tesis busca identificar la especificidad del perfil tecnoeconómico de distintos países a partir de la estructuración de las actividades a escala mundial. En particular, se intenta comprender de qué manera el perfil tecnoeconómico argentino actual es reflejo de su trayectoria histórica de industrialización, apertura y cambio estructural, procesos que condicionaron la articulación entre recursos naturales, industria y conocimiento, limitando la conformación de un núcleo endógeno de dinamización tecnológica.

1.2. Problema de investigación

La reflexión precedente permite ubicar el objeto de este trabajo en un terreno más concreto. Si el cambio tecnológico debe concebirse como un fenómeno estructural que combina jerarquías tecno-productivas y jerarquías político-territoriales, entonces la cuestión central pasa por comprender cómo esas dimensiones se articulan en la experiencia de los países periféricos. En particular, interesa analizar el caso de Argentina, una economía cuya inserción internacional ha estado históricamente determinada por una

especialización primario-exportadora y que ha transitado un proceso de industrialización “trunco”, dando lugar a un posicionamiento periférico en el actual paradigma tecnoeconómico mundial.

El problema reside en que, mientras otras economías con dotaciones de recursos naturales semejantes han logrado configurar trayectorias de mayor desarrollo relativo, Argentina ha permanecido atrapada en un perfil de especialización dependiente, con escasas capacidades de innovación. Esta divergencia plantea un interrogante fundamental: ¿hasta qué punto países con bases materiales originalmente similares pueden dar lugar a configuraciones tecnoeconómicas distintas y en qué medida esas diferencias —en la articulación de las estructuras productivas con los flujos de I+D incorporado— revelan divergencias históricas en el alcance de sus procesos de industrialización?

A partir de esta formulación, la tesis se orienta por la siguiente pregunta central de investigación:

¿Cómo se configura el perfil tecnoeconómico de Argentina, en tanto país de inserción primario-exportadora, en relación con el de economías con modalidades de inserción basadas en recursos naturales, pero con mayor desarrollo tecnoeconómico relativo?

De esta pregunta general se desprenden varios interrogantes específicos:

- Estructura global: ¿Qué jerarquías intersectoriales y funcionales emergen del paradigma tecnoeconómico vigente y cómo delimitan las posibilidades de inserción de países periféricos y semiperiféricos?
- Perfil nacional: ¿Qué rasgos distintivos presenta el perfil tecnoeconómico de Argentina en comparación con otras economías basadas en recursos naturales, y cómo se expresa su condición periférica en los flujos de I+D incorporado?
- Divergencia de trayectorias: ¿Qué factores estructurales, institucionales y de política explican que países como Australia, Canadá o Brasil hayan alcanzado posiciones semiperiféricas mientras Argentina permanece más próxima a la periferia?

En suma, la problemática que guía este trabajo busca situar el caso argentino en el cruce entre los condicionamientos estructurales del paradigma tecnoeconómico global y las trayectorias nacionales divergentes de países con bases materiales similares, mostrando cómo las asimetrías internacionales en la difusión de la tecnología reproducen y consolidan la estratificación centro-semiperiferia-periferia.

1.3. Objetivos e hipótesis

En este marco, la hipótesis general que orienta el trabajo sostiene que la capacidad de un país primario-exportador para evitar una profundización de su carácter periférico depende críticamente de su posibilidad de conformar un núcleo endógeno de dinamización tecnológica que reduzca la dependencia tecnológica externa mediante la generación de encadenamientos tecnológicos en el plano doméstico.

De esta hipótesis general se desprenden cuatro hipótesis específicas:

- Hipótesis 1 (H1) — Difusión acumulativa y polarizada de los paradigmas tecnoeconómicos: La difusión intersectorial de un nuevo paradigma tecnoeconómico constituye un proceso de creación acumulativa, en el que conviven industrias heredadas y emergentes, pero también polarizado, al concentrarse la generación y apropiación de innovaciones en un conjunto limitado de sectores y países. Así, la expansión del paradigma reproduce asimetrías estructurales preexistentes, favoreciendo a las economías con una base manufacturera y tecnológica más diversificada.
- Hipótesis 2 (H2) — Jerarquía funcional en la difusión internacional del conocimiento: Su expresión territorial-espacial a escala internacional adopta una configuración tripartita jerarquizada —centro, semiperiferia y periferia— que refleja posiciones diferenciadas entre los países en términos de generación, difusión y uso de conocimiento tecnológico incorporado.
- Hipótesis 3 (H3) — Núcleos endógenos y autonomía tecnológica: Los países primario-exportadores que lograron superar una inserción periférica se distinguen por haber desarrollado núcleos endógenos de industrias pivote capaces de articular los complejos de recursos naturales con una base industrial y de servicios tecnológicos propia. La existencia de estos núcleos permite reducir la dependencia tecnológica externa y generar encadenamientos innovativos domésticos.
- Hipótesis 4 (H4) — Trayectorias histórico-materiales y cristalización estructural: Las diferencias en la densidad y coherencia de los Sistemas Tecnológicos Nacionales (STN) reflejan trayectorias históricas de industrialización, apertura y recomposición institucional. Las matrices tecnoeconómicas permiten capturar y comparar esas trayectorias al funcionar como una cristalización estructural del cambio tecnoeconómico: allí donde existieron procesos acumulativos de aprendizaje, las

redes son densas e integradas; donde prevalecieron rupturas y dependencia, las estructuras exhiben fragmentación y vacíos tecnológicos.

A partir de lo anterior, el propósito general de esta investigación es analizar cómo se configura el perfil tecnoeconómico de Argentina, en tanto economía periférica de inserción primario-exportadora, en comparación con otras economías basadas en recursos naturales que han alcanzado trayectorias de desarrollo semiperiféricas, a fin de evaluar el papel que desempeña la conformación de núcleos endógenos en la divergencia de trayectorias nacionales.

De este objetivo general se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las jerarquías funcionales que estructuran la difusión intersectorial de la tecnología a nivel global, distinguiendo entre ramas núcleo, ramas emergentes y ramas tradicionales, y analizando su convergencia bajo el actual paradigma tecnoeconómico.
- Analizar la dimensión territorial de la difusión tecnológica, observando cómo se distribuye internacionalmente la capacidad de generación, difusión y uso de conocimiento incorporado en I+D, y reconstruyendo la estratificación tripartita entre centro, semiperiferia y periferia.
- Comparar los procesos nacionales de articulación entre recursos, industria y conocimiento, con especial atención a las economías primario-exportadoras (Argentina, Australia, Brasil y Canadá), a fin de identificar los factores estructurales e institucionales que explican la formación —o ausencia— de núcleos endógenos de industrias pivote.
- Examinar cómo las trayectorias históricas de industrialización, apertura y recomposición institucional se cristalizan en la estructura actual de flujos tecnoeconómicos, evaluando la capacidad de la matriz tecnoeconómica internacional (MTEI) para representar empíricamente dichas configuraciones y compararlas entre países.

1.4. Estrategia metodológica

La estrategia metodológica de esta tesis combina el análisis insumo–producto con técnicas de análisis de redes sociales y ejercicios de clusterización de países. No obstante, su rasgo distintivo y el mayor aporte de la tesis radica en la operativización de conceptos

teóricos en instrumentos empíricos que habilitan ejercicios de cualificación/validación de tesis renovadas del enfoque estructural aplicada al cambio tecnológico y el desarrollo de las naciones.

El instrumento base es la construcción de una MTEI, a partir de las tablas insumo–producto internacionales reponderadas por la intensidad de I+D incorporado (Papaconstantinou et al., 1998). Esta matriz permite reinterpretar los flujos intersectoriales de bienes y servicios como flujos de tecnologías incorporadas y se interpreta como una “foto” del sistema mundial de interacciones tecnoeconómicas. A escala global, revela la estructura intersectorial que sostiene cada paradigma tecnoeconómico; a escala nacional, ofrece una representación empírica del sistema tecnoeconómico y sus vinculaciones externas, que dan soporte material al proceso de generación, difusión y utilización de nuevas tecnologías de cada STN (Leoncini et al, 1996).

Este doble carácter explica por qué su elaboración constituye un paso metodológico fundamental. Por definición, categorías como los paradigmas tecnoeconómicos (Pérez, 1986; 2010) o la estratificación centro–semiperiferia–periferia (Arrighi & Drangel, 1986) solo pueden ser operacionalizadas desde una perspectiva global del proceso de interacciones tecnoeconómicas. La matriz mundial, en consecuencia, no se concibe únicamente como un insumo contable, sino como el soporte empírico que hace posible articular categorías estructuralistas y neoschumpeterianas en un marco de análisis común.

La estrategia metodológica se organiza en tres grandes pasos. En primer lugar, se desarrolla un puente teórico-metodológico que permite operacionalizar nociones centrales del marco conceptual. Por un lado, la propuesta de Carlota Pérez acerca de los paradigmas tecnoeconómicos se traduce en una clasificación de ramas productivas según su fuerza de encadenamientos tecnológicos —aguas arriba y aguas abajo—, distinguiendo entre ramas motrices, vectoras, inducidas y de enclave. Por otro lado, el enfoque centro–periferia y del sistema-mundo se operacionaliza mediante un ejercicio de clusterización de países en función de indicadores contruidos a partir de la matriz tecnoeconómica. El conjunto de indicadores combina medidas agregadas sobre la inserción tecnológica global del país con otras que capturan su vínculo específico con las industrias núcleo, distinguiendo entre el total de I+D incorporado y difundido y, a la vez, la autosuficiencia y la capacidad exportadora de los sectores motrices y vectores.

En segundo lugar, la estrategia adopta un enfoque comparado para profundizar en el interrogante central de la tesis. A partir de la estratificación internacional, se selecciona a Argentina como caso de STN periférico (STN-p) y se lo contrasta con un conjunto de STN semiperiféricos (Australia, Canadá y Brasil) que, al igual que Argentina, comparten un perfil primario-exportador, pero han alcanzado un mayor grado de desarrollo relativo. El ejercicio comparativo combina un análisis histórico-cualitativo de dimensiones clave —acceso a recursos naturales y renta, inserción internacional, encadenamientos productivos, políticas industriales y trayectoria de los STN— con un análisis de redes sociales (SNA) aplicado a las matrices tecnoeconómicas nacionales, lo que permite medir empíricamente la centralidad y articulación de cada rama productiva dentro del STN y contrastar los hallazgos históricos con la estructura actual de relaciones tecnoeconómicas.

En síntesis, la estrategia metodológica se fundamenta en la idea de que la matriz tecnoeconómica mundial constituye un dispositivo privilegiado para articular escalas — global, nacional e intersectorial— y marcos conceptuales —paradigmas tecnoeconómicos y sistemas tecnológicos nacionales—. La novedad de la tesis radica en mostrar cómo este instrumento permite simultáneamente caracterizar la lógica estructural del cambio tecnológico y evaluar comparativamente las posibilidades de desarrollo de países periféricos y semiperiféricos.

1.5. Estructura de la tesis

La tesis se organiza en cinco capítulos principales, además de la introducción y las conclusiones finales. Cada capítulo cumple un papel específico dentro de la narrativa general, avanzando desde las bases teóricas hasta el contraste empírico, y en conjunto buscan responder al interrogante central acerca de los obstáculos que enfrentan países periféricos como Argentina para conformar un núcleo endógeno de dinamización tecnológica.

A lo largo de estos capítulos se articula el andamiaje teórico, la instrumentación metodológica y la verificación empírica del argumento central: las jerarquías tecnológicas globales se comprenden mejor cuando se cruzan las lentes neoschumpeterianas con la perspectiva centro-periferia y se las mide mediante una matriz tecnoeconómica internacional.

El capítulo 1 constituye la elaboración del marco teórico de la tesis. Abre con las raíces clásicas y marxistas del cambio técnico, donde la innovación aparece como fenómeno

endógeno asociado a la división social del trabajo y la acumulación (sección 1.2). Luego incorpora los aportes de Albert O. Hirschman y Françoise Perroux para mostrar que el desarrollo avanza mediante efectos de arrastre y encadenamientos que producen crecimiento desequilibrado pero articulado (sección 1.3). Sobre esa base se integran los paradigmas tecnoeconómicos de Carlota Pérez y los patrones sectoriales de innovación de Keith Pavitt, que introducen la dimensión histórico-sectorial y la distinción entre ramas motrices, vectoras, inducidas y de enclave (sección 1.4). El foco se traslada al plano nacional con los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) o STN, destacando la institucionalización del aprendizaje y la difusión (sección 1.5). El cierre propone el concepto de STN-p como síntesis entre evolucionismo y centro-periferia, anclando la discusión en una lectura estructural del sistema mundial (sección 1.6).

El segundo capítulo traduce el andamiaje teórico en un dispositivo empírico que permite observar la estructura material de la difusión tecnológica a escala internacional. Su punto de partida es el modelo de Perroux (1973) sobre el espacio económico y los efectos de arrastre, reformulado aquí como espacio tecnoeconómico: un marco donde se representan los flujos intersectoriales de conocimiento incorporado y los vínculos tecnológicos que conectan producción e innovación (sección 2.2). A partir de una revisión crítica de las metodologías existentes —matrices de invenciones, innovaciones y tecnoeconómicas—, el capítulo justifica la necesidad de construir una MTEI capaz de capturar la jerarquía mundial de los flujos de I+D incorporado (sección 2.3). Su elaboración se detalla a partir de las fuentes ICIO y ANBERD, que permiten integrar 35 economías y 32 ramas de actividad (sección 2.4). Sobre esa base se desarrollan los principales indicadores derivados y la clasificación funcional de sectores (ramas motrices, vectoras, inducidas y de enclave), así como la tipología de países según su inserción tecnoeconómica y las herramientas de SNA que permiten examinar la densidad estructural de los flujos (sección 2.5). El capítulo concluye destacando que su aporte no reside solo en la construcción de la MTEI, sino también en la instrumentación empírica del marco teórico del capítulo anterior, traduciendo categorías como paradigmas tecnoeconómicos, STN y jerarquías centro-periferia en variables observables y comparables (sección 2.6).

El tercer capítulo inaugura el análisis empírico de la tesis y aborda la estructura global del cambio tecnológico a partir de los flujos intersectoriales e internacionales de I+D incorporado. El estudio demuestra que la difusión tecnológica no es homogénea ni lineal, sino acumulativa y polarizada: un reducido grupo de ramas motrices y vectoras concentra

la generación y propagación de conocimiento, combinando sectores tradicionales tecnológicamente rejuvenecidos (maquinaria, química) con los emergentes del paradigma TIC (electrónica, software, servicios profesionales y digitales) (sección 3.2). Al trasladar el análisis al plano internacional, el capítulo identifica una jerarquía tripartita —centro, semiperiferia y periferia— basada en la intensidad, autosuficiencia y capacidad difusora de los países (sección 3.3). Esta clasificación revela que el poder tecnológico mundial se organiza como un sistema estructural de flujos: los países del centro concentran la generación y exportación de conocimiento, mientras que la periferia depende de la importación de tecnologías en casi todos los sectores y la semiperiferia oscila entre ambos extremos. El entrecruzamiento de las dimensiones sectorial y territorial (sección 3.4) confirma que la posición de cada país en la jerarquía global depende de su articulación con las ramas núcleo del paradigma. Finalmente, el capítulo relee estos resultados con el diamante de Pavitt, mostrando que los Sistemas Tecnológicos Nacionales periféricos (STN-p) presentan pilares incompletos en los grupos “basados en ciencia” y “proveedores especializados”, lo que explica su débil capacidad de arrastre e innovación (sección 3.5). Estos hallazgos validan empíricamente las hipótesis 1 y 2 y preparan el terreno para el análisis comparado de trayectorias nacionales del capítulo siguiente.

El cuarto capítulo profundiza el análisis a escala nacional, comparando las trayectorias de Australia, Brasil, Canadá y Argentina para explicar cómo la industrialización, la apertura y la acumulación de capacidades configuraron distintos grados de autonomía tecnoeconómica (sección 4.2). A partir de un enfoque histórico-estructural, el estudio muestra que, pese a compartir una base primario-exportadora, estos países siguieron caminos divergentes según la articulación alcanzada entre recursos, industria y conocimiento. El análisis empírico revela que las redes tecnoeconómicas nacionales presentan morfologías diferenciadas (sección 4.3). Australia y Canadá exhiben núcleos endógenos selectivos, sostenidos en ingeniería aplicada, software y servicios tecnológicos vinculados a la minería y la energía (METS y complejos extractivos), aunque dependientes de capital extranjero en los bienes de capital estratégicos. Brasil muestra una base industrial más densa, con enclaves tecnológicos en petróleo, aeronáutica y biotecnología, pero fragmentados y subordinados a cadenas globales dominadas por empresas multinacionales (EMN). En contraste, Argentina evidencia una estructura desarticulada, donde los vínculos entre sectores motrices y vectoras son débiles y la

difusión del conocimiento depende de importaciones. El capítulo concluye contrastando las hipótesis 3 y 4 (sección 4.4): superar una inserción periférica exige núcleos endógenos difusores capaces de generar encadenamientos innovativos domésticos (H3), y las matrices tecnoeconómicas cristalizan trayectorias histórico-materiales (H4), revelando redes densas allí donde existieron procesos acumulativos de aprendizaje e instituciones estables, y fracturas donde predominaron rupturas y dependencia.

El capítulo final integra los aportes teórico-metodológicos con la evidencia empírica. Allí se reafirma la articulación entre estructura material y arreglos institucionales como clave de la posición internacional de los países y se propone una agenda de investigación organizada en cinco líneas: dependencia tecnológica; actores y coaliciones; geopolítica y gobernanza; recursos naturales y encadenamientos; y la construcción de un panel temporal de MTEI que permita captar la dinámica evolutiva del sistema.

Capítulo 1: Del cambio endógeno al desarrollo desigual: una lectura estructural del cambio tecnológico

1.1. Introducción

Este capítulo desarrolla el marco teórico que sustenta el enfoque estructural del cambio técnico adoptado en esta tesis. Su objetivo es reconstruir los principales aportes conceptuales necesarios para comprender por qué ciertas estructuras productivas tienden a inducir mayores capacidades de innovación que otras. La premisa central es que el cambio técnico no es un proceso aleatorio ni espontáneo, sino que se encuentra mediado por relaciones estructurales y jerárquicas entre sectores y tecnologías, así como por trayectorias históricas e institucionales cuyas propiedades condicionan la generación, difusión y apropiación del conocimiento tecnológico dentro de las naciones. Dichas relaciones constituyen, en última instancia, formas concretas que adopta el proceso de valorización del capital en su despliegue histórico.

El desafío teórico de este capítulo consiste en articular la perspectiva neoschumpeteriana del cambio tecnológico con la tradición estructuralista centro-periferia. Ambas ofrecen aportes indispensables pero parciales: la primera permite comprender la lógica sectorial de la innovación, las interdependencias tecnológicas y los procesos de difusión que estructuran cada paradigma tecnoeconómico; la segunda recuerda que estos procesos se despliegan dentro de un sistema jerárquico global, donde las oportunidades de aprendizaje y acumulación están condicionadas por asimetrías históricas y de poder. Integrar ambas miradas permite evitar una lectura tecnodeterminista del desarrollo: los sectores son relevantes como portadores materiales del cambio técnico, pero su potencial transformador depende de las condiciones estructurales, institucionales y geopolíticas que definen quién puede apropiarse del conocimiento generado.

Desde esta convergencia, el análisis adopta una lectura relacional y jerárquica del sistema mundial, en la que los países ocupan posiciones diferenciadas según su capacidad para generar, difundir y apropiarse del conocimiento tecnológico. Este enfoque permite pensar la posibilidad de trayectorias intermedias y de movilidad estructural que no se reducen a una dicotomía centro-periferia, sino que incluyen situaciones híbridas o transicionales.

En este sentido, la noción de semiperiferia se propone como una categoría analítica que permite comprender la diversidad de estrategias de articulación entre recursos naturales, industria y conocimiento, más que como un estadio dado del desarrollo.

El concepto de núcleo endógeno constituye el eje integrador de esta perspectiva: expresa la interacción entre las ramas pivote —aquellas con mayor capacidad difusora— y los actores sociales e institucionales que las sostienen, coordinan y expanden. De esta manera, el desarrollo se concibe no solo como un resultado sectorial, sino como un proceso político-tecnológico en el que la estructura productiva y la acción colectiva convergen para definir las posibilidades de cada país dentro de la jerarquía mundial.

El capítulo se estructura en cinco secciones. La primera reconstruye las raíces clásicas y marxistas del cambio técnico como proceso endógeno vinculado a la división del trabajo y la acumulación (sección 1.2). La segunda presenta los aportes de Hirschman y Perroux, quienes introducen la noción de encadenamientos productivos y efectos de arrastre como mecanismos de propagación del desarrollo (sección 1.3). La tercera aborda los paradigmas tecnoeconómicos de Carlota Pérez y los patrones sectoriales de innovación de Pavitt, que permiten comprender la estructura jerárquica y acumulativa del cambio tecnológico (sección 1.4). La cuarta traslada la discusión al plano nacional mediante los conceptos de SNI y STN (sección 1.5), y la quinta articula estas categorías con la estratificación centro-periferia, formulando la noción de Sistemas Tecnológicos Nacionales periféricos (STN-p) como marco explicativo del desarrollo desigual contemporáneo (sección 1.6).

1.2. Desde dentro: el cambio económico como proceso endógeno en la tradición smithiana

Es en el campo de la economía política (y su posterior crítica) donde el concepto de división del trabajo —aunque preexistente como idea general— aparece destacado como el proceso pivote para desarrollar una explicación sistemática del cambio económico. Tanto en la tradición clásica como en la marxista, esta noción cumple un papel clave al vincular el crecimiento económico con una transformación progresiva de las estructuras productivas. En ese universo teórico, Adam Smith fue el primero en otorgar a la división del trabajo un lugar fundacional, al relacionarla directamente con el aumento de la productividad y la expansión del mercado (Smith, 1958). La perspectiva smithiana ofrece

una entrada conceptual consistente con los objetivos metodológicos de esta tesis.² En particular, su abordaje resulta especialmente fructífero para reconstruir las formas concretas que adopta el desenvolvimiento económico de las naciones en términos de las relaciones entre especialización, innovación y articulación intersectorial, posteriormente retomadas y ampliadas por enfoques estructuralistas.

Smith argumenta que la división del trabajo surge de una disposición natural de los seres humanos a intercambiar, negociar y comerciar.³ Esta división implica especialización productiva y, con ello, incrementos de productividad y ampliación de las posibilidades de intercambio mercantil. La relación positiva entre especialización y productividad opera a partir de tres canales: a) el desarrollo de una mayor destreza, ya que dedicarse a una sola actividad permite atravesar más rápidamente las curvas de aprendizaje de un oficio; b) el ahorro de tiempo al no tener que pasar de una actividad a otra; y c) la invención de nuevas herramientas y/o maquinaria que sigue, al menos en las etapas iniciales de la industrialización, a la simplificación de las actividades productivas. Nótese que en los primeros dos ítems la división del trabajo está asociada a lo que la literatura contemporánea de la innovación vincula con cambios —o innovaciones— organizacionales, mientras que el último se convierte en fuente de innovaciones técnicas.

El análisis de los beneficios de productividad derivados de la división del trabajo (y sus efectos sobre el progreso técnico) va más allá del alcance interno de las firmas —“división técnica del trabajo”—, e incluye su dimensión social —“división social del trabajo”—.⁴ Ambos procesos están íntimamente relacionados. Para que se concrete una división social es condición previa que se hayan desarrollado las condiciones técnicas necesarias para su

² Si bien Karl Marx (2008) desarrolla un análisis más exhaustivo y coherente desde el punto de vista crítico —especialmente al conectar la división técnica del trabajo con la competencia capitalista, la acumulación y la valorización del capital—, su análisis está orientado a develar la dinámica interna del modo de producción capitalista, lo cual, excede los alcances de esta tesis.

³ Este es uno de los puntos más débiles del análisis smithiano por carecer de una base histórica o social más concreta. Marx, en contraste, atribuye a la división del trabajo un carácter histórico-específico del modo de producción capitalista, donde emerge como expresión funcional de las condiciones de valorización del capital. Esta diferencia es clave para entender las inconsistencias que atraviesan la teoría del valor en Smith, en la medida en que su análisis mezcla fundamentos objetivos (trabajo incorporado) con explicaciones derivadas del intercambio mercantil.

⁴ Así como nos referimos a la división del trabajo en términos verticales, otros autores destacan la existencia de una división de trabajo horizontal asociada a procesos de “subcontratación por capacidad”, es decir, la contratación por parte de una empresa no ya de un insumo, una parte, un proceso o un servicio que no realiza, sino de bienes o servicios terminados que completan su propia oferta (Holmes, 1986).

despliegue socialmente autónomo.⁵ Pero, al mismo tiempo, el desarrollo de dichas condiciones técnicas no garantiza por sí mismo que ese proceso se materialice.⁶

El motor de la ampliación de la división social del trabajo, según Smith, es la extensión del mercado.⁷ La mayor productividad que se deriva de esta división solo encuentra sentido económico si existe una demanda suficiente que absorba el excedente generado. Cuanto más amplio sea el mercado —ya sea por expansión geográfica, mejoras en el transporte o integración comercial—,⁸ mayor será el estímulo para introducir cambios en el proceso de trabajo con el objetivo de fomentar la eficiencia productiva. De aquí puede afirmarse que la división del trabajo en el pensamiento smithiano es, ante todo, un proceso endógeno a las fuerzas de expansión de la economía.

Stigler (1951) extiende este análisis para desarrollar una teoría de la firma. Según el autor, las industrias en sus primeras etapas tienden a estar integradas verticalmente porque el mercado aún no permite la existencia de firmas especializadas. A medida que las industrias crecen, se produce una desintegración vertical —es decir, una ampliación de la división social del trabajo— y una mayor especialización de funciones entre empresas. De forma inversa, en fases de declive o maduración muchas funciones vuelven a ser internalizadas por las firmas, ya que la escala ya no justifica la existencia de proveedores

⁵ “Las *mules*, las máquinas de vapor, etc., existieron antes que hubiera obreros cuya única ocupación fuera fabricar máquinas de vapor, *mules*, etc., del mismo modo que el hombre ha usado vestidos antes que hubiera sastres.” (Marx, 2008, pág. 464).

⁶ Smith no desarrolló una teoría de la firma en sentido moderno; su análisis distingue la división técnica del trabajo y la división social del trabajo únicamente como una diferencia de escala, sin conceptualizar a la empresa como unidad analítica autónoma.

⁷ Marx establece una relación inversa: la forma mercantil presupone una organización social basada en productores privados e independientes, lo que implica una división social del trabajo ya constituida. En su enfoque, la existencia misma de la mercancía —como unidad de valor de uso y valor de cambio— requiere una estructura social donde los trabajos individuales estén separados pero conectados a través del intercambio. Por tanto, la división del trabajo no resulta de la expansión del mercado, sino que es su presupuesto histórico y social.

⁸ Alice Amsden (1977), aporta que no solo el tamaño del mercado (en términos de poder adquisitivo agregado) condiciona la división del trabajo, sino también el tipo de mercado, es decir, el ingreso promedio por unidad de consumo. Por ejemplo, dos mercados con igual poder adquisitivo total pueden tener capacidades muy distintas para absorber bienes con alta elasticidad ingreso (por ejemplo, bienes de capital tecnológicamente sofisticados). Esto significa que la posibilidad de adoptar tecnologías más avanzadas o una mayor especialización productiva no solo requiere una ampliación cuantitativa del mercado, sino una mejora cualitativa en la demanda efectiva, lo que implica acumulación de capital e incremento en el ingreso per cápita.

externos. De este modo, el desarrollo industrial implica un proceso dinámico de integración y desintegración funcional según la evolución del mercado.

La perspectiva de que la división del trabajo depende de la extensión del mercado ha llevado a varios autores a interpretar que en Smith subyace una idea *demand-led* del cambio tecnológico. Sin embargo, Young (1927) reformula el enunciado original de Smith para afirmar, de manera no tautológica, que “la división del trabajo depende de la extensión del mercado, y la extensión del mercado depende de la división del trabajo” (Young, 1927, p. 533). Según este autor, en el pensamiento smithiano opera un mecanismo de causalidad circular y acumulativa, en el cual el mercado no es un espacio exógenamente definido donde compiten empresas con productos sustitutos —tal como lo plantearía el análisis de equilibrio parcial marshalliano—, sino una red de relaciones mercantiles que se expande a medida que se amplía la división social del trabajo vis a vis métodos productivos más complejos (*roundabout methods of production*). El mercado, entonces, no es solo un lugar de intercambio, sino una construcción social e histórica que refleja la estructura cambiante de la producción.

La interdependencia y el intercambio de información constituyen la contrapartida natural de la especialización. A partir del estudio de la formación de firmas especializadas en la producción de bienes de capital, Rosenberg (1963) añade a la tesis smithiana que no basta con la expansión de una industria para explicar la emergencia de nuevos sectores productores de maquinaria o insumos específicos.⁹ Para que estos puedan consolidarse es necesario que múltiples sectores compartan requerimientos técnicos similares; es decir, que se produzca un proceso de convergencia tecnológica. Esta convergencia, al generar una demanda común por soluciones técnicas análogas —como la precisión mecánica o el trabajo sobre metales—, permite alcanzar la escala necesaria para que emerjan las denominadas firmas especializadas de bienes de capital. Las virtudes de este proceso no

⁹ Sin embargo, la convergencia tecnológica no es exclusiva del trabajo del metal, sino un fenómeno potencialmente recurrente, siempre que exista una tecnología clave compartida por múltiples industrias que resuelva problemas técnicos comunes. De hecho, el autor se pregunta al final del artículo si, en el presente (década de 1960), la química y la electrónica podrían estar ocupando el lugar que tuvo la máquina-herramienta: “A question of more contemporary interest is whether similar technological convergences are occurring in twentieth-century conditions; whether, for example, the chemicals and electronics industries are playing the same roles of information production and transmittal that machine tools played at an earlier stage in our history” (Rosenberg, 1963, 443).

se limitan a habilitar una mayor profundización de la división social del trabajo, sino también a acelerar la generación y difusión intersectorial del progreso técnico.

En síntesis, la tradición iniciada por Adam Smith permite establecer una primera lectura del cambio técnico como resultado del crecimiento económico, anclado en la expansión de la división del trabajo. Este enfoque ofrece una interpretación mesodinámica de la innovación, en tanto su explicación del cambio técnico se organiza en torno a unidades intermedias —tareas, oficios y firmas— y a los patrones de articulación que emergen de su interacción en mercados en expansión. Aunque parte de componentes concretos, la dinámica smithiana no se limita al análisis individual, sino que apunta a comprender cómo se reconfigura el sistema productivo en su conjunto a partir de la ampliación de las conexiones entre funciones productivas especializadas. Más que una condición de eficiencia, la división del trabajo aparece como un mecanismo dinámico de transformación estructural estrechamente vinculado a las características y evolución del mercado.

Esta interpretación del cambio técnico como proceso endógeno y acumulativo habilita una lectura del cambio técnico desde estructuras agregadas, jerarquías sectoriales y relaciones espaciales asimétricas, que será desarrollada en la próxima sección.

1.3. Más allá del equilibrio: encadenamientos, desequilibrios y estructuras inductoras en el desarrollo

Se ha discutido que la división del trabajo, lejos de ser una mera cuestión técnica o microeconómica, constituye un principio estructurante del cambio económico. Su expansión se asocia con la evolución de las estructuras productivas bajo la presión de la competencia y la ampliación de los mercados. A medida que crece la escala del sistema económico, se multiplican las funciones diferenciadas, se diversifican los sectores y se intensifica la interdependencia entre actividades. Desde esta perspectiva, las estructuras productivas y su cambio técnico pueden entenderse como un proceso evolutivo que sigue el ritmo y la dirección que adopta esa expansión diferenciada.

La contracara de la ampliación de la división social del trabajo es la conformación —y transformación— de un conjunto de relaciones funcionales e interdependencias entre sus diversos actores y actividades productivas. La especialización de tareas que desarrolla cada establecimiento no se define de forma aislada, sino en el marco de un sistema de relaciones con otros actores en el que circulan tanto mercancías como otros tipos de flujos

(por ejemplo, tecnológicos o financieros). De este modo, el análisis del cambio técnico requiere prestar atención no solamente a lo que ocurre dentro de cada microentidad, sino también al sistema de relaciones en el que cada una de ellas se desenvuelve.

Esta perspectiva estuvo presente en autores estructuralistas al momento de identificar y comprender la naturaleza de estas interdependencias en el marco del desarrollo de diagnósticos y lecciones para las economías en desarrollo a partir del estudio de la estructura económica de los países industrializados de mediados del siglo XX. En particular, aquí se presentarán los aportes de dos de los autores más importantes de esta línea que, frente a otras propuestas, tuvieron la particularidad de ofrecer una lectura del cambio estructural basada en mecanismos de propagación y difusión de innovaciones.

Por un lado, el concepto de encadenamientos productivos formulado por Albert Hirschman (1958, 1977) y, por otro, la teoría de los polos de crecimiento propuesta por François Perroux (1955). Ambos autores permiten pensar el cambio estructural como un fenómeno inducido, desigual y articulado, apoyado en interdependencias técnicas y espaciales que contribuyen a explicar las trayectorias divergentes del desarrollo económico.

1.3.1. Hirschman y los encadenamientos productivos: el desarrollo como secuencia de tensiones inducidas

La propuesta de crecimiento desequilibrado que Hirschman desarrolla en *The Strategy of Economic Development* (1958) surge como una crítica directa a las teorías del crecimiento balanceado predominantes en la posguerra. Estas teorías, representadas por autores como Rosenstein-Rodan (1943), Nurkse (1953) y Lewis (1954), planteaban que las economías subdesarrolladas necesitaban impulsar múltiples sectores de manera simultánea para superar los estrechos límites del mercado interno y generar externalidades de escala. Hirschman consideraba que esta propuesta era excesivamente esquemática y poco operativa, ya que demandaba condiciones institucionales y de planificación que rara vez estaban presentes en las economías en desarrollo.

En lugar de asumir un crecimiento armonioso que evitara cuellos de botella, Hirschman propone precisamente lo contrario: el desarrollo económico avanza a través de desequilibrios inducidos, es decir, mediante inversiones iniciales que generan tensiones estructurales y oportunidades en otros sectores. Esta secuencia de desequilibrios, lejos de representar una falla, constituye el mecanismo mismo del desarrollo, ya que obliga a la

economía a movilizar recursos y capacidades para resolver nuevas demandas y aprovechar oportunidades emergentes.

El mecanismo a través del cual los desequilibrios iniciales generan nuevas inversiones se centra en lo que Hirschman (1958) denomina “encadenamientos productivos” (*linkages*). Los encadenamientos productivos son relaciones funcionales entre actividades económicas mediante las cuales una inversión en un sector genera, directa o indirectamente, incentivos y presiones para que se realicen nuevas inversiones en otros sectores. Originalmente, el autor distingue dos tipos de encadenamientos:¹⁰

- Encadenamientos hacia atrás (*backward linkages*): son aquellos que generan demanda de insumos, bienes de capital o servicios. Cuando una nueva actividad productiva requiere insumos que aún no se producen localmente, se crean incentivos para que otros sectores inviertan en producirlos. Por ejemplo, la creación de una industria textil genera demanda de productos químicos, maquinaria o electricidad, estimulando el desarrollo de esos sectores.
- Encadenamientos hacia adelante (*forward linkages*): son aquellos que proporcionan insumos a otras actividades productivas. Cuando se establece una industria, sus productos pueden ser utilizados como insumos por otras industrias, facilitando su desarrollo posterior. Por ejemplo, una planta siderúrgica produce acero que luego puede utilizarse en la construcción, la industria automotriz o la producción de maquinaria.

A partir del concepto de encadenamientos, el autor propone categorizar las industrias según la jerarquía y tipología de sus interdependencias. Las “industrias maestras” constituyen el núcleo de mayores encadenamientos hacia atrás y hacia adelante. A su

¹⁰ En su texto *A Generalized Linkage Approach to Development* (1977), Hirschman amplía la noción de encadenamientos más allá de los productivos. Propone, entre otros, los “encadenamientos de consumo”, que surgen cuando el aumento del ingreso proveniente de una actividad primaria genera demanda para bienes que eventualmente pueden ser producidos localmente; y los “encadenamientos fiscales”, donde el Estado canaliza parte del excedente extraído del sector exportador hacia inversiones en otros sectores. A ello se suman los encadenamientos institucionales o de bienes públicos, donde la presión de ciertos sectores obliga al Estado a proveer infraestructura o servicios colectivos. Finalmente, Hirschman (1977) distingue entre encadenamientos internos (desarrollados por los mismos agentes que producen el bien original) y externos (desarrollados por actores diferentes, como el Estado o inversores extranjeros), aportando una dimensión política al análisis de los procesos de desarrollo.

alrededor se distinguen dos tipos de actividades: i) industrias satélites, que surgen casi automáticamente por proximidad, uso de subproductos o provisión de insumos menores, con escala reducida (por ejemplo, la producción de bolsas de papel para una cementera); y ii) industrias no satélites, cuyo vínculo con la industria maestra es más indirecto, exige mayor escala y puede inducir procesos de diversificación productiva más profundos (por ejemplo, la producción de papel y celulosa a partir de la industria papelera o el desarrollo de la metalmecánica a partir de la siderurgia).

El motor del crecimiento, entonces, no es la planificación total sino la activación de encadenamientos productivos y decisorios. A diferencia de un *big push* de inversiones coordinadas en múltiples industrias —como proponen los autores del crecimiento balanceado—, el desafío consiste en identificar aquellas industrias que ocupan un rol nodal por la cantidad y el peso de los encadenamientos que estimulan. Esto lleva a Hirschman a sugerir que la capacidad de una industria para activar encadenamientos productivos puede aproximarse mediante el uso de técnicas insumo-producto aplicadas a economías desarrolladas.¹¹

La utilización de este instrumento se propone como un “experimento mental”, dado que las matrices insumo-producto revelan interdependencias industriales asincrónicas y ex post. El ejercicio consiste en imaginar una situación hipotética en la que no existe ninguna industria en un país y se decide instalar una sola actividad productiva, sin otras restricciones que las de consistencia económica básica (por ejemplo, que pueda producir utilizando insumos disponibles o importados y que exista demanda potencial por su producto). En ese escenario controlado, la pregunta relevante es: ¿qué otras industrias tenderían a emerger como consecuencia de la instalación de esa primera actividad?

Es necesario, sin embargo, ser cauteloso con las conclusiones derivadas de este ejercicio. La industria con mayor número de encadenamientos según estas tablas puede no ser la que primero se instaló e incluso, en un caso extremo, podría haber sido la última. Por ejemplo, entre los hallazgos del ejercicio empírico de Hirschman (1958) se identifica a la industria de molienda de granos como la de mayor valor de “encadenamiento hacia atrás”.

¹¹ Para ello cita los resultados del trabajo de Chenery y Watanabe (1956), y el refinamiento de los indicadores de dispersión de Rasmussen (1956).

No obstante, como señala el propio autor, “*it is highly unrealistic to think of wheat and rice cultivation as being ‘induced’ by wheat and rice mills; rather the mills must be regarded as satellites (through forward linkage) of the foodcrop-growing activities*” (Hirschman, 1958, pp. 107–108).

Hirschman (1977) subraya que varios estudios empíricos omitieron esta advertencia metodológica presente en su obra original:¹²

[...] 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)

En el mismo texto, el autor añade una crítica a su propio trabajo anterior: no haber enfatizado suficientemente que la instalación de una industria madre no constituye una condición suficiente para que emerjan las actividades funcionalmente asociadas a ella. Incluso si se instala un sector con alto potencial de encadenamientos —como el acero, la petroquímica o la maquinaria—, no se sigue automáticamente que surgirán industrias proveedoras o usuarias. La activación de estos vínculos requiere condiciones institucionales, capacidades tecnológicas locales, actores con incentivos adecuados y, con frecuencia, intervenciones deliberadas del Estado. Hirschman reconoce que en su formulación inicial subestimó las barreras tecnológicas y organizacionales que dificultan el surgimiento de estos eslabonamientos, especialmente cuando implican tecnologías ajenas a los conocimientos y prácticas existentes en la economía local —lo que denomina “extrañeza tecnológica”.

En definitiva, los encadenamientos productivos representan posibilidades más que certezas. Son oportunidades históricamente mediadas cuyo despliegue expresa una secuencia de tensiones inducidas más que un equilibrio planificado. Su concreción depende de múltiples factores —tecnológicos, institucionales y organizacionales— y, en

¹² Del mismo modo, destaca los trabajos de la denominada *staple theory* como fieles a la propuesta dinámica de su concepto original de los encadenamientos productivos.

muchos casos, de intervenciones deliberadas para superar los obstáculos que enfrentan las economías periféricas.

1.3.2. Perroux y los polos de desarrollo: espacio económico, inducción y jerarquías estructurales

En el pensamiento de François Perroux, el desarrollo económico no ocurre de manera homogénea ni simultánea en todos los sectores o regiones, sino que se manifiesta con intensidad variable en determinados puntos o polos desde los cuales se expande a través de canales de interdependencia técnica, económica y social, influenciando así a sectores inducidos y regiones dependientes (Perroux, 1955). Estos puntos se denominan “polos de crecimiento” (*pôles de croissance*) y se definen como complejos industriales típicamente articulados en torno a una o varias “industrias motrices”. A su vez, estas se asocian con industrias caracterizadas por altas tasas de crecimiento, fuerte concentración de capital y, especialmente, una elevada capacidad para generar “efectos de arrastre” (*effets d'entraînement*), induciendo transformaciones estructurales en otras industrias.

La definición de los efectos de arrastre es más compleja que la de los encadenamientos productivos de Hirschman. Ello se vincula con la discusión crítica que Perroux desarrolla sobre la noción de espacio dentro del pensamiento económico. Frente a la visión heredada de la economía política clásica y neoclásica —que asume que el espacio económico coincide con el territorio político y que las distancias económicas se corresponden con las distancias físicas—, Perroux (1950) propone una concepción abstracta y relacional del espacio que permita dar cuenta de la complejidad de las interacciones productivas, tecnológicas e institucionales en el capitalismo moderno.¹³

Esta crítica se dirige a lo que Perroux denomina “espacio banal”, es decir, una representación del espacio nacional como contenedores neutrales de agentes y actividades. Según esta visión, los países aparecen como “grandes individuos” con funciones de producción y consumo agregadas, y las relaciones económicas entre unidades se conciben como meramente externas. Este enfoque impide captar las

¹³ La crítica de Perroux a la noción de “espacio banal” y su propuesta de un espacio económico relacional anticipa debates contemporáneos en la geografía económica. En particular, se relaciona con los enfoques de “proximidad relacional” (Torre y Rallet, 2005) y “geografías de la innovación” (Storper, 1997; Boschma, 2005), que subrayan que la influencia entre actores económicos no se determina simplemente por la distancia física, sino por la estructura de interacciones funcionales, tecnológicas e institucionales.

dinámicas jerárquicas y de inducción que verdaderamente estructuran el desarrollo desigual. En cambio, Perroux propone una concepción topográfica del espacio en la que las posiciones de los agentes no dependen de su geolocalización, sino de su capacidad de irradiar influencia económica. En particular, distingue tres formas de espacio económico abstracto (Perroux, 1950):

- Espacio definido por un plan: es un espacio económico en el que las unidades están conectadas y organizadas por una lógica común de decisión o planificación. Las acciones de los distintos actores responden a una estructura centralizada de coordinación —como una empresa integrada, un plan estatal o una estrategia común— que define jerarquías funcionales, secuencias de producción y asignación de recursos.
- Espacio como agregado homogéneo: es un espacio económico en el que las unidades operan bajo condiciones similares de competencia, normas e instituciones. Cada unidad actúa individualmente, pero comparte un marco común de reglas del juego. Este tipo de espacio supone cierta homogeneidad institucional que permite la comparación y agregación de resultados económicos como si se tratara de un gran mercado.
- Espacio como campo de fuerzas: es un tipo de espacio económico en el que ciertas unidades —como empresas, sectores o territorios— ejercen una influencia activa sobre otras. Estas fuerzas pueden ser centrípetas —atrayendo recursos, personas y actividades— o centrífugas —repeliendo, subordinando o limitando el desarrollo de otras unidades— y no dependen de la cercanía física ni de normas compartidas, sino del poder económico que una unidad tiene para modificar el comportamiento o las condiciones de otras. Este espacio se configura a partir de relaciones de fuerza desiguales que organizan el desarrollo económico de manera jerárquica y dinámica.

A partir de esta conceptualización pueden delinearse al menos dos ejes de discusión de interés para esta tesis. En primer lugar, la concepción de espacio económico de Perroux permite trascender las coordenadas geográficas o político-administrativas, mostrando que los efectos de arrastre generados por las industrias motrices no necesariamente se despliegan en función de la proximidad geográfica. Si bien las tres formas de espacio económico propuestas por el autor pueden verse condicionadas por la cercanía territorial, lo que subrayan es que el radio de influencia de un polo de crecimiento puede extenderse mucho más allá de su entorno inmediato, configurando redes de dominación o

subordinación estructuradas a partir de relaciones funcionales, institucionales o tecnológicas.

En segundo lugar, la noción de *effets d'entraînement*, en esta interpretación del espacio económico, permite pensar una gama de efectos inducidos que incluye —pero también amplía y complejiza— aquellos más vinculados a los encadenamientos productivos clásicos. Esta concepción topológica del espacio económico, que admite múltiples tipos de relaciones estructurantes, se refleja con claridad en el célebre pasaje de Perroux (1955) sobre la forma espacialmente asimétrica en que se distribuye el crecimiento económico:

El crecimiento no se presenta en todas partes al mismo tiempo; al contrario, se manifiesta en ciertos puntos o polos de crecimiento con intensidades variables y se propaga por diversos canales y con efectos finales variables dentro del conjunto de la economía. (Perroux, 1955, p. 2)

En trabajos posteriores, Perroux (1973) desarrolla una tipología de los efectos de arrastre que clarifica los distintos canales a través de los cuales se manifiestan los polos de crecimiento: efectos por flujo, por productividad y por inversión, cuyo desarrollo detallado se presenta en la sección 2.2.1 del siguiente capítulo.

De forma similar a lo que ocurrió con el concepto de encadenamientos productivos, los seguidores de Perroux tendieron a acotar la noción de polos de crecimiento en función de la mayor facilidad para modelizar e instrumentar políticas en torno al espacio de planificación, priorizando los efectos “por flujo” e “inversión”. Esta operación teórica y metodológica implicó dejar de lado los aspectos más abstractos y transformadores de la propuesta original —en particular, la noción de espacio como campo de fuerzas y los efectos por productividad—, privilegiando una visión más funcionalista del desarrollo económico. Como advierte Brookfield (2011), esta reinterpretación redujo el potencial explicativo del concepto, despojándolo de su capacidad crítica para pensar la estructura jerárquica del espacio económico y las dinámicas de innovación inducida entre sectores.

Cabe agregar que, en la práctica, los diferentes espacios abstractos pueden solaparse, dando lugar a que los distintos efectos de arrastre se desarrollen entre los mismos actores. El caso más sencillo —y de particular interés para el trabajo empírico de esta tesis— es aquel en el que las relaciones insumo-producto funcionan, al mismo tiempo, como canales de difusión de tecnologías y/o aprendizajes colectivos. Esto significa que una misma relación intersectorial puede condensar simultáneamente efectos de flujo, inversión y

productividad, articulando así dimensiones materiales y cognitivas del cambio técnico dentro de una red de interdependencias acumulativas.

Esta problemática se vuelve central en el capítulo 2, donde se detalla la estrategia metodológica de esta tesis para identificar encadenamientos productivos con potencial tecnológico en el cruce entre relaciones insumo-producto y capacidades de innovación.

A partir de esta relectura de los efectos de arrastre como mecanismos jerárquicos y tecnológicamente diferenciados, es posible establecer un puente con marcos teóricos contemporáneos que retoman esta intuición estructural. En particular, permite reinterpretar los efectos de arrastre en clave de poder estructurante, anticipando una lectura del cambio técnico que será retomada por enfoques contemporáneos como el de los paradigmas tecnoeconómicos, que también enfatizan la dimensión transformadora, la direccionalidad y la naturaleza jerárquica de las innovaciones en los distintos sectores de la economía.

1.4. De los Paradigmas tecnoeconómicos al diamante de Pavitt: patrones sectoriales en la estructuración desigual del espacio económico

1.4.1. Carlota Pérez, revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos

La propuesta de Carlota Pérez (1986, 2004, 2010) retoma de forma integrada el interrogante acerca de cómo y por qué se polariza el cambio tecnológico tanto en el espacio industrial como en el espacio temporal. Describe los factores que definen el ritmo y la dirección que adopta el cambio técnico como un proceso estructurado, basado en interdependencias y jerarquías entre tecnologías y ramas productivas núcleo. La lógica de este proceso no es fija, sino que varía históricamente según principios de distinta naturaleza —tecnológica, económica, institucional, social y político-geopolítica— en cada etapa del capitalismo, lo que permite identificar distintas formas cualitativas de acumulación y transformación estructural a lo largo del tiempo.

Para ello, la autora propone el concepto de paradigma tecnoeconómico (PTE), que condensa la lógica estructural que orienta el cambio técnico durante una determinada etapa del capitalismo. Un paradigma tecnoeconómico constituye una guía de “sentido común” que estructura la toma de decisiones en múltiples niveles —empresarial, institucional y social— para desplegar el potencial de creación de riqueza habilitado por cada revolución tecnológica. Esta guía está compuesta por un conjunto de principios técnicos, económicos y organizativos que definen una nueva frontera de eficiencia,

reestructurando tanto la oferta tecnológica como las demandas sociales, los hábitos de consumo y las formas de organización institucional.

Desde esta perspectiva, el cambio técnico no puede entenderse a partir de tecnologías individuales, sino como el despliegue interdependiente de conjuntos de tecnologías articuladas en lo que Pérez denomina “sistemas tecnológicos”.¹⁴ La capacidad transformadora de las tecnologías individuales sobre las estructuras productivas solo se comprende plenamente cuando se las considera como parte de un conjunto tecnológico más amplio e interrelacionado. Esta noción remite a la idea de paradigmas tecnológicos¹⁵ y trayectorias tecnológicas introducida por Giovanni Dosi (1982) y desarrollada por autores como Nelson y Winter (1982), donde el progreso técnico se organiza en torno a senderos de innovación delimitados por marcos cognitivos, procesos acumulativos de aprendizaje y estructuras de costos. Los sistemas tecnológicos, en este sentido, pueden interpretarse como el nivel meso en el que dichas trayectorias interactúan, se refuerzan mutuamente y configuran espacios estructurados de aprendizaje.

La aparición de una nueva tecnología genera oportunidades técnicas y productivas, pero también impone exigencias organizativas, infraestructurales e institucionales que impulsan un proceso de transformación estructural. Estas transformaciones tienden a extenderse a múltiples ramas productivas y pueden dar lugar a la formación de sectores enteramente nuevos, en la medida en que las innovaciones inducen ajustes complementarios a lo largo de la estructura productiva. Con el tiempo, estas dinámicas conforman trayectorias tecnológicas coherentes, guiadas por los principios de eficiencia y organización establecidos por el paradigma tecnoeconómico dominante.

El concepto de sistema tecnológico permite captar la interrelación de tecnologías a nivel meso, pero no constituye el nivel más general para comprender la transformación estructural. Como ya señalaba Schumpeter (1939), existen innovaciones radicales cuyo

¹⁴ Cabe advertir que el uso del término “sistema tecnológico” por parte de Carlota Pérez no debe considerarse una extensión del concepto de Sistemas Tecnológicos Nacionales (STN) utilizado en esta tesis (ver sección 1.5.2).

¹⁵ La noción de paradigma tecnoeconómico desarrollada por Carlota Pérez se inspira en el concepto de paradigma tecnológico de Dosi (1982), pero lo amplía sustancialmente. Mientras que Dosi se concentra en los principios técnicos y científicos que orientan la evolución de tecnologías dentro de una industria, Pérez articula esta lógica con aspectos económicos, organizacionales e institucionales, permitiendo interpretar transformaciones estructurales a escala sistémica.

alcance sobre el conjunto del aparato productivo es tal que provocan verdaderas revoluciones tecnológicas. Estas se configuran como constelaciones de sistemas tecnológicos —un “sistema de sistemas”— articulados en torno a un insumo (o conjunto de insumos) que imprime una lógica común de eficiencia y transformación al paradigma tecnoeconómico en su conjunto. A este insumo se lo denomina “factor clave”, tratándose del vector central para la incorporación y difusión del nuevo paradigma.¹⁶

Desde el plano sectorial-productivo, la autora identifica que la difusión del paradigma se corresponde con un cambio estructural basado en un sistema jerárquico de tecnologías e industrias definido a partir de su relación con este factor clave. En particular, las industrias núcleo de cada revolución pueden agruparse en cuatro categorías principales (Pérez, 2010):

- Ramas motrices: son las productoras del insumo clave que caracteriza a cada revolución. Se trata de insumos con bajo costo, amplia disponibilidad y alta aplicabilidad, como lo fueron los semiconductores en la revolución digital o el petróleo en la revolución de la producción en masa. Estas ramas ocupan una posición central en el nuevo paradigma al proveer el recurso básico sobre el que se construyen las nuevas lógicas de eficiencia.
- Ramas vectoras: son las principales usuarias del insumo clave y difunden de manera visible las nuevas posibilidades tecnológicas. Representan los productos paradigmáticos de cada revolución —como los computadores personales o los teléfonos móviles en la actual revolución informática— y actúan como “pivotes” que materializan y masifican el uso del nuevo insumo, facilitando su adopción y legitimación en otras ramas.
- Ramas inducidas: comprenden aquellas industrias que, sin situarse en la vanguardia tecnológica, experimentan transformaciones profundas a partir de la difusión del nuevo paradigma. Muchas veces son ramas preexistentes que se modernizan, adaptan

¹⁶ Para cumplir dicha tarea el factor clave debe verificar simultáneamente varias condiciones: a) bajo costo, b) disponibilidad ampliada, c) posibilidades de mejora continua y d) aplicabilidad transversal. Más allá del potencial de oportunidades técnicas que pueda abrir —ítem c) y d)—, un insumo solamente puede convertirse en factor clave si se revela lo suficientemente conveniente en términos de costos relativos a largo plazo —ítem a) y b)—, generando expectativas tales que convenzan a los agentes responsables de tomar decisiones de largo plazo.

o expanden para acompañar la propagación de las tecnologías núcleo, como ocurrió con la construcción suburbana en la era fordista, que estimuló nuevas formas de consumo y organización territorial.

- Infraestructura: incluye aquellas redes técnicas y físicas que permiten el despliegue y la generalización del paradigma. Estas infraestructuras redefinen las condiciones del mercado, del transporte, la energía y la información, extendiendo las fronteras de aplicación de las tecnologías núcleo. En la actualidad, Internet, los data centers, la fibra óptica, las redes eléctricas inteligentes y las plataformas logísticas digitales constituyen ejemplos de estas infraestructuras fundamentales.

En el marco de este despliegue teórico-conceptual, la autora divide la historia del capitalismo en cinco grandes periodos (cuadro 1). La primera revolución, basada en la mecanización textil y la energía hidráulica (desde 1771), introdujo la fábrica moderna y sentó las bases del sistema fabril. La segunda, impulsada por el vapor y los ferrocarriles (desde 1829), expandió el transporte y la producción en escala. La tercera revolución, centrada en el acero, la electricidad y la ingeniería pesada (desde 1875), facilitó la urbanización y los grandes sistemas infraestructurales. La cuarta, protagonizada por el petróleo, la producción en masa y la industria automotriz (desde 1908), reconfiguró el consumo y la vida suburbana. Finalmente, la revolución microelectrónica (desde 1971) introdujo la digitalización, las telecomunicaciones y el paradigma de redes, orientando la economía hacia la flexibilidad, la información y la conectividad global.

Cuadro 1. Características principales de cinco paradigmas tecnoeconómicos

Año del Big Bang	Revolución tecnológica	País núcleo	Factor clave	Ramas núcleo
1771	“Revolución industrial”	Inglaterra	Energía hidráulica, maquinaria textil	Motrices: maquinaria textil, hierro forjado Vectoras: herramientas mecánicas Infraestructura: canales, carreteras, molinos de agua mejorados
1829	Era del Vapor y Ferrocarriles	Inglaterra	Carbón y vapor	Motrices: ferrocarriles, locomotoras Vectoras: construcción, minería de carbón Infraestructura: vías férreas, telégrafo, puertos
1875	Era del Acero, Electricidad e Ingeniería pesada	EE.UU. y Alemania	Acero barato, electricidad	Motrices: acero, equipos eléctricos, químicos pesados Vectoras: papel, alimentos enlatados Infraestructura: redes eléctricas, puentes, túneles
1908	Era del Petróleo, el Automóvil y la Producción en masa	EE.UU.	Petróleo barato, motores de combustión interna	Motrices: automotriz, petroquímica, electrodomésticos Vectoras: maquinaria industrial, caucho, vidrio Inducidas: publicidad, supermercados, servicios financieros Infraestructura: carreteras, red eléctrica
1971	Era de la informática y las Telecomunicaciones	EE.UU.	Microprocesador, información digital	Motrices: informática, telecomunicaciones, semiconductores Vectoras: bienes de capital electrónicos, software Inducidas: comercio electrónico, logística, diseño digital Infraestructura: telecomunicaciones, redes digitales

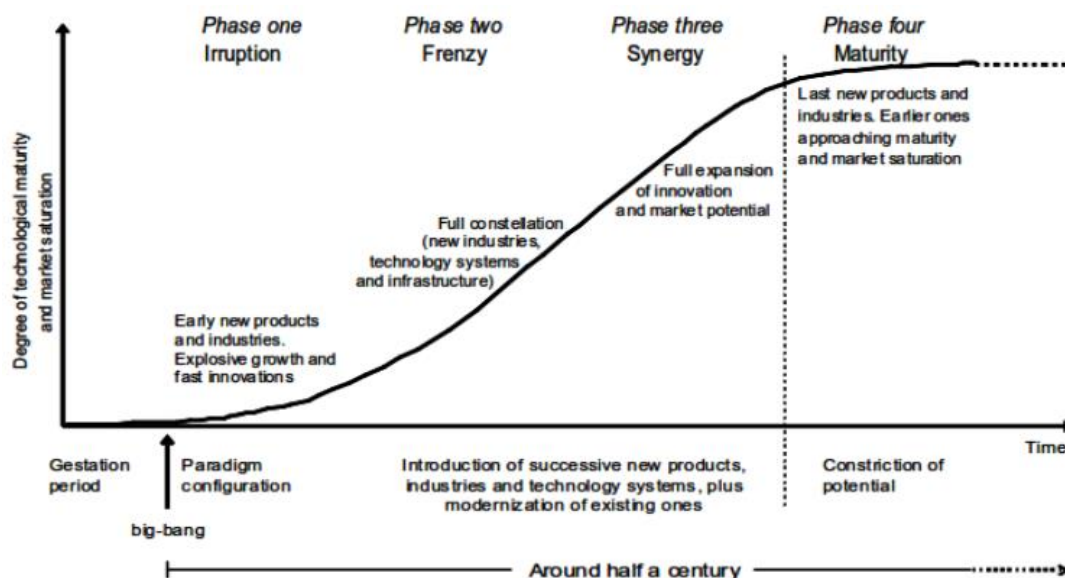
Fuente: Elaboración propia en base a Pérez (1986; 2010)

A partir de estas industrias núcleo, el nuevo paradigma comienza a irradiarse hacia el resto del sistema económico siguiendo una lógica estructurada de emergencia, difusión, maduración y declive. Esta secuencia remite a nociones clásicas del desarrollo tecnológico, como el “ciclo del producto” (Vernon, 1966) o el “ciclo de vida de la tecnología” (Abernathy y Utterback, 1978), aunque aplicada a una escala sistémica (figura 1). Cada paradigma tecnoeconómico atraviesa fases sucesivas —desde la emergencia hasta la madurez y el declive— durante las cuales se abren y cierran distintas oportunidades de aprendizaje, apropiación y posicionamiento.

En particular, durante la fase de instalación —cuando las tecnologías aún están en consolidación y las estructuras dominantes no se han estabilizado— pueden abrirse “ventanas de oportunidad” para que países periféricos o semiperiféricos reduzcan su distancia tecnológica frente a los líderes (Pérez y Soete, 1988). Este punto resulta clave para el debate sobre el catching-up de las naciones, ya que permite identificar momentos

históricos en los que la rigidez del orden técnico puede verse temporalmente debilitada, creando espacios de inserción alternativa o acelerada.¹⁷

Figura 1. El ciclo de vida de la Revolución Tecnológica



Fuente: Pérez (2007)

Dado que cada nuevo paradigma emerge en el contexto de uno anterior aún vigente — aunque ya con signos de agotamiento—, su difusión enfrenta obstáculos significativos derivados de la necesidad de sustituir (“creación destructiva”) o transformar (“creación acumulativa”) estructuras económicas e institucionales fuertemente consolidadas. Estos procesos generan resistencias no solo técnicas, sino también político-económicas, ya que las capacidades instaladas para producir, gestionar y apropiarse de los beneficios de las tecnologías dominantes pueden volverse obsoletas o incluso disfuncionales frente al nuevo paradigma. Esta incompatibilidad estructural alimenta conflictos distributivos y de poder que retrasan la adopción y difusión del cambio técnico. Como ha demostrado Pérez en su relectura histórica, las ramas núcleo del nuevo paradigma rara vez constituyen una

¹⁷ La propia Pérez (2010) ha señalado que América Latina podría aprovechar esta ventana a partir de su abundante dotación de recursos naturales. Su propuesta sugiere que, si se orienta estratégicamente la acumulación de capacidades tecnológicas en torno a las industrias de procesos vinculadas a dichos recursos, la región podría integrarse activamente a la dinámica del paradigma TIC en curso, generando trayectorias propias de aprendizaje e innovación.

continuidad directa de las anteriores, lo cual agudiza las fricciones entre los actores del viejo y del nuevo régimen tecnológico.

Dicho esto, es necesario destacar que la autora también comparte la idea de que pocas tecnologías se vuelven completamente obsoletas y que, más bien, coexisten distintos niveles tecnológicos a lo largo del tiempo. En este sentido, señala que las revoluciones tecnológicas no eliminan completamente las tecnologías anteriores, sino que suponen un proceso de rejuvenecimiento y transformación de sectores preexistentes:

La transformación termina alcanzando toda la economía, elevando el nivel general de productividad potencial, modernizando las industrias maduras y abriendo nuevas trayectorias de innovación, no sólo en las nuevas tecnologías, sino también en el rejuvenecimiento de todas las demás industrias y actividades. (Pérez, 2010, p. 17)

Esta visión del cambio estructural como un proceso de superposición y reorganización — más que de reemplazo absoluto— introduce un matiz relevante respecto de la noción schumpeteriana de “destrucción creativa”. Si bien cada paradigma reconfigura jerarquías sectoriales y redefine los principios de eficiencia, ello no implica una obsolescencia total de las tecnologías precedentes. Por el contrario, muchas de ellas tienden a persistir, adaptarse o resignificarse según su compatibilidad con las nuevas condiciones tecnoeconómicas.

Este fenómeno puede interpretarse en términos de “dependencia del sendero” (*path dependency*) tecnológica: las trayectorias de innovación se ven condicionadas por estructuras previas, capacidades instaladas y legados institucionales que influyen tanto en la velocidad como en la dirección del cambio técnico. De este modo, el desarrollo económico aparece como un proceso parcialmente acumulativo, estructurado por una interacción continua entre innovación, herencia técnica y reorganización productiva.

Este enfoque permite interpretar la dinámica sectorial del cambio tecnológico como un proceso funcionalmente estructurado, en el que los sectores productivos asumen roles diferenciados frente al factor clave de cada paradigma. Aunque la clasificación de las “ramas núcleo” tiene un carácter estilizado, habilita la posibilidad de complementarla con herramientas empíricas capaces de capturar los patrones de interdependencia y difusión intersectorial de las innovaciones.

En ese sentido, en la próxima sección se abordará la propuesta de Pavitt (1984), cuyo enfoque sobre los estilos de innovación sectorial aporta una lectura empírica y tipológica que puede interpretarse como una “foto histórica” de los encadenamientos tecnológicos

durante el paradigma tecnoeconómico vigente entre las décadas de 1940 y 1960. A diferencia del enfoque de Pérez, que parte de una lógica estructural sistémica y descendente (del paradigma hacia los sectores), Pavitt introduce una perspectiva que permite observar “desde abajo” cómo se organizan las fuentes, direcciones y patrones de difusión de la innovación a nivel sectorial y empresarial.

1.4.2. El diamante de Pavitt: hacia una taxonomía micro-sectorial de la innovación

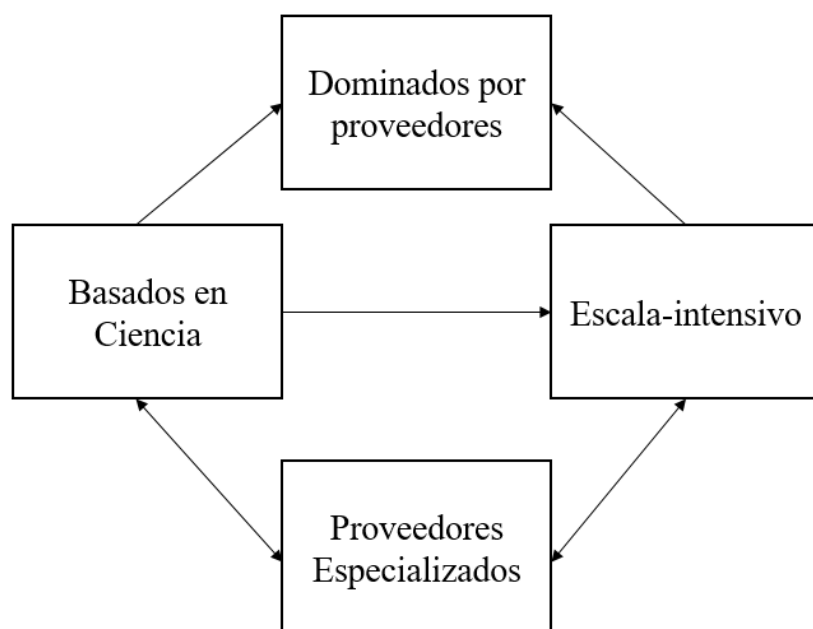
Desde el estudio de los paradigmas tecnoeconómicos se configura una visión estilizada del perfil de las empresas que lideran la generación y difusión de nuevas tecnologías en cada etapa. Las ramas en las que se especializan, el tamaño de las firmas y los principios organizativos que adoptan suelen presentarse a través de ejemplos representativos, dando lugar a una suerte de “prototipo” de firma líder para cada paradigma. Esta representación, útil para captar las regularidades macro del cambio estructural, tiende sin embargo a homogeneizar el comportamiento de las firmas innovadoras dentro de cada paradigma. En esa estilización, los vectores de transformación aparecen definidos más por su rol funcional dentro del paradigma (motor de difusión, base del nuevo factor clave, etcétera) que por sus atributos organizacionales, tecnológicos o sectoriales concretos.

La taxonomía de Pavitt (1984) complementa el análisis de Pérez desde una perspectiva inversa: mientras Pérez propone una visión sistémica y estilizada “desde arriba”, identificando ramas núcleo que orientan el paradigma tecnoeconómico, Pavitt presenta una visión empírica y microsectorial “desde abajo”, identificando concretamente los actores y sectores que protagonizan esos procesos innovativos. De este modo, descompone esa imagen agregada del actor innovador, mostrando que en un momento histórico concreto conviven diferentes modalidades de innovación asociadas a distintas ramas de actividad.

Este trabajo se apoya en una base de datos construida a partir de unas 2.000 innovaciones significativas introducidas en el Reino Unido entre 1945 y 1979. A partir de ella se identifican diferentes tipologías de firmas innovadoras de acuerdo con: i) la fuente institucional del conocimiento utilizado en la innovación (fuentes internas, proveedores-usuarios, universidades o laboratorios públicos); ii) el sector donde dicha innovación se produce; y iii) el sector que hace de uso principal. Adicionalmente, se dispone de información sobre el tamaño de las firmas y sobre el grado y tipo (vertical o conglomerado) de diversificación tecnológica que presentan.

La combinación de estas variables permite a Pavitt construir una clasificación que va más allá de la caracterización a nivel de firma. Cada grupo de empresas se distingue, a su vez, por ocupar una posición funcional dentro de un sistema de flujos de innovación.¹⁸ Al considerar simultáneamente el sector donde se produce la innovación y aquel donde se utiliza, el análisis traza un mapa de encadenamientos tecnológicos entre ramas productivas, identificando no solo qué tipo de firmas innovan, sino también dónde se genera y hacia dónde se difunde el cambio técnico. Así, la tipología propuesta no constituye un ejercicio meramente clasificatorio, sino una herramienta para comprender las relaciones intersectoriales que estructuran la dinámica de la innovación en la economía (figura 2).

Figura 2. Flujos de innovaciones entre grupos innovadores: Reino Unido, 1945-1979



Fuente: Pavitt (1984, 364)

¹⁸ Dentro del enfoque neoschumpeteriano, el trabajo de Pavitt ha sido complementado por otra línea de investigación centrada en los Sistemas Sectoriales de Innovación (SSI), desarrollada por Malerba y colaboradores (Breschi & Malerba, 2000; Malerba & Orsenigo, 1997; Malerba, 2002). Esta perspectiva también pone el foco en las regularidades sectoriales de la innovación, pero desde una óptica sistémica que privilegia la interacción entre firmas, instituciones, demanda y regímenes tecnológicos. Si bien el SSI ofrece herramientas valiosas para estudiar sectores específicos y sus trayectorias de aprendizaje, su enfoque tiende a concentrarse en dinámicas intrasectoriales y redes organizacionales, con menor atención al lugar estructural que ocupa cada sector dentro del sistema productivo en su conjunto.

Los cuatro grupos de firmas que Pavitt (1984) identifica son:¹⁹

- Firmas dominadas por sus proveedores (*supplier-dominated*): generalmente pequeñas y con capacidades internas de innovación limitadas, dependen de insumos tecnológicos generados en otros sectores. Se observan típicamente en industrias tradicionales como la textil, la alimenticia o la agrícola.
- Proveedores especializados (*specialised suppliers*): empresas, muchas veces PyMEs, que desarrollan innovaciones incrementales en bienes de capital y equipamiento, orientadas a mejorar la performance de sus usuarios industriales. Se ubican principalmente en sectores como maquinaria e instrumentos, donde las dinámicas de aprendizaje interactivo usuario–proveedor resultan centrales para la generación y difusión de mejoras tecnológicas.
- Firmas intensivas en escala (*scale-intensive*): grandes empresas insertas en industrias de producción masiva —como automóviles, metalurgia o construcción naval—, donde la innovación se centra principalmente en mejoras de procesos apoyadas en capacidades de ingeniería interna y aprendizaje en planta.
- Firmas basadas en la ciencia (*science-based*): empresas de gran tamaño con fuertes capacidades internas de I+D que desarrollan innovaciones radicales apoyadas en la investigación científica, típicamente en sectores como la química y la electrónica.

Esta taxonomía refleja un proceso histórico de sedimentación de formas organizativas y estilos de innovación que, aunque emergen como vanguardia en un paradigma determinado, luego persisten y coexisten con nuevas formas en los paradigmas siguientes

¹⁹ Pavitt (1990) introduce una quinta categoría para dar cuenta de los cambios acelerados asociados a la difusión del paradigma TIC: las firmas intensivas en información (*information-intensive*). En este trabajo se las describe como grandes empresas que innovan mediante el uso estratégico de tecnologías digitales para procesar, gestionar y distribuir información, especialmente en sectores como finanzas, comercio, telecomunicaciones y servicios logísticos. Su capacidad innovadora se basa en el aprendizaje organizativo y la integración de sistemas, más que en la I+D interna. En este grupo a veces se incluyen las firmas de software, aunque su clasificación ha sido objeto de debate. Diversos autores han señalado que estas presentan una naturaleza híbrida: por un lado, comparten características con los proveedores especializados, al ofrecer soluciones tecnológicas a otros sectores; por otro, también exhiben rasgos propios de las firmas basadas en ciencia, especialmente cuando desarrollan innovaciones apoyadas en investigación avanzada en algoritmos o inteligencia artificial. Esta ambigüedad ha llevado a que, en extensiones posteriores de la taxonomía de Pavitt, como las de Breschi, Malerba y Lissoni (2000), Miozzo y Soete (2001) y Evangelista (2000), se proponga su tratamiento como un sector con dinámica propia o se las incluya dentro de los servicios intensivos en conocimiento (KIBS, por sus siglas en inglés), reconociendo su creciente protagonismo en el paradigma digital.

(Archibugi, 2017). Las firmas dominadas por proveedores, los proveedores especializados, las intensivas en escala, las basadas en la ciencia y, más recientemente, las “intensivas en información” no se suceden de manera lineal, sino que conviven, configurando una economía en la que coexisten tecnologías, industrias y formas de empresa originadas en distintos momentos del desarrollo capitalista (cuadro 2).

Esta acumulación creativa —antes que una destrucción radical— permite entender por qué sectores intensivos en ingeniería mecánica, nacidos en la revolución del vapor, o conglomerados fordistas aún desempeñan un rol central en la economía digital, en interacción con nuevas firmas intensivas en información.²⁰

Cuadro 2. Fases del desarrollo capitalista y categorías de firmas de Pavitt

Periodo	Paradigma tecnoeconómico sucesivo	Organización industrial	Industrias típicas	Categoría de firmas de Pavitt
1770— 1830	Mecanización temprana	Creciente importancia de pequeñas firmas manufactureras	Textiles, alfarería, maquinaria	Dominadas por proveedores
1840— 1880	Energía a vapor y ferrocarriles	Separación entre productores de bienes de capital y de consumo	Ingeniería mecánica, acero y carbón	Proveedores especializados
1890— 1930	Oportunidades asociadas a descubrimientos científicos	Emergencia de grandes empresas	Químicos, maquinaria eléctrica, ingeniería	Basadas en ciencia
1940— 1980	Revoluciones fordista y taylorista	Competencia oligopólica para el consumo masivo	Automóviles, productos sintéticos, bienes durables de consumo	Intensivas en escala
1980— 2010	Tecnologías de la información y comunicación (TICs)	Redes de empresas, fuertes interacciones usuario-productor	Microelectrónica, telecomunicaciones, software	Intensivas en información

Fuente: Adaptado de Archibugi (2016), sobre la base de Freeman (1987) y Pavitt (1984, 1990).

Naturalmente, muchas de las industrias que en su momento emergieron como vectores de una revolución tecnológica sobreviven gracias a procesos de adaptación y

²⁰ Al respecto, Patel y Pavitt (1994) observan que buena parte del cambio técnico sigue ocurriendo en sectores mecánicos y de instrumentación, muchas veces dispersos en redes de PyMEs poco visibles en las estadísticas agregadas de I+D, pero fundamentales para sostener la flexibilidad y la mejora continua de sistemas productivos complejos. A diferencia de las tecnologías basadas en ciencia —que suelen formar parte de estructuras oligopólicas—, estas tecnologías “pervasivas” y de más bajo umbral de acceso cumplen un papel clave en la convergencia tecnológica y la difusión del cambio técnico más allá de los confines de las grandes firmas.

rejuvenecimiento que las mantienen funcionales en nuevos contextos. La maquinaria y equipo —en particular, la máquina-herramienta— constituye un caso paradigmático. Este sector, históricamente asociado al grupo de proveedores especializados, no solo ha sostenido su relevancia como vector de innovación incremental, sino que también cristaliza, desde una perspectiva marxista, el avance histórico del capital hacia la sustitución del trabajo manual. Al condensar saber técnico y permitir su aplicación mecánica en otras ramas, la máquina-herramienta objetiviza conocimiento en dispositivos automáticos, desplazando progresivamente la intervención directa del trabajador. Esta tendencia se intensifica con la incorporación de electrónica, programación y control numérico, ubicando hoy a la maquinaria y equipo en una zona de convergencia entre proveedores especializados y firmas basadas en ciencia.

En paralelo, la industria química —clasificada por Pavitt como basada en ciencia— ha sido rejuvenecida con el desarrollo de la biotecnología, lo que amplía el control técnico sobre procesos biológicos y vitales. Ambos casos expresan formas avanzadas de automatización material y cognitiva que culminan en la emergencia de firmas intensivas en información (Pavitt, 1990), donde el capital comienza a sustituir incluso funciones intelectuales del trabajo humano, acercándose al horizonte del “gran autómeta” que Marx proyectaba como el desafío final del capital (Coriat, 1990; Ceceña-Barreda, 1995).

También conviene advertir que la centralidad estratégica atribuida aquí a ciertas ramas innovadoras —como maquinaria, química o electrónica— no debe confundirse con una mayor capacidad de apropiación privada de los beneficios derivados de la innovación. De hecho, las diferencias entre grupos como los proveedores especializados y las firmas basadas en ciencia permiten hipotetizar efectos distributivos muy disímiles. Mientras que los primeros suelen ser pequeñas o medianas empresas que operan en mercados con barreras de entrada relativamente bajas y una fuerte orientación incremental, los segundos tienden a estar dominados por grandes corporaciones, con estructuras de I+D más cerradas y un mayor poder de apropiación derivado del control sobre las fronteras científico-tecnológicas.

Esta lectura también permite advertir una diferencia significativa respecto del enfoque de Carlota Pérez. Mientras que en su esquema la transformación estructural se organiza en torno a un “factor clave” de naturaleza energética o informacional —capaz de redefinir los principios de eficiencia del sistema económico—, en Pavitt el centro de gravedad de la innovación reside en las ramas que permiten reconfigurar materialmente los procesos

productivos, como la maquinaria, la química y la electrónica. No se trata de una contradicción, sino de una diferencia en el punto de observación: si Pérez capta el vector difusor a partir del insumo paradigmático, Pavitt revela que la capacidad de ese insumo para transformarse en progreso técnico depende de la existencia de sectores capaces de absorberlo, adaptarlo y diseminarlo mediante soluciones técnico-productivas concretas.

Aunque la evidencia empírica utilizada por Pavitt se concentra en innovaciones registradas en el Reino Unido durante las décadas de posguerra, los patrones sectoriales y las relaciones tecnológicas que identifica pueden considerarse representativos de las economías industrializadas del período. Esto se debe a que, en aquel momento, el Reino Unido —al igual que otras economías desarrolladas— conservaba una estructura productiva relativamente integrada, aún no alterada por la globalización productiva ni por la deslocalización masiva de actividades manufactureras que caracterizarían a la posterior “Nueva División Internacional del Trabajo” (Fröbel, Heinrichs y Kreye, 1980). En este contexto, resulta razonable asumir que el sistema de relaciones tecnológicas —esto es, el entramado de sectores generadores, difusores y usuarios de innovación— mantenía una forma relativamente cerrada dentro de los espacios nacionales, permitiendo captar regularidades relevantes para pensar la difusión intersectorial del cambio técnico.

Si bien estos hallazgos permiten una lectura estructural de los patrones de innovación en las economías desarrolladas, su aplicabilidad a los países periféricos exige una reflexión crítica sobre las condiciones que los diferencian. El enfoque de los SNI, desarrollado por la literatura neoschumpeteriana, ha buscado captar estas especificidades político-territoriales, pero requiere ser complementado con una lectura estructural que considere las restricciones impuestas por la inserción subordinada en la economía mundial. La próxima sección aborda esta problemática, explorando cómo se configura la innovación en economías periféricas y qué desafíos enfrentan para activar trayectorias tecnológicas propias.

1.5. Desarrollo del enfoque de sistemas de innovación a escala nacional

1.5.1. Fundamentos principales

El concepto de SNI surge en un momento de intensas transformaciones estructurales del capitalismo avanzado. Por un lado, la aceleración del cambio tecnológico —asociada a la difusión masiva de un nuevo paradigma tecnoeconómico basado en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)— se producía en una etapa de crisis económica

vinculada a la maduración del paradigma fordista de producción y consumo masivo y, frente a ello, a la legitimidad político-institucional que lo sostenía. Esta coyuntura se inscribía en un período en el que el Estado había asumido un papel de planificador central y en el que la innovación comenzaba a concentrarse en grandes corporaciones capaces de organizar y sistematizar la investigación a gran escala.

Frente a esta crisis de eficacia de las políticas tradicionales y a las aceleradas transformaciones tecnológicas, comenzó a resignificarse el papel de la innovación en el crecimiento económico. Ello dio lugar a revisar críticamente el “modelo lineal” de la innovación, pasando de concebirla como un proceso lineal a entenderla como un fenómeno interactivo, acumulativo y estructuralmente condicionado. Entre los aportes más influyentes se destacan los trabajos de Kline y Rosenberg (1986), Rosenberg (1976) y Nelson (1959), quienes subrayaron el papel de los aprendizajes por uso, por experiencia y por interacción entre productores y usuarios. Estas ideas constituyeron una de las principales bases para la posterior formulación del enfoque de SNI.

Al mismo tiempo, el concepto de SNI se formula en un contexto histórico signado por la mundialización del capital, es decir, por la progresiva desarticulación de los espacios nacionales como unidades económicas relativamente autocontenidas, proceso asociado a la expansión de las cadenas globales de valor, la desregulación financiera y la creciente movilidad internacional de las EMN (Chesnais, 1988; Michalet, 1985; Lavarello et al., 2023). Así, el enfoque de los SNI surge de una doble tensión: por un lado, adaptarse al nuevo patrón de innovación inaugurado por la Nueva Revolución Tecnológica; por otro, revalorizar el espacio nacional como locus estratégico de aprendizaje y acumulación frente a la tendencia globalizadora que tiende a desarticular los territorios, especialmente los periféricos.

Si bien el concepto fue introducido por Christopher Freeman (1987) en su análisis del caso japonés, fue Bengt-Åke Lundvall (1992) quien sistematizó y teorizó el enfoque de manera más exhaustiva, otorgándole una formulación conceptual más amplia centrada en el aprendizaje interactivo y en las estructuras institucionales que lo sostienen. Allí se desarrolla una comprensión del SNI como un proceso de aprendizaje interactivo, fuertemente condicionado por las estructuras productivas y por las trayectorias histórico-institucionales de los países.

Pensar a la economía como un sistema significa interpretarla como un conjunto de componentes cuyas relaciones definen un comportamiento global con características propias, que no podrían inferirse simplemente a partir de las propiedades individuales de cada unidad. De aquí se desprenden dos consecuencias principales: a) el sistema posee una particularidad estructural propia —una “identidad”— que debe estudiarse como tal; y b) la relevancia de una unidad individual reside en sus interacciones con otras unidades, por lo que no puede ser aislada del sistema ni analizada separadamente. En el ámbito del cambio tecnológico, ello implica que la innovación deja de ser concebida como resultado exclusivo del esfuerzo individual de agentes maximizadores para convertirse en un proceso complejo y colectivo en el que múltiples actores interactúan continuamente.

Justamente, el recorte de “lo nacional” como unidad analítica relevante para comprender el ritmo y la orientación de las innovaciones define las fronteras del sistema de innovación en el que se desenvuelven los actores que protagonizan la innovación. Los espacios nacionales condicionan la configuración y trayectoria de los SNI a partir de dos dimensiones estrechamente vinculadas: las estructuras productivas y los entramados institucionales. Entre ambas se configura un escenario clave para comprender el espacio de interacción que da lugar a procesos de aprendizaje e innovación:

We will argue that most important forms of learning may fundamentally be regarded as interactive processes, and that together the economic structure and the institutional set up form the framework for, and strongly affect, processes of interactive learning, sometimes resulting in innovations. (Lundvall, 1992, 10)

Por un lado, las instituciones fundamentales para el aprendizaje —como los sistemas educativos, las normas técnicas, los regímenes de propiedad intelectual, los mecanismos de financiamiento o las culturas de cooperación— están enraizadas en contextos nacionales específicos. La innovación no parte de cero en cada instancia, sino que se construye a partir de aprendizajes previos, rutinas compartidas y saberes socialmente sedimentados. Para que ese conocimiento pueda acumularse, procesarse y transmitirse, es necesario que exista una comunidad de actores que comparta códigos, normas y marcos institucionales comunes, lo cual se ve favorecido por la proximidad institucional, cultural y, en muchos casos, geográfica que proporciona el espacio nacional.

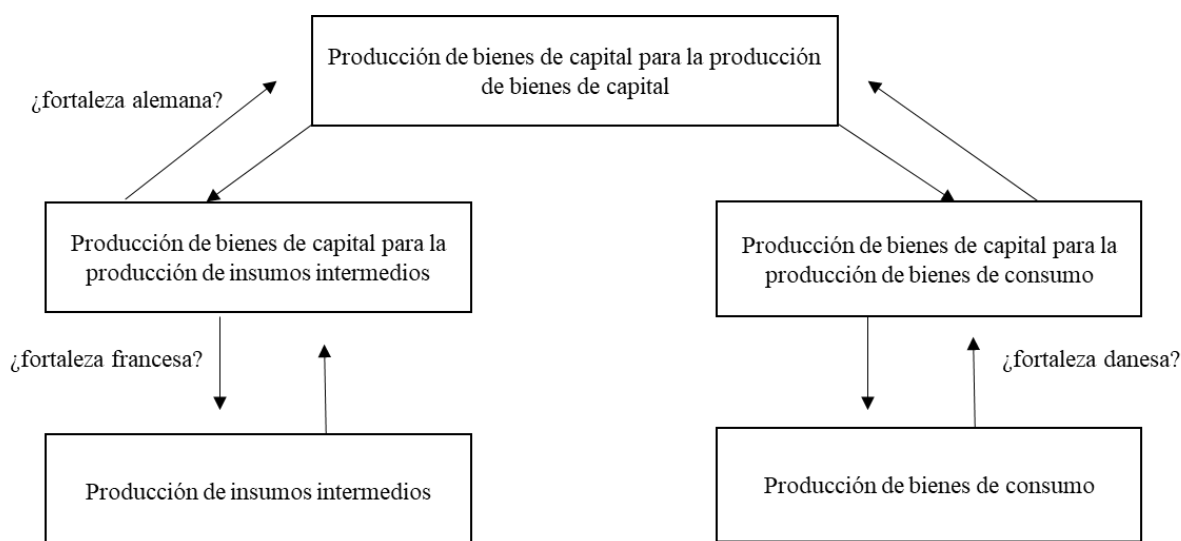
La estructura productiva también desempeña un papel central en la justificación del recorte nacional de los sistemas de innovación. Algunas de las contribuciones más relevantes sobre la relación entre estructura productiva y SNI han sido desarrolladas por Esben Sloth Andersen (1992, 1996). El autor sostiene que la forma en que se organiza la

producción a nivel nacional —es decir, la composición sectorial, los patrones de especialización y las relaciones de encadenamiento entre actividades— delimita las trayectorias tecnológicas posibles y condiciona las oportunidades de aprendizaje. La innovación no ocurre en el vacío, sino que se enraíza en bases productivas específicas que definen qué tipos de conocimientos son valorizados, qué capacidades tecnológicas se acumulan y qué procesos de interacción entre agentes resultan más intensos. En este sentido, las estructuras productivas nacionales afectan la dirección de la innovación, estableciendo marcos materiales que limitan o potencian las posibilidades de transformación tecnológica.

Apelando al concepto de bloque de desarrollo (Dahmén, 1988), Andersen subraya que la mayoría de las innovaciones no surgen de equilibrios óptimos, sino como respuestas a desequilibrios introducidos por innovaciones anteriores. Estos desequilibrios no son únicamente técnicos, sino que también implican desajustes de orden organizativo, institucional o regulatorio, que arrastran consigo la necesidad de nuevas adaptaciones. En este marco, los sectores “inmaduramente maduros” —esto es, actividades que han alcanzado cierto grado de desarrollo pero que aún no han estabilizado su entorno de relaciones productivas— presentan una mayor capacidad de inducir transformaciones en el sistema productivo. Estos sectores funcionan como núcleos activos, al generar tensiones estructurales que activan procesos de innovación inducida.

La figura 3 ejemplifica este enfoque al mostrar cómo distintos países han configurado SNI con especializaciones tecnológicas funcionalmente distintas dentro de la cadena de producción de bienes de capital. Alemania se ha consolidado históricamente como productor de maquinaria para la producción de maquinaria, ubicándose en el segmento más abstracto y meta-productivo de la cadena, apoyado en un sistema industrial orientado al aprendizaje acumulativo y al desarrollo de tecnologías genéricas. Francia, por su parte, ha desarrollado fortalezas en la producción de maquinaria destinada a industrias de transformación de insumos intermedios, reflejo de una tradición de planificación y grandes conglomerados industriales. En contraste, Dinamarca se ha especializado en maquinaria para la producción de bienes de consumo —particularmente en sectores agroindustriales— a partir de una red de pequeñas y medianas empresas fuertemente articuladas con los usuarios finales. Este último caso resulta especialmente relevante para repensar la trayectoria argentina, ya que muestra cómo una economía con base agroexportadora puede construir capacidades endógenas en bienes de capital.

Figura 3. Encadenamientos hacia adelante y hacia atrás dentro de partes de un sistema productivo y posibles puntos fuertes nacionales en la década de 1960.



Fuente: Andersen (1992, 92)

Desde una perspectiva estructuralista, el autor introduce el concepto de “encadenamientos innovativos” para referirse a relaciones verticales entre usuarios y productores en las que el intercambio va más allá de una simple transacción mercantil. En estos vínculos, el producto o insumo que se intercambia aún no ha alcanzado un alto grado de estandarización, lo que obliga a un proceso conjunto de adaptación, ajuste técnico y negociación entre ambas partes. Este proceso —que puede entenderse como un intercambio de listas de requerimientos, restricciones técnicas y funcionalidades deseadas— activa flujos de conocimiento bidireccionales que fortalecen las capacidades de innovación tanto del productor como del usuario. En lugar de tratarse de una compra de mercado con especificaciones fijas, se configura un espacio de búsqueda conjunta donde se generan aprendizajes colectivos orientados al perfeccionamiento incremental de procesos y productos. Este tipo de encadenamientos tiende a desarrollarse con mayor intensidad dentro de un mismo espacio nacional, ya que requiere múltiples formas de proximidad —tecnológica, organizacional, cultural y geográfica— que facilitan la coordinación, la confianza mutua y la retroalimentación continua.

De este modo, Andersen articula un círculo dinámico en el que la estructura productiva existente condiciona las trayectorias del cambio tecnológico, pero donde, al mismo tiempo, las innovaciones que emergen a partir de esas bases productivas retroalimentan y transforman progresivamente la propia estructura productiva, dando lugar a un proceso evolutivo continuo de co-determinación entre producción e innovación.

1.5.2. De los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) a los Sistemas Tecnológicos Nacionales (STN)

Al interior del concepto de SNI se diferencia entre una perspectiva más “amplia” de la noción de innovación, asociada a los trabajos de Bengt-Åke Lundvall (1992), y una mirada más “estrecha”, adjudicada al libro compilatorio de estudios de casos nacionales editado por Richard Nelson (1993).²¹ En el primero, el uso de la noción de instituciones está mayormente asociado a 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 y, por ello, resulta más sencillo operativizar métricas para evaluar sus características y desempeños. No obstante, esta perspectiva corre el riesgo de subestimar los procesos de aprendizaje implícitos, las capacidades organizacionales y los contextos socio-institucionales que condicionan estructuralmente la dinámica innovadora.

Dentro de esta búsqueda de alternativas para operativizar el análisis de los SNI, Leoncini et al. (1996) realizan un esfuerzo por construir otro dispositivo teórico-conceptual.²² El concepto retoma —aunque mediado por una adaptación sustancial— el planteo previo de Liso y Metcalfe (1996) sobre los sistemas tecnológicos. Desde una perspectiva epistemológica, el énfasis en lo tecnológico permite centrar el análisis no solo en la generación de conocimiento, sino también en su traducción material en artefactos productivos y en la estructura concreta de relaciones productivas e institucionales que sustentan dicha codificación material de saberes.

Este enfoque interpreta a los sistemas de innovación nacionales como redes estructuradas de interacciones y flujos entre cuatro subsistemas principales: i) el núcleo duro de ciencia y tecnología, ii) la constelación de sistemas técnicos, iii) el entorno de mercado y iv) la interfaz institucional (tabla 1).

²¹ El trabajo reúne estudios de caso sobre veinte países —principalmente desarrollados, aunque se incluye el caso argentino— con el objetivo de caracterizar sus sistemas nacionales de innovación a partir del rol de las instituciones formales de ciencia, tecnología e industria. El enfoque adoptado enfatiza la dimensión organizacional e institucional de la I+D y las políticas públicas, ofreciendo una base empírica comparativa sólida, aunque menos centrada en procesos de aprendizaje informales o en la interacción con estructuras productivas más amplias.

²² Su desarrollo teórico-conceptual aparece con mayor detalle en Leoncini (1998).

Tabla 1. Resumen de subsistemas del STN

Subsistema	Principales actores	Interacciones con otros subsistemas
Ciencia y tecnología	Universidades, centros de investigación, laboratorios de I+D	Genera conocimiento codificado que alimenta a los sistemas técnicos; responde parcialmente a demandas del mercado; está regulado y apoyado por la interfaz institucional.
Constelación de sistemas técnicos	Empresas, sectores industriales, organizaciones productivas	Absorbe y adapta conocimiento del núcleo científico; responde a señales del mercado; condicionado por normas y políticas institucionales. En su interior se producen interacciones de saberes —técnicos, organizacionales y prácticos— que generan tanto conocimiento tácito como codificado.
Entorno de mercado	Consumidores, empresas demandantes, organismos públicos	Orienta la innovación mediante decisiones de adopción; genera presión adaptativa sobre los sistemas técnicos; puede influir en la agenda científica y es estructurado por la interfaz institucional.
Interfaz institucional	Gobiernos, agencias reguladoras, marcos normativos, organizaciones intermedias	Coordina las relaciones entre ciencia, técnica y mercado; define estándares, políticas e incentivos que moldean los flujos del sistema.

Fuente: Elaboración propia en base a Leoncini (1998)

Estos subsistemas organizan analíticamente los componentes de los STN. Tal como desarrolla Leoncini (1998), estos elementos no deben interpretarse como etapas secuenciales de un proceso de innovación lineal, sino como subsistemas interdependientes cuyas interacciones están marcadas por procesos de retroalimentación, mecanismos de selección conflictiva —esto es, disputas en torno a qué trayectorias tecnológicas, organizativas o institucionales se consolidan— y aprendizajes institucionales. En este sentido, la dinámica de un STN no es mecánica ni unidireccional, sino coevolutiva, moldeada por la diversidad de actores, capacidades y marcos institucionales que median la relación entre conocimiento, tecnología y producción.

Para trasladar este enfoque al plano empírico, Leoncini et al. (1996) proponen el estudio de matrices insumo-producto reponderadas por la inversión en I+D, las cuales rebautizan como “matrices tecnoeconómicas”. Desde esta perspectiva, las matrices tecnoeconómicas capturan un mecanismo clave de difusión tecnológica en el tejido productivo de los países: el flujo de innovación incorporada en bienes intermedios y de capital. Los resultados revelan que las trayectorias nacionales de innovación no son homogéneas: los sectores con alta intensidad de I+D tienden a concentrar el rol de proveedores

tecnológicos para el resto del sistema, mientras que otros sectores actúan mayormente como receptores.²³ Este tipo de análisis permite, así, comprender la heterogeneidad y las asimetrías internas de los procesos de innovación, aproximándose de manera más operativa a las preocupaciones estructuralistas sobre la dinámica desigual del cambio tecnológico.

Tanto en el enfoque de los SNI como en el de los STN, la nación es concebida como el espacio principal donde se articulan las dinámicas de innovación, aprendizaje y acumulación tecnológica. Esta referencia a lo “nacional” se sostiene, en gran medida, en la idea de que existen redes relativamente densas de interacción entre empresas, instituciones de conocimiento y agentes públicos, delimitadas por fronteras nacionales. Sin embargo, cuando se traslada este marco de análisis a economías periféricas o semiperiféricas, emergen tensiones que problematizan este supuesto.

De este modo, el concepto de STN permite articular herramientas empíricas rigurosas con una lectura estructural del cambio tecnológico, abriendo un puente fértil con las preocupaciones del desarrollismo y el dependentismo de posguerra acerca del desarrollo desigual. En particular, ofrece una vía para analizar cómo los flujos de conocimiento e innovación se ven condicionados por estructuras productivas desequilibradas, donde ciertos sectores concentran las capacidades tecnológicas mientras otros permanecen rezagados o subordinados, configurando sistemas nacionales heterogéneos y segmentados. Esta perspectiva resulta clave para comprender los límites y las posibilidades del cambio técnico en economías periféricas.

1.5.3. El círculo vicioso de los STN periféricos (STN-p) y la noción de núcleo endógeno

La visión centro–periferia constituye un rasgo general de interpretación del capitalismo como sistema mundial, en el que la unidad de análisis no son las economías nacionales aisladas, sino su inserción en una estructura jerárquica que organiza y reproduce desigualdades (Torres y Ahumada, 2022).

²³ La sección 2.3.2 del Capítulo 2 hace una revisión de los principales trabajos empíricos de esta línea de estudios.

Cuando este enfoque se cruza con el estudio de los PTE, la distinción entre centro y periferia se traduce en la existencia de bloques funcionales tecnológicamente divergentes: mientras los países núcleo concentran la capacidad de definir trayectorias tecnológicas y establecer estándares, los periféricos asumen un papel subordinado, incorporando de manera pasiva tecnologías generadas fuera de sus fronteras (Pérez, 2004). En este sentido, la dinámica centro–periferia atraviesa también el desenvolvimiento de los STN, que no pueden pensarse como espacios autárquicos de acumulación de capacidades, sino como configuraciones históricas estructuradas y condicionadas por la lógica global de acumulación, la cual se vale de las condiciones diferenciales de los espacios nacionales y refuerza su reproducción.

Se propone definir a los STN-p como aquellos cuya estructura productiva y de innovación se organiza de forma desarticulada y subordinada a los centros. Son sistemas con una limitada generación de conocimiento tecnológico endógeno, donde las innovaciones decisivas provienen del exterior y sus beneficios son capturados por actores externos que controlan las fases de mayor valor agregado —a través de la propiedad intelectual, los estándares técnicos y las cadenas globales de valor—. En ellos predomina la búsqueda de ganancias extraordinarias a partir de la captura de rentas primarias y/o de bajos costos laborales, en detrimento de la acumulación mediante incrementos sostenidos de productividad.

El primer atributo de los STN-p se vincula con el perfil de especialización productiva y comercial de sus economías. Como se ha discutido a lo largo de este capítulo, tanto en autores estructuralistas de posguerra como en los neoschumpeterianos con reconocidas raíces estructuralistas, el perfil productivo de un país no es inocuo respecto de sus capacidades de innovación: condiciona de manera directa las oportunidades de aprendizaje, la acumulación de capacidades y el alcance de las innovaciones posibles.

En una etapa histórica en la que las estructuras productivas se caracterizaban por su fuerte dualidad —es decir, por la coexistencia de un sector primario de baja productividad y un sector industrial moderno con capacidad de generar progreso técnico— y por una integración vertical y nacional mucho más marcada, la distinción clásica entre sectores productivos y progreso técnico —abordada desde distintas corrientes heterodoxas, entre ellas el estructuralismo latinoamericano— se expresaba en la contraposición entre la producción de manufacturas y la de bienes primarios (Yoguel y Barletta, 2017). Desde la experiencia concreta de la región, los estructuralistas latinoamericanos advirtieron sobre

los riesgos y la falta de sostenibilidad de un crecimiento sustentado en actividades de baja intensidad de conocimiento, como la explotación de recursos naturales, y subrayaron la necesidad de impulsar procesos de cambio estructural mediante un avance hacia la industrialización de sus estructuras productivas.

No obstante, la clásica contraposición entre sectores primarios y manufacturas resulta insuficiente para comprender la complejidad de las trayectorias tecnológicas. Como se vio en la sección 1.4.2, la taxonomía de Pavitt (1984) muestra la distribución desigual de oportunidades de innovación al interior de la industria manufacturera, y propuestas más recientes evidencian lo mismo en el ámbito de los servicios. En esta línea, Castellacci (2008) propuso una taxonomía “a la Pavitt” que distingue entre servicios intensivos en conocimiento (como los empresariales, financieros o de comunicaciones), servicios de infraestructura, servicios dominados por proveedores y servicios personales.²⁴

A ello se suma la contribución de Carlota Pérez, cuya noción de paradigmas tecnoeconómicos ya fue discutida previamente (sección 1.4.1). Allí se presentó cómo cada paradigma se organiza en torno a un insumo clave desarrollado en las ramas motrices, pero cuya verdadera difusión depende de las ramas vectoras, que actúan como pivote al incorporar dicho insumo y diseminarlo de manera transversal bajo la forma de tecnologías incorporadas en bienes de capital, equipos y sistemas productivos. A su alrededor se expanden las ramas inducidas, que crecen como usuarias y adaptadoras de esas tecnologías, y las ramas de infraestructura, que sostienen materialmente el despliegue del paradigma.

Trasladada al análisis de los STN-p, esta tipología permite mostrar que, en lugar de configurarse alrededor de ramas vectoras —que son las que aseguran la difusión y multiplicación de las innovaciones—, estas economías tienden a concentrar su perfil productivo-comercial en ramas inducidas o de infraestructura básica, con escasa densidad en vectores propios. Esto limita su capacidad de aprovechar el insumo clave del paradigma y refuerza su dependencia de los centros, donde efectivamente se localizan las ramas vectoras.

²⁴ Esta ampliación de Castellacci (2008) sobre la taxonomía de Pavitt al incorporar al sector servicios, se realizó sobre la base del trabajo de Miozzo y Soete (2001).

Este razonamiento se complementa con la perspectiva de las cadenas globales de valor (CGV) —o, en algunos autores, cadenas o redes globales de producción— (Gereffi, 1996; Humphrey y Schmitz, 2001; Sztulwark, 2019). El proceso de deslocalización y tercerización acelerado durante la instalación y difusión del paradigma TIC evidenció que lo decisivo no es solo la rama productiva, sino la posición funcional que cada país ocupa en esas cadenas: quién controla el diseño, la ingeniería, la definición de estándares y los activos intangibles, y quién queda relegado a tareas de bajo aprendizaje, como el ensamblaje. Ello permite integrar coherentemente no solo la posibilidad de que existan países con alto valor agregado industrial que sean tecnológicamente dependientes (como el caso de México), sino también el hecho de que el sector primario haya incorporado crecientes niveles de intensidad tecnológica sin que ello haya significado una superación de la subordinación estructural en la mayoría de los países especializados en exportar este tipo de productos.

El segundo atributo de los STN-p es la desarticulación estructural entre sus subsistemas. Esta idea tiene raíces en el enfoque del PLACTED (Sábato y Botana, 1968), que subrayó cómo la dependencia tecnológica surge de la incapacidad de articular de manera virtuosa los tres vértices —infraestructura científico-tecnológica (CyT), empresas (E) y gobierno (G)—. Una problemática análoga se observa en la literatura sobre SNI que, como se analizó, concibe la innovación como un proceso interactivo sostenido en las relaciones entre empresas, ciencia y políticas públicas. Trasladado al marco de los STN, este triángulo se amplía a cuatro componentes: el núcleo de ciencia y tecnología, la constelación de sistemas técnicos, la interfaz institucional y el entorno de mercado.

En las economías periféricas, estas interacciones se caracterizan por su baja densidad, inestabilidad y discontinuidad. Ello se manifiesta en tres planos principales:

- Relaciones usuario–proveedor (E–E): se trata de un tipo de vínculo que funciona como plataforma de aprendizaje interactivo, en la medida en que la resolución conjunta de problemas entre usuarios y productores impulsa innovaciones incrementales. Su potencial es especialmente alto en sectores como los bienes de capital customizados y, al mismo tiempo, depende de la existencia de relaciones relativamente simétricas en términos de poder de negociación (Lundvall, 1985). En contextos periféricos, caracterizados por economías duales y estructuras productivas heterogéneas, dichas condiciones rara vez se verifican: la dependencia tecnológica y

la fragmentación sectorial limitan la posibilidad de generar aprendizajes acumulativos, debilitando así su contribución al desarrollo tecnológico.

- Relaciones empresa–universidad/centros de I+D (E–CyT): constituyen el puente que traduce conocimiento científico en capacidades productivas. Cuando este canal es débil, la infraestructura científica queda desanclada de la producción, un patrón recurrente en América Latina (Arocena y Sutz, 2000, 2020; Dutrénit, 2000; Katz, 2000).
- Relaciones Estado–empresa y Estado–infraestructura (G–E / G–CyT): la política industrial constituye el vínculo fundamental entre Estado, empresas y la infraestructura científico-tecnológica. Su papel debería ser el de alinear incentivos, orientar trayectorias productivas y estabilizar horizontes de inversión de largo plazo. Sin embargo, en la periferia estas políticas suelen ser poco coherentes, discontinuas y marcadas por la inestabilidad macroeconómica, lo que impide sostener estrategias tecnológicas consistentes.

En conjunto, estos tres planos muestran que los STN-p no operan como verdaderos espacios de aprendizaje interactivo, sino como configuraciones frágiles y fragmentadas. La ausencia de retroalimentaciones virtuosas restringe la acumulación tecnológica endógena y refuerza la dependencia estructural de actores externos.

El tercer atributo de los STN-p se refiere al perfil empresarial y a la lógica de acumulación predominante en estas economías. La forma en que los capitales orientan sus estrategias condiciona directamente la posibilidad de construir capacidades tecnológicas endógenas. Como advierte Reyes (2025), retomando la tradición de la teoría marxista de la dependencia para pensar el siglo XXI, la dinámica del capitalismo periférico tiende a priorizar formas de valorización que obstaculizan la generación de nuevas tecnologías, al favorecer estrategias orientadas a la apropiación de rentas y a la reproducción de dependencias estructurales respecto del exterior.²⁵

²⁵ La teoría marxista de la dependencia distingue entre dos mecanismos interrelacionados: (i) la transferencia de plusvalor hacia el exterior, que alude al drenaje de excedentes mediante el comercio desigual, la inversión extranjera directa y el pago de regalías o deuda, y (ii) la superexplotación de la fuerza de trabajo, formulada por Marini (1973), que refiere a la extracción de plusvalor extraordinario mediante salarios inferiores al valor de la fuerza de trabajo, intensificación del proceso laboral o prolongación de la

Por un lado, las economías periféricas presentan un importante grado de transnacionalización de los segmentos más dinámicos de su estructura económica. Las estrategias de carácter global que despliegan estas empresas extranjeras generalmente se estructuran de modo tal que las tareas de innovación quedan fuera de los países periféricos, reservándose para sus casas matrices, mientras que sus filiales periféricas ocupan roles subordinados, con escasa autonomía para desarrollar I+D local (Chesnais, 1992). Bajo la lógica de las EMN, la apropiación de beneficios prevalece sobre la acumulación tecnológica en el territorio, fragmentando la coherencia de los STN (Lavarello et al., 2023).

Por otro lado, las empresas de capital nacional aparecen como un actor débil y muchas veces funcional a la lógica de las firmas extranjeras. Como señalaron Cardoso y Faletto (1969), en lugar de consolidarse como una clase dirigente capaz de impulsar un desarrollo autónomo, las élites empresariales latinoamericanas tienden a asociarse con el capital externo, reproduciendo una inserción dependiente. Fajnzylber (1983) lo expresó en términos de una “industrialización trunca”: procesos de sustitución de importaciones que ampliaron la base productiva, pero sin consolidar capacidades propias de innovación ni un empresariado con orientación tecnológica. A ello se suma la persistencia de élites rentistas, cuya lógica de acumulación se basa más en la explotación de recursos naturales, posiciones monopólicas o ganancias financieras que en la inversión productiva de largo plazo (Fernandes, 1975).

En conjunto, la transnacionalización de los sectores estratégicos, la debilidad del empresariado nacional y la orientación rentista de las élites configuran un perfil empresarial adverso a la innovación endógena. Este rasgo completa el trípode característico de los STN-p: 1) un perfil productivo de baja densidad tecnológica, 2) la desarticulación de los subsistemas de ciencia, producción y política, y 3) una estructura empresarial extranjerizada y rentista.

En los sistemas tecnológicos periféricos, los tres atributos identificados se refuerzan mutuamente (figura 4). Por un lado, la estructura empresarial transnacionalizada y rentista

jornada. Mientras la primera es un mecanismo de subordinación externa, la segunda constituye la base interna que garantiza la reproducción del capitalismo dependiente.

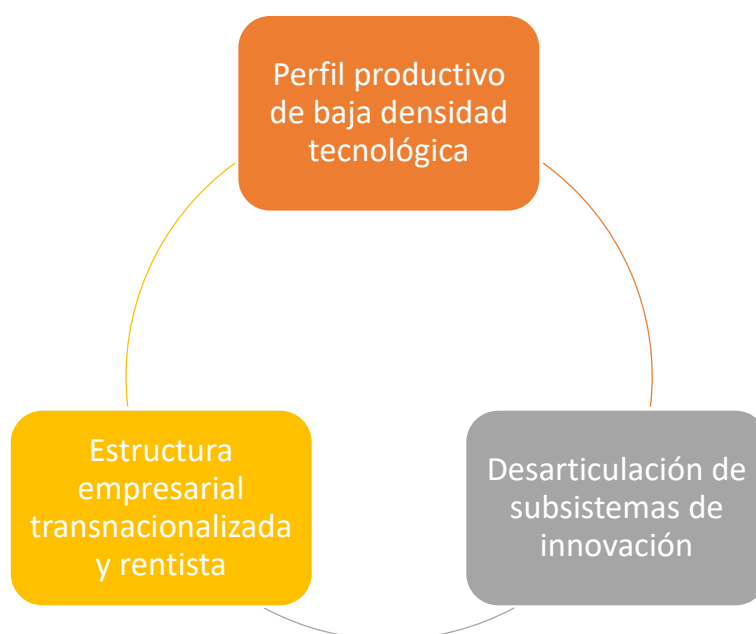
(3) contribuye a consolidar un perfil productivo de baja densidad tecnológica (1). Como señala Reyes (2025), en la periferia predomina una lógica de acumulación que privilegia la obtención de rentas vinculadas a recursos naturales, posiciones monopólicas o retornos financieros de corto plazo, en lugar de orientar las inversiones hacia actividades productivas e innovadoras. Esto limita el desarrollo de sectores con mayor contenido tecnológico y reproduce la primarización o la especialización en segmentos subordinados de las cadenas globales de valor.

Al mismo tiempo, la fuerte presencia de EMN refuerza la desarticulación de los subsistemas de innovación (2). Lejos de fomentar la integración de proveedores locales y de instituciones científicas, suelen organizar sus filiales en la periferia bajo una lógica de abastecimiento global (*resource seeking*) y de *technology sourcing*, trasladando las tareas de I+D a sus casas matrices (Lavarello, 2004; Chesnais, 2010). De este modo, las EMN tienden a profundizar la fragmentación institucional y tecnológica de los sistemas nacionales.

Finalmente, la desarticulación estructural (2) constituye un freno directo al cambio estructural (1), porque impide que la política industrial cumpla su papel central: torcer la trayectoria de las ventajas comparativas estáticas y orientarlas hacia procesos de diversificación y sofisticación productiva. Cuando los vínculos entre empresas, Estado y sistema científico-tecnológico son débiles, la política industrial pierde eficacia para alinear incentivos y escalar capacidades. En lugar de canalizar los avances en ciencia y tecnología hacia el desarrollo de tecnologías domésticas y sectores estratégicos, estos conocimientos quedan desanclados de la producción. Como advertía Fajnzylber (1983), sin un entramado articulado que permita aprovechar la base científica y tecnológica existente, la especialización periférica se reproduce y la dependencia se perpetúa.

En conjunto, estas dinámicas conforman un círculo vicioso: la estructura empresarial reproduce perfiles productivos de baja densidad tecnológica, las multinacionales profundizan la desarticulación y la falta de articulación frena el cambio estructural. 0

Figura 4. El círculo vicioso de los STN-p



Fuente: Elaboración propia

Los tres atributos presentados son estilizaciones que permiten construir un “tipo ideal” de STN-p. En la práctica, existen matices y trayectorias intermedias que no encajan plenamente en esta caracterización. Desde la perspectiva del sistema-mundo, esta diversidad se comprende mejor incorporando la categoría de semiperiferia, introducida por Wallerstein (1979) y desarrollada posteriormente por Arrighi y Drangel (1986). La semiperiferia constituye un estrato intermedio en la jerarquía tripartita del capitalismo histórico, caracterizado por una mezcla relativamente equilibrada de actividades centrales y periféricas dentro de un mismo territorio nacional. Las primeras se definen como aquellas capaces de apropiarse de una parte significativa del excedente dentro de las cadenas productivas (*core-like*), mientras que las segundas capturan poco o nada de dicho excedente (*periphery-like*). El fundamento de esta diferencia reside en la posición que cada actividad ocupa dentro de la división internacional del trabajo y en el grado de control que ejerce sobre activos estratégicos —tecnológicos, financieros y organizacionales— que determinan las barreras a la competencia.

De cualquier modo, la semiperiferia cumple una función sistémica en la acumulación mundial: contribuye a la estabilidad y legitimidad del sistema al contener dinámicas de ascenso y, al mismo tiempo, reproducir relaciones de dominación sobre países más periféricos. Por otro lado, si bien Arrighi y Drangel sostienen que la estructura tripartita

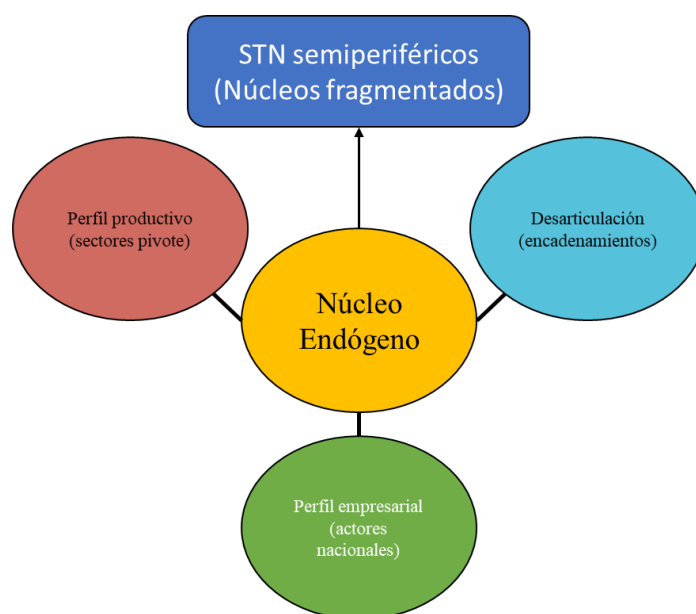
se mantiene relativamente estable a lo largo del tiempo, ello no impide que ciertos países cambien de posición relativa —ya sea ascendiendo hacia el centro o descendiendo hacia la periferia—. Dichos desplazamientos, sin embargo, no alteran la lógica sistémica: el capitalismo mundial se reproduce precisamente a través de la coexistencia de estos tres estratos diferenciados, cuyas proporciones y funciones tienden a sostenerse históricamente.

En este marco, resulta pertinente para esta tesis la introducción de la noción de “núcleo endógeno” elaborada por Fajnzylber (1983). El autor la definió como la conformación de un conjunto de empresas y organismos de ciencia y tecnología de base nacional capaces de asimilar y adaptar tecnologías internacionales, al tiempo que generan capacidades productivas y tecnológicas locales. Estos núcleos suelen articularse en torno a sectores pivote, dotados de encadenamientos hacia adelante y hacia atrás, con potencial para transformar el perfil de especialización productiva de un país.

La potencia del concepto radica en que recoge, al mismo tiempo, los tres ejes que describen a los STN-p (figura 5):

- Perfil productivo: los sectores pivote permiten superar perfiles de especialización de bajo aprendizaje —presentes tanto en actividades primarias como manufactureras— y abrir trayectorias de diversificación tecnológica.
- Articulación institucional: los encadenamientos expresan la necesidad de vínculos estables entre empresas, Estado y sistema científico-tecnológico.
- Perfil empresarial: las alianzas entre actores nacionales constituyen la base de un sistema productivo con orientación innovadora, en contraposición a la lógica rentista y dependiente.

Figura 5. El círculo vicioso de los STN-p



Fuente: Elaboración propia

En el caso de los STN-p, lo característico es precisamente la ausencia o debilidad de un núcleo endógeno. Por ello, este se convierte en una categoría puente: permite comprender tanto lo que falta en los STN-p como aquello que, en caso de existir, podría romper el círculo vicioso de la dependencia y abrir el camino hacia trayectorias semiperiféricas.

Sobre esta base es posible avanzar hacia la categoría de STN semiperiféricos, entendidos como aquellos sistemas que, aun reproduciendo rasgos de dependencia externa y fragmentación interna, logran construir núcleos endógenos parciales o sectoriales. Estos funcionan como bases de aprendizaje y escalamiento tecnológico, confiriéndoles una posición híbrida en la jerarquía global: no alcanzan la autonomía de los países centrales, pero tampoco se limitan a reproducir el patrón periférico. La noción de semiperiferia permite dar cuenta de estas configuraciones intermedias, donde se combinan capacidades endógenas emergentes con limitaciones estructurales persistentes.

1.6. Conclusiones del capítulo

El recorrido teórico desarrollado en este capítulo parte de una preocupación común por el cambio técnico como eje del desarrollo económico, pero lo hace desde una mirada que combina las tradiciones estructuralista y neoschumpeteriana. Este enfoque integrador permite trascender tanto la visión microeconómica de la innovación como las explicaciones lineales y descontextualizadas del progreso técnico.

El punto de partida fue la noción de división del trabajo, entendida en los enfoques smithiano y marxista como un proceso dinámico impulsado por la extensión del mercado y por la acumulación de capital. En este marco, la especialización productiva favorece aprendizajes, innovaciones y transformaciones estructurales, aunque al mismo tiempo genera crecientes interdependencias entre ramas y sectores. Es en este punto donde las contribuciones de Hirschman y Perroux resultan centrales, al poner el foco en los efectos de inducción intersectorial que acompañan a la especialización. Desde esta perspectiva, el cambio económico se presenta como una secuencia desigual de transformaciones impulsadas por sectores que actúan como polos o núcleos dinámicos, capaces de generar desequilibrios iniciales que inducen inversiones, innovaciones y reordenamientos del conjunto productivo.

Este desplazamiento desde la división del trabajo hacia los encadenamientos y efectos de arrastre preparó el terreno para incorporar una mirada sectorial del cambio técnico, clave en la tradición neoschumpeteriana. El concepto de paradigmas tecnoeconómicos permitió entender cómo el cambio tecnológico se organiza en torno a constelaciones de tecnologías interrelacionadas que redefinen trayectorias de acumulación e inducen la reestructuración jerárquica de los sectores. El aporte de Carlota Pérez es particularmente relevante porque introduce una dimensión temporal en el análisis, al periodizar qué ramas han ocupado posiciones de arrastre en cada ciclo histórico y mostrar cómo el capitalismo se reorganiza en torno a nuevas combinaciones tecnológicas.

A su vez, la taxonomía de Pavitt añadió una mirada micro y empírica sobre la estructura intersectorial de la innovación en un momento dado y contribuyó a pensar la lógica de creación destructiva entre paradigmas. Más allá de la obsolescencia de ciertos sectores, lo que se observa es también una dinámica de acumulación creativa, donde las capacidades sedimentadas en industrias como la de bienes de capital mantienen un papel central en la difusión de conocimiento y en la reorganización del sistema productivo. Pavitt, además, desplazó el foco desde los insumos paradigmáticos hacia las ramas que efectivamente protagonizan la generación, difusión y absorción de innovaciones, cuestión que será clave para la estrategia metodológica de esta tesis.

El paso siguiente fue situar esta dinámica en espacios nacionales concretos, a través de los enfoques de Sistemas Nacionales y Tecnológicos de Innovación. Los países no enfrentan el cambio técnico desde una posición neutral, sino desde configuraciones

productivas, institucionales y tecnológicas históricamente determinadas. Aquí el estructuralismo recobra centralidad, porque la difusión asimétrica de los paradigmas y la heterogeneidad de capacidades obligan a incorporar la jerarquía centro–periferia. En este sentido, la noción de STN-p propuesta en este capítulo permite caracterizar tres atributos recurrentes: i) un perfil productivo-comercial concentrado en ramas inducidas o de infraestructura; ii) la desarticulación institucional entre ciencia, producción y Estado; y iii) la dependencia estructural de tecnologías externas. Estos rasgos configuran un círculo vicioso que limita la acumulación de capacidades locales y refuerza la subordinación internacional.

Frente a ello, la categoría de núcleo endógeno permite pensar cómo romper ese círculo. Su emergencia actúa sobre los tres atributos: introduciendo ramas vectoras en estructuras productivas primarizadas; articulando coaliciones entre empresas nacionales, organismos de ciencia y políticas públicas; y habilitando márgenes de adaptación y aprendizaje que reducen la dependencia tecnológica. Por su parte, la noción de STN semiperiféricos aporta un matiz adicional para reconocer trayectorias intermedias, en las que se conforman núcleos endógenos parciales que sostienen procesos de catching-up con mayores márgenes de autonomía relativa.

En suma, el marco teórico aquí propuesto ofrece una relectura de la literatura del cambio técnico neoschumpeteriana desde una perspectiva estructuralista que orienta el diseño metodológico de la tesis. En el capítulo siguiente se presentará la estrategia empírica adoptada para capturar y analizar los flujos intersectoriales de conocimiento incorporado mediante matrices tecnoeconómicas y herramientas de análisis estructural. Estas permitirán operacionalizar las categorías aquí desarrolladas y evaluar comparativamente la inserción funcional de distintos países —incluida la Argentina— en el paradigma tecnoeconómico vigente.

Capítulo 2: Estrategia metodológica y revisión de antecedentes empíricos sobre la difusión de tecnologías

2.1. Introducción

La comprensión de las asimetrías globales en la difusión de la innovación tecnológica requiere herramientas que permitan representar empíricamente cómo circula el conocimiento entre sectores y países. En esta tesis se propone una estrategia metodológica centrada en la construcción y el análisis de matrices tecnoeconómicas. A partir de la combinación de datos de insumo-producto y gasto sectorial en I+D, esta herramienta permite identificar los canales materiales a través de los cuales se incorporan innovaciones tecnológicas al sistema productivo, así como mapear las posiciones relativas de cada industria y de cada país dentro del paradigma tecnoeconómico mundial.

La estrategia metodológica incluye por primera vez una articulación del enfoque insumo-producto con un marco teórico estructuralista-neoschumpeteriano que integra la perspectiva de los paradigmas tecnoeconómicos (PTE), los sistemas de innovación (Lundvall, 1992) y el enfoque centro-periferia desarrollado en el capítulo anterior. Ello fue posible gracias a la construcción de una MTEI con representación global, que solo cuenta con un antecedente reciente (Fusillo et al., 2024) que, como se verá más adelante, no incorpora los esfuerzos de diseño de un puente teórico-metodológico que sí están presentes en esta tesis. Este ejercicio teórico-metodológico, si bien implica tomar licencias que simplifican las propuestas originales, ofrece la ventaja de traducir categorías analíticas de alta abstracción en métricas empíricas capaces de dar cuenta de formas concretas del proceso de reproducción del capital y de las jerarquías tecnológicas internacionales.

El capítulo se organiza en cinco secciones, articulando dimensiones conceptuales, metodológicas y operativas. La sección 2.2 introduce la noción de matriz tecnoeconómica como submodelo estructural de los efectos de arrastre por productividad, retomando los aportes de François Perroux (1973) y formulando el concepto de espacio tecnoeconómico como marco abstracto para representar flujos de conocimiento incorporado. La sección 2.3 revisa críticamente los antecedentes metodológicos en la medición de flujos de I+D,

identificando tanto sus aportes como sus vacancias, y destaca el lugar que ocupa esta tesis dentro de esa literatura. La sección 2.4 presenta las fuentes de información empírica, el procedimiento de armonización estadística y los criterios que guiaron la construcción de la MTEI. La sección 2.5 constituye el núcleo metodológico del capítulo: en ella se detallan los pasos seguidos en la construcción de la matriz, los indicadores derivados y, de manera central, el método de clasificación de sectores y países, además de la incorporación del SNA para captar jerarquías, centralidades y patrones de conectividad. Finalmente, la sección 2.6 presenta las conclusiones del capítulo, sintetizando los aportes metodológicos y preparando el terreno para el análisis empírico desarrollado en el capítulo 3.

2.2. La difusión tecnológica como problema estructural: fundamentos para una representación matricial

La medición empírica de los flujos tecnológicos entre sectores representa un desafío complejo tanto teórico como metodológico. A diferencia de los flujos de bienes o capital, los flujos de conocimiento no siguen trayectorias estables, no se rigen por criterios homogéneos de circulación y, en la mayoría de los casos, no son directamente observables (Marengo y Sterlacchini, 1990). El conocimiento tecnológico puede difundirse mediante artefactos físicos, servicios, rutinas organizacionales, aprendizaje tácito o mecanismos institucionales. Cada uno de estos canales presenta una dinámica distinta, y muchos de ellos quedan fuera del registro estadístico convencional (DeBresson, 1996). Por ello, antes de adentrarse en las metodologías disponibles para representar empíricamente estos procesos —y, en particular, en la propuesta metodológica central de esta tesis—, es necesario realizar un paso intermedio: presentar una aproximación conceptual al espacio donde dichos efectos de inducción tecnológica se manifiestan y justificar los supuestos bajo los cuales una determinada modalidad de difusión (la tecnología incorporada) puede ser capturada cuantitativamente.

En ese marco, esta sección se organiza en dos partes complementarias. En la primera se recupera el modelo de François Perroux (1973) como una herramienta conceptual fundamental para formalizar los mecanismos de inducción estructural en un espacio económico jerarquizado. A partir de su distinción entre efectos de arrastre por producto, por productividad y por inversión, Perroux propone desarrollar submodelos que permitan

identificar de forma diferenciada los canales de arrastre entre unidades económicas desiguales. Esta formulación ofrece un puente entre las conceptualizaciones abstractas del desarrollo desigual y la necesidad de construir matrices funcionales. En la segunda parte se presenta el concepto de espacio tecnoeconómico, entendido como el marco abstracto donde se configuran los flujos de conocimiento incorporado entre sectores, y se anticipa la construcción de la matriz tecnoeconómica como submodelo empírico orientado a representar la difusión tecnológica mediada por la compra-venta de productos.

2.2.1. Del espacio abstracto a las matrices de difusión tecnológica: el enfoque inductivo de Perroux

En continuidad con la noción de espacio económico abstracto desarrollada en Perroux (1950), su trabajo posterior de 1973 introduce una formalización más operativa de dicha idea al construir una teoría de los efectos de arrastre (*effets d'entraînement*) o efectos dominó. En esta formulación, el espacio económico deja de ser una noción puramente intuitiva o conceptual y se convierte en una estructura relacional y jerárquica, compuesta por unidades interdependientes cuyas acciones generan influencias diferenciales sobre otras unidades del sistema. Esta perspectiva resulta particularmente útil para abordar la distribución desigual del cambio técnico en una economía y justificar la construcción de matrices que den cuenta de los flujos asimétricos entre sectores.

Perroux parte de la premisa de que el crecimiento económico no se distribuye homogéneamente entre las distintas unidades (empresas, sectores o regiones), sino que ciertas unidades inducen crecimiento en otras, ya sea por su peso económico, su capacidad de innovación y/o su centralidad funcional. Para representar esta relación, propone una formalización sencilla pero potente:

$$dg_2 = \hat{\alpha} dg_1 \text{ con } 0 < \hat{\alpha} < 1$$

Donde dg_1 y dg_2 son los diferenciales de crecimiento (o cambio técnico) de dos unidades S_1 y S_2 , y $\hat{\alpha}$ representa el coeficiente de inducción entre ambos. Esta formulación expresa la idea de que el crecimiento de una unidad puede tener un efecto directo y mensurable sobre otra, sin necesidad de asumir equilibrio general ni simetría en las relaciones.

A partir de allí, Perroux distingue tres mecanismos principales de inducción (figura 6), cada uno con una lógica y un canal específico:

- a. Efecto de arrastre por producto

Es el tipo de arrastre que se manifiesta mediante flujos materiales de bienes y servicios entre sectores, siendo los más semejantes a los encadenamientos productivos de Hirschman —sección 1.3.1—. Su lógica está directamente asociada a los encadenamientos insumo-producto, en los que un aumento de producción o de demanda en un sector genera un aumento correlativo en la producción de sectores vinculados hacia atrás (proveedores) o hacia adelante (clientes). Empíricamente, se mide usualmente mediante coeficientes derivados de MIPS:²⁶

- Encadenamiento hacia atrás: proporción de insumos intermedios adquiridos sobre producción total.
- Encadenamiento hacia adelante: proporción de ventas intermedias sobre ventas totales.

Este “efecto dominó” es el más directamente observable y cuantificable en términos contables, aunque —como advierte Perroux— representa solo una fracción del fenómeno inductivo general.

b. Efecto de arrastre por productividad

Este tipo de inducción refiere a la transmisión de mejoras técnicas o de eficiencia entre sectores. Puede ocurrir por *spillovers* de conocimiento, por la difusión de prácticas organizacionales o por la incorporación de nuevas tecnologías en la lógica de producción de un sector que repercute sobre otros. Su representación formal se expresa mediante una función dependiente de productividad:

$$\hat{P}_2 = f(\hat{P}_1)$$

donde $\hat{P}_2$ es la variación de productividad del sector receptor y $\hat{P}_1$ la del sector emisor. Este efecto resulta más difícil de identificar empíricamente, ya que involucra procesos de aprendizaje, reorganización del trabajo y transformaciones en las rutinas productivas, muchas veces invisibles a la contabilidad nacional tradicional.

²⁶ Las dos principales metodologías desarrolladas para medir encadenamientos productivos —hacia atrás y hacia adelante— a partir de matrices insumo-producto corresponden a los trabajos de Chenery y Watanabe (1958) y Rasmussen (1963). Mientras que el primero calcula encadenamientos directos sobre la base de la matriz de coeficientes técnicos, el segundo propone una medición total (directa e indirecta) a partir de la matriz inversa de Leontief, permitiendo captar los efectos acumulativos del sistema productivo.

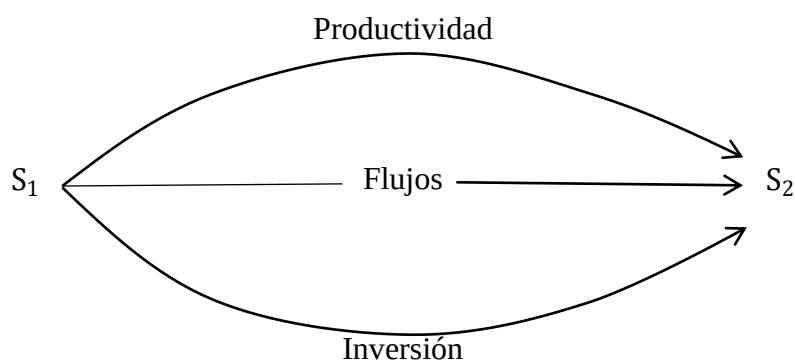
c. Efecto de arrastre por inversión

Aquí se examinan los vínculos inducidos a partir del proceso de acumulación. La inversión en un sector puede generar nuevas demandas o modificar las expectativas de rentabilidad en sectores adyacentes, produciendo decisiones de inversión inducida. Este tipo de relación introduce una dimensión temporal explícita y no reversible, algo central en la crítica de Perroux al equilibrio general. La inversión total en un sector se descompone como:

$$dI_i = dI_{gi} + \sum dI_j$$

donde dI_{gi} es la inversión autónoma y $\sum dI_j$ representa las inversiones inducidas por la interacción con otras unidades. Este efecto es particularmente relevante para pensar las trayectorias de cambio estructural en el largo plazo.

Figura 6. Efectos de arrastre desde sector 1 hacia 2



Fuente: Perroux (1973, pág. 652)

Frente a estos mecanismos, Perroux advierte que las matrices insumo-producto tradicionales sólo permiten observar con cierta fidelidad los efectos de arrastre por producto, pero resultan ciegas o insuficientes para captar los otros dos canales. Por ello, propone el desarrollo de lo que llama submodelos sectoriales, orientados en el tiempo y sensibles a las asimetrías estructurales, que permitan analizar de manera diferenciada los efectos de inducción que atraviesan una economía.

Estos submodelos son modelizaciones específicas de relaciones causales orientadas, construidas con el objetivo de capturar combinaciones estructurales (no meramente estadísticas) entre unidades. Cada submodelo sería una expresión concreta de un tipo

particular de efecto de arrastre y permitiría avanzar en la construcción de matrices más informativas y cercanas a la lógica inductiva que Perroux asocia al desarrollo.

Desde esta perspectiva, esta tesis retoma este llamado metodológico y propone construir un submodelo sectorial orientado específicamente a analizar la difusión de innovaciones tecnológicas incorporadas en el marco de los STN. Para ello, se delimita conceptualmente un espacio donde estas relaciones se manifiestan —el espacio tecnoeconómico—, y se propone una herramienta empírica —la matriz tecnoeconómica— que repondra los flujos insumo-producto por la intensidad innovadora de cada rama. Como se detallará en la siguiente sección, esta matriz busca ser una aproximación operativa al análisis de los efectos de arrastre por productividad mediada por bienes, es decir, a uno de los canales clave de inducción estructural anticipados por Perroux.

2.2.2. El espacio tecnoeconómico como submodelo de difusión tecnológica incorporada

Como se discutió en el capítulo teórico, los STN describen estructuras complejas de interacción entre subsistemas científicos, técnicos, mercantiles e institucionales. No obstante, para abordar empíricamente las trayectorias de difusión tecnológica intersectorial, resulta necesario delimitar —siguiendo un espíritu perrouxiano— un espacio más acotado y formalizable que se define como espacio tecnoeconómico. Este constituye el marco abstracto donde se definen las relaciones de transmisión de conocimiento tecnológico incorporado entre sectores productivos, a través de vínculos estructurados por la lógica de la complementariedad productiva.

Siguiendo a DeBresson (1996), el espacio tecnoeconómico puede entenderse como el resultado del solapamiento entre dos dimensiones analíticas:

- El espacio económico, donde la relación entre firmas (sectores) se define por la cercanía en términos de encadenamientos productivos, es decir, por la densidad y relevancia de los vínculos insumo-producto que los conectan directamente o mediante terceros, generando una interdependencia funcional en la producción de bienes y servicios, y
- El espacio técnico, definido por la distribución sectorial de las capacidades innovadoras, como la intensidad en I+D o el desempeño tecnológico relativo.

La intersección entre estos espacios genera una red de circulación de innovaciones objetivadas en bienes y servicios, es decir, productos que condensan conocimiento tecnológico y que circulan dentro del sistema productivo mediante canales materiales. Las empresas y sectores que participan en este espacio pueden conceptualizarse como nodos agregados por rama de actividad, conectados por flujos de tecnologías incorporadas.

Esta configuración relacional coincide con la lógica de estructuración del espacio económico de Perroux (1973), donde las unidades ocupan posiciones jerárquicas diferenciadas, y la dirección de los flujos responde a su centralidad productiva y a su intensidad innovadora.

Estos flujos no se distribuyen de forma aleatoria. Por el contrario, su dirección y concentración responden a la configuración estructural de cada economía y a su inserción en la división internacional del trabajo. Sectores con alta conectividad productiva —es decir, con múltiples vínculos hacia adelante y hacia atrás— presentan mayor probabilidad de recibir y diseminar innovaciones, dado que funcionan como puntos de intersección entre cadenas productivas. Como sostiene DeBresson (1996), cuanto más encadenado está un sector dentro de la red productiva, mayor es la densidad de interacciones que lo atraviesan, y, por ende, más alta la probabilidad de que en él se introduzcan nuevas tecnologías:

In locations where the number of possible combinations of factors and uses was greatest because the number of pre-existing linkages with supply factors (upstream) and demand uses (downstream) is the greatest, innovative activity would be most likely to occur. Therefore, prior economic integration shapes the conditional probability distribution of innovative outcomes. (DeBresson, 1996, p. 305)

En este marco, la difusión tecnológica incorporada no debe concebirse como una externalidad automática ni como un mero efecto cuantitativo sobre la productividad. Por el contrario, implica la adopción activa de artefactos técnicos que reconfiguran procesos de trabajo, rutinas productivas y formas de organización industrial. Su impacto puede ser tanto incremental como radical, afectando no sólo la eficiencia, sino también la lógica cualitativa del sistema productivo.

En cuanto a los mecanismos de circulación, siguiendo a Papaconstantinou et al. (1998), es posible distinguir entre la difusión incorporada y desincorporada. La primera se refiere

a la transmisión de conocimiento a través de insumos intermedios, bienes y servicios de inversión —es decir, artefactos que encapsulan tecnología—, mientras que la segunda alude a formas más intangibles como licencias, asistencia técnica, publicaciones, aprendizaje informal o patentes. Estas últimas, además de ser instrumentos de protección, también cumplen un papel como vectores de difusión tecnológica, al codificar y divulgar información técnica que puede ser utilizada por terceros no titulares. No debe suponerse que las capacidades de absorción son sólo relevantes en el caso de la difusión desincorporada: también la tecnología incorporada requiere habilidades específicas para ser asimilada, adaptada y utilizada eficazmente por los sectores receptores, especialmente cuando involucra procesos de aprendizaje organizativo o cambios en los perfiles ocupacionales.

Cabe señalar que mientras la difusión incorporada obedece a una lógica estructurada por la complementariedad material entre procesos productivos, los flujos desincorporados parecen organizarse según una proximidad de tipo funcional, asociada a la convergencia entre las bases de conocimiento que emplean las firmas o sectores (véase sección 2.3). En estos casos, la cercanía entre unidades no depende tanto de su posición en una cadena productiva común, sino de la proximidad en sus bases de conocimientos. Dicho de otro modo, las trayectorias de difusión desincorporada se despliegan en un espacio donde las empresas están próximas no por su participación conjunta en la producción de mercancías, como definimos al espacio económico, sino por compartir un mismo lenguaje técnico, una base de habilidades análoga o una plataforma cognitiva convergente.

Más aún, dentro de la difusión incorporada se pueden identificar distintos canales de circulación: i) adquisición de insumos intermedios nacionales, ii) adquisición de bienes de capital nacionales, iii) importación de insumos intermedios, y iv) importación de bienes de capital. Estos canales permiten descomponer la dependencia tecnológica de cada economía no sólo por el tipo de bien involucrado, sino también por su origen geográfico, revelando así la posición relativa de los países en la jerarquía tecnológica internacional (véase sección 2.5.4).

El espacio tecnoeconómico, entonces, ofrece una representación funcional de los procesos de innovación y difusión que atraviesan el sistema productivo, permitiendo analizar no sólo quién genera y utiliza tecnología, sino también cómo fluye esa tecnología entre ramas de actividad. En este trabajo, dicho espacio será reconstruido empíricamente

mediante la construcción de una matriz tecnoeconómica, que pondera las relaciones insumo-producto por la intensidad innovadora de las ramas proveedoras (medida por el gasto en I+D). Esta matriz permite mapear la estructura de difusión de tecnologías incorporadas, identificando sectores difusores, inducidos y las jerarquías que organizan sus interacciones.²⁷

En este sentido, la matriz tecnoeconómica constituye una instancia aplicada del submodelo sectorial sugerido por Perroux: una representación cuantitativa de uno de los canales de arrastre estructural —el vinculado a la productividad mediada por bienes— que permite estudiar cómo se distribuye las tareas funcionales asociadas al cambio tecnológico dentro de la unidad mundial como diferenciando en sus expresiones en espacios nacionales.

Ahora bien, debe advertirse que la representación matricial adoptada en este trabajo —la matriz tecnoeconómica— captura de manera operativa sólo una fracción del enfoque de Perroux. En particular, al tratarse de una herramienta estática, esta representación deja fuera un aspecto crucial de su modelo: la dimensión temporal de los efectos de arrastre. Para Perroux, los submodelos sectoriales no sólo distinguían entre canales de inducción (producto, productividad, inversión), sino que además buscaban dar cuenta de la direccionalidad y la secuencia temporal de las interacciones, en abierta crítica a los supuestos de equilibrio estático. En consecuencia, la matriz aquí construida debe entenderse como una aproximación parcial, centrada en las interdependencias tecnológicas que se observan en un punto del tiempo como resultado de un proceso histórico de producción y circulación de conocimiento, lo cual no sustituye la riqueza dinámica del planteo original.

²⁷ La matriz tecnoeconómica constituye sólo una aproximación parcial al enfoque de Perroux: al ser una herramienta estática, omite la dimensión temporal de los efectos de arrastre, aspecto central de sus submodelos. En este trabajo, por lo tanto, la matriz debe entenderse como una representación de las interdependencias tecnológicas observadas en un punto del tiempo, resultado de procesos históricos de producción y circulación de conocimiento.

2.3. La medición empírica de los flujos tecnológicos: enfoques, avances y vacancias

La medición de los flujos tecnológicos ha dado lugar a una variedad de aproximaciones metodológicas que buscan capturar la compleja dinámica de la innovación intersectorial. En esta sección se revisan, en primer lugar, los principales enfoques para medir los flujos de conocimiento —ya sea en forma incorporada o desincorporada— y las diferentes propuestas de matrices que se han desarrollado con ese propósito. En segundo lugar, se profundiza en el estado del arte de las matrices tecnoeconómicas, que constituyen la tradición más directamente vinculada con los objetivos de esta tesis, destacando sus aportes, limitaciones y vacancias.

2.3.1. Propuestas de medición de flujos tecnológicos: enfoques y criterios

La literatura sobre flujos tecnológicos ha desarrollado distintas metodologías para capturar cómo circula el conocimiento entre industrias y sectores. Un punto de partida común es la distinción entre tecnologías “incorporadas” y “desincorporadas”, que orienta los criterios de medición y la construcción de indicadores. A partir de esta diferencia, Dietzenbacher y Los (2002) señalan que existen dos formas de rastrear dichos flujos: según su “finalidad productiva” o según su “complementariedad de base de conocimiento”.

Por un lado, está el criterio de “complementariedad (o finalidad) productiva” del nuevo conocimiento tecnológico que pone énfasis en seguir la dirección de una nueva tecnología de acuerdo con las esferas productivas donde este será útil. Generalmente, este criterio es el utilizado por quienes estudian los flujos de conocimiento incorporado. Aquí un nuevo conocimiento tecnológico está objetivado en bienes o servicios que se integran en rutinas, permitiendo mejoras de eficiencia y rendimiento sin requerir necesariamente que los usuarios comprendan todos los detalles técnicos subyacentes.

Por otro lado, está el criterio de “complementariedad (o ampliación) de la base de conocimiento” y se relaciona con la difusión de tecnologías desincorporadas, como teorías científicas, métodos analíticos o prácticas de gestión, que requieren ser adaptadas y aprendidas directamente por los agentes económicos para generar nuevas aplicaciones o innovaciones.

Mientras que el primero se orienta a resultados productivos inmediatos, el segundo refuerza las capacidades cognitivas y tecnológicas del sistema, aumentando su potencial para futuros desarrollos. Si seguimos el criterio de finalidad productiva una mejora en una computadora, por ejemplo, posiblemente afectaría a la industria de servicios financieros en tanto usuaria de estas tecnologías. Sin embargo, la innovación de la computadora podría haber generado nuevos conocimientos útiles para la industria de fabricación de equipos de comunicación, incluso si la computadora mejorada en sí misma no fuera utilizada directamente en esa industria. De acuerdo con el criterio de proximidad utilizado, se define la imputación del destino del nuevo conocimiento tecnológico, lo que condiciona la forma en que se identifican los sectores receptores y se representa la difusión intersectorial de la innovación.

Bajo la consideración de estas observaciones se identificaron 4 propuestas para la medición de los flujos tecnológicos. Todas ellas se basan en matrices de doble entrada donde en la fila se describe la fuente institucional o industrial de la nueva tecnología y en las columnas sus respectivos usuarios. Estas son: i) las matrices de conocimiento, ii) las matrices de invenciones, iii) la matriz de innovaciones y iv) las matrices tecnoeconómicas (Tabla 1).

Tabla 2. Principales enfoques para la medición empírica de los flujos tecnológicos

Tipo de matriz	Base de información	Criterio dominante	Antecedentes principales
Matrices de conocimiento	Datos bibliométricos (co-publicaciones, co-citaciones)	Complementariedad de base de conocimiento	Jaffe (1986); Narin et al. (1997); Verspagen (1997)
Matrices de invenciones	Patentes (citas, clases tecnológicas, flujos de invenciones)	Complementariedad (o finalidad) productiva	Scherer (1982); Johnson & Evenson (1997)
Matrices de innovaciones	Encuestas de innovación (información directa de firmas sobre innovaciones y sus usos)	Complementariedad (o finalidad) productiva	Pavitt (1984); DeBresson (1996); Evangelista et al. (1997)
Matrices tecnoeconómicas (incluye I+D incorporado)	Matrices insumo-producto reponderadas con <i>proxies</i> tecnológicos (I+D sectorial, intensidad innovativa, etc.)	Complementariedad (o finalidad) productiva	Terleckyj (1974); Marengo & Sterlacchini (1990); Papaconstantinou et al. (1998); Leoncini & Montresor (2000); Montresor & Vittucci Marzetti (2008, 2009); Hauknes & Knell (2009); Drejer (2000); Gonçalves & Neto (2016); Fusillo et al. (2024)

Fuente: Elaboración propia

Las matrices de flujos de conocimiento son la única metodología que intenta captar los flujos de conocimientos tecnológicos desincorporados, y también la única que sigue el criterio de proximidades de bases de conocimiento. En un contexto intersectorial, este tipo de difusión suele estudiarse mediante el análisis de las citas de patentes (Verspagen, 1997; Los & Verspagen, 2000) o proximidades tecnológicas entre empresas (Jaffe, 1986; Goto & Suzuki, 1989). El objetivo de estos trabajos es captar las externalidades tecnológicas que generan las inversiones en I+D usando las respectivas matrices de flujos de conocimiento como medios de circulación.

Las 3 propuestas restantes siguen el criterio usuario-proveedor. Las matrices de flujos de invenciones y de innovaciones se caracterizan por medir el flujo de un registro de innovaciones de productos capturadas por patentes (matrices de invenciones), o bien, por

encuestas de innovación (matrices de innovaciones) distribuidas de acuerdo con el criterio de finalidad productiva. La literatura que revisa estos trabajos suele afirmar —con algunas excepciones como Verspagen (1997) y Dietzenbacher & Los (2002)— que estas metodologías están midiendo flujos tecnológicos “desincorporados” ya que no están basadas en relaciones insumo-producto efectivas. No obstante, aquí se considera que estos flujos son del tipo “incorporados” ya que al tratarse de invenciones/innovaciones de producto su difusión efectiva requerirá, en última instancia, la compra-venta de estos productos.

La matriz de flujos tecnoeconómicos también consiste medir flujos de conocimientos incorporados según el criterio de finalidad productiva. A diferencia de las matrices de invenciones/innovaciones, aquí se utilizan medidas menos directas de las innovaciones de producto (empleando como proxy a la inversión en I+D), pero más directas en cuanto a su asignación ya que utilizan tablas insumo-producto, basadas en registros de transacciones económicas efectivas. Se asume que, aun cuando no mide la difusión de innovaciones que sean registradas formalmente como tales, el I+D de una industria deriva en la introducción de nuevos o mejores productos y que ellos circulan, luego, en la dirección y proporción de las relaciones insumo-producto ya establecidas.

De las cuatro tradiciones, la que resulta de mayor interés para esta tesis es la de las matrices tecnoeconómicas, en tanto permite captar los flujos de tecnología incorporada en bienes intermedios y de capital, y con ello analizar de forma estructural la difusión de innovaciones en las economías nacionales y en el sistema mundial.

2.3.2. Avances y limitaciones en la aplicación de matrices tecnoeconómicas

El enfoque de las matrices tecnoeconómicas parte de la idea de que el gasto en I+D puede emplearse como proxy del esfuerzo innovador sectorial y que dicho esfuerzo se transmite hacia los sectores usuarios en proporción a la intensidad de sus encadenamientos productivos. Al reponderar las matrices insumo-producto con información tecnológica, es posible estimar los flujos intersectoriales de innovación incorporada en bienes intermedios y de capital, lo que convierte a estas matrices en una herramienta privilegiada para analizar los procesos de difusión tecnológica desde una perspectiva estructural.

El trabajo de Terleckyj (1974) suele referirse como el primer antecedente, donde se realizó un estudio exploratorio sobre los efectos de la I+D en el crecimiento de la productividad industrial en EE.UU. para el período 1948-1966. La conexión entre I+D

incorporado y productividad se convirtió en objeto de un amplio cuerpo de estudios posteriores que, no obstante, no son el foco de interés de esta tesis.²⁸ En cambio, la presente tesis se inscribe en una subrama que utiliza la misma metodología para analizar, desde una perspectiva estructural-sectorial, los patrones de interdependencia tecnológica entre ramas productivas y países.

Un pilar de esta literatura por el refinamiento de los indicadores cuantitativos y la incorporación de flujos internacionales fue el trabajo de Papaconstantinou et al. (1998). Allí, los flujos de I+D se descomponen en cinco elementos (domésticos e importados, diferenciando insumos intermedios y bienes de capital), y se propone un indicador sintético —el multiplicador tecnológico— que distingue entre sectores netamente difusores y sectores dependientes de fuentes externas. Este refinamiento fue retomado y ampliado por Hauknes & Knell (2009), quienes además propusieron una extensión de la taxonomía de Pavitt para evaluar sus resultados.²⁹

Como se introdujo en la sección 1.5.2, un antecedente central de estos trabajos ha sido el de Leoncini et al. (1996), donde se introduce el uso del SNA para examinar los flujos intersectoriales de I+D, con el objetivo de capturar propiedades sistémicas y estructurales que los indicadores tradicionales derivados de tablas insumo–producto no permitían observar. Su contribución radicó en mostrar cómo las métricas de redes (densidad, centralización, centralidad) podían complementar la medición de la difusión tecnológica al identificar posiciones centrales, nodos periféricos y patrones de interdependencia entre sectores. En este marco, propusieron el concepto de STN y, a partir de él, redefinieron por primera vez la matriz de flujos de I+D como “matriz tecnoeconómica”.

Este trabajo se aplicó para comparar a Italia y Alemania, identificando mayores niveles de conexión y especialización en ramas proveedoras en este último. En una línea argumental similar, Leoncini & Montresor (2000) analizaron ocho países de la OCDE durante los años ochenta y noventa, concluyendo que el tamaño de los países y el modelo

²⁸ Para una recopilación de estos trabajos, véase *Economic Systems Research* (1997), volúmenes 1 y 2.

²⁹ La extensión de la taxonomía de Pavitt propuesta por Hauknes y Knell (2009) consiste en pasar de los cuatro grupos originales (basados en ciencia, proveedores especializados, escala intensivos y dominados por proveedores) a ocho categorías. Para ello: (i) dividen a las industrias proveedoras dominadas en dos grupos —energía/minería y sectores tradicionales (incluida agricultura)—; (ii) separan a los materiales de las industrias escala intensivas; y (iii) distinguen a los servicios en servicios empresariales intensivos en conocimiento (KIBS, por sus siglas en inglés) y “otros servicios”.

de capitalismo³⁰ influyen decisivamente en la estructura de sus STN. Si bien enuncian la hipótesis de que las variantes de modelos capitalistas —citando como referencia a Albert (1991)— inciden en las diferencias observadas en los respectivos STN, en ningún momento precisan con claridad a qué refieren con este concepto ni fundamentan por qué determinados países son identificados con un modelo capitalista u otro.

Otros trabajos en esta línea han sido los de Montresor & Marzetti (2008, 2009) que aplicaron análisis de redes a matrices tecnoeconómicas para 15 países de la OCDE, identificando clústers tecnológicos jerárquicos y abordando problemas metodológicos como el efecto de escala y la selección de puntos de corte (véase sección 2.5.5).

La aplicación de estas metodologías a países por fuera de la OCDE ha sido escasa. En Asia, Chang & Shih (2005) compararon Taiwán y China mediante análisis de redes, y Guan & Chen (2009) analizaron la industria manufacturera china mostrando creciente concentración en pocos sectores proveedores. Shi & Woo (2019) extendieron este enfoque a los BRICS. Más marginal aún, Soofi & Ghazinoory (2010) estudiaron Irán, concluyendo que su sistema manufacturero es disperso y dependiente de pocos sectores estatales. Gonçalves & Neto (2016) compararon emergentes (Brasil, China, Rusia, Sudáfrica) con países desarrollados, destacando la heterogeneidad interna de los primeros. En síntesis, se trata de avances valiosos, pero todavía fragmentarios y con escasa representación de América Latina.

En este contexto, Gentili (2023) analizó Argentina y Canadá, combinando matrices tecnoeconómicas con un breve examen de los rasgos histórico-estructurales de sus SNI (recursos naturales, maduración industrial, apertura económica, vínculo con el sistema científico-tecnológico).³¹

³⁰ Si bien Leoncini & Montresor (2000) enuncian la hipótesis de que las variantes de modelos capitalistas —citando como referencia a Albert (1991)— inciden en las diferencias observadas en los respectivos STN, en ningún momento precisan con claridad a qué refieren con este concepto ni fundamentan por qué determinados países son identificados con un modelo capitalista u otro. La noción aparece como un recurso explicativo general, pero sin una elaboración histórico-institucional que conecte de manera sistemática las trayectorias nacionales con las configuraciones tecnoeconómicas resultantes.

³¹ Estos hallazgos dialogan con un trabajo previo del mismo autor, que ya había comparado a ambos países como economías de origen primario-exportador pero con trayectorias divergentes en la conformación de sus sistemas tecnológicos. Además, el trabajo ofrece una profundización sobre las virtudes y limitaciones de estas metodologías

Más recientemente, Fusillo et al. (2024) construyen por primera vez una matriz mundial de flujos de I+D incorporado, combinando la base de datos *World Input-Output Database* (WIOD) y los datos de I+D de empresas de la OECD (ANBERD-OECD) para 23 sectores en 30 países durante 2009–2013. Su mayor aporte radica en el carácter panel de la base, que permite observar la evolución anual de la red global de I+D, y en la aplicación de métricas avanzadas de redes (centralidades, *hubs/authorities*, *transitivity*, *gatekeeping*, comunidades). El trabajo muestra la pervasividad de la difusión de I+D a escala global, aunque polarizada y concentrada en sectores TIC, farmacéuticos y de transporte, y confirma la persistencia de las fronteras nacionales como ámbito predominante de circulación de la innovación. Sin embargo, su aproximación se mantiene en el terreno descriptivo y metodológico, sin avanzar en una problematización teórica sobre las desigualdades centro–periferia ni en una articulación con marcos de desarrollo.

En conjunto, si bien estos trabajos lograron un avance metodológico notable, el análisis cuantitativo no se acompañó de un estudio histórico-institucional en profundidad, lo que dificultó explicar por qué las estructuras observadas adoptaban determinadas configuraciones.

En ese sentido, los trabajos de Ina Drejer (1999, 2000) constituyen hasta ahora la excepción más relevante. Desde un enfoque de los SNI, la autora comparó Alemania, Reino Unido, Japón y Estados Unidos, mostrando que los flujos de I+D tienden a organizarse en torno a dos grandes núcleos tecnológicos: la química/farmacéutica y la electrónica-comunicaciones-transporte. Sin embargo, el peso relativo de cada uno varía según la trayectoria histórica: en Alemania predomina la química industrial, en el Reino Unido la aeroespacial y farmacéutica, en Japón la electrónica y el transporte, y en Estados Unidos una combinación de industrias de alta tecnología junto con la química. El hallazgo revela que incluso entre economías avanzadas persisten estilos nacionales diferenciados de acumulación tecnológica, ligados a sus historias de industrialización, y que las matrices tecnoeconómicas pueden articularse con un análisis histórico-estructural. Esta línea, sin embargo, no ha tenido continuidad.

En suma, la revisión de la literatura muestra avances notables en la construcción de matrices tecnoeconómicas y en el uso de análisis de redes para captar la difusión intersectorial de la I+D. Sin embargo, persisten vacancias significativas: escasa aplicación a países periféricos y, en particular, a América Latina; débil articulación entre las herramientas metodológicas y un marco teórico que permita interpretar los resultados en

clave de desarrollo desigual; y limitada incorporación de las trayectorias históricas y materiales que explican la especificidad de cada estructura nacional. La presente tesis busca aportar en estos tres frentes, extendiendo la cobertura empírica hacia economías periféricas, integrando la metodología con un marco estructuralista y neoschumpeteriano, y articulando los hallazgos cuantitativos con un análisis histórico-comparado que permita comprender tanto las regularidades globales como las particularidades nacionales en la difusión de la innovación.

Adicionalmente, mientras que la mayoría de los estudios ha optado por utilizar la taxonomía sectorial de Pavitt para interpretar sus resultados, esta tesis propone una estrategia alternativa de clasificación: operativizar categorías de los PTE (Pérez, 1986, 2010) para caracterizar a las industrias —a partir de indicadores contruidos con la matriz tecnoeconómica mundial—, y emplear la tipología Centro–Semiperiferia–Periferia de la literatura Sistema-Mundo (Arrighi y Drangel, 1986), debidamente adaptada, para clasificar a los países según sus perfiles y desempeños tecnoeconómicos . Esta propuesta metodológica constituye un aporte, en tanto permite articular de manera más directa el análisis empírico con un marco interpretativo que vincula estructura sectorial y jerarquías internacionales, ofreciendo así una lectura más rica de los procesos de desarrollo desigual.

2.4. Fuentes y preparación de la base de datos

Ha quedado establecido que la construcción de las matrices tecnoeconómicas requiere, como insumo básico, un vector sectorial de gasto en I+D y una tabla insumo-producto correspondiente a cada país de referencia.

Las tablas insumo-producto utilizadas en este trabajo provienen de la base internacional elaborada por la OCDE (ICIO-OECD, edición 2021). Esta base contiene matrices anuales que describen los flujos de bienes y servicios intermedios y finales entre 67 países (38 miembros de la OCDE y otros 29 no miembros), organizados en 45 sectores según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, Revisión 4 (ISIC Rev. 4). El período de cobertura abarca desde 1995 hasta 2020, con valores expresados en dólares estadounidenses a precios corrientes. Estas tablas constituyen una infraestructura estadística internacional robusta, que permite mapear de manera coherente los flujos de producción, consumo e inversión dentro de cada país, así como el comercio internacional desagregado por sector y por país.

En cuanto al vector de I+D empresarial, se ha recurrido a la base de datos *Analytical Business Enterprise Research and Development* (ANBERD), también elaborada por la OCDE. Esta fuente de acceso abierto recopila datos anuales sobre el gasto en I+D empresarial, desagregado por sector, a partir de registros oficiales de agencias estadísticas nacionales. La versión utilizada de ANBERD presenta información desde 1987 para países miembros de la OCDE y algunas economías no miembros, con desagregación de hasta 100 ramas industriales, también clasificadas según ISIC Rev. 4. Los datos se encuentran expresados tanto en monedas nacionales como en dólares estadounidenses a paridad de poder adquisitivo (PPA), disponibles a precios corrientes y constantes.

Sin embargo, ANBERD no presenta una cobertura completa y homogénea para todos los países ni en términos de los años disponibles ni en el nivel de desagregación sectorial. Es frecuente que, incluso dentro de un mismo país, falten datos para ciertos años o que el desglose sectorial varíe. En algunos casos, la falta de uniformidad de ANBERD obligó a complementar la información con registros alternativos provenientes de agencias estadísticas nacionales. Los detalles de este proceso se exponen en el Anexo 2.

Como resultado, se ha construido una MTEI correspondiente al año 2016, que abarca 35 economías nacionales y 32 sectores productivos (ver Anexo 1). En conjunto, estos países representan alrededor del 84% del PIB mundial y el 85% de las exportaciones globales en 2016, lo que asegura un alto grado de representatividad internacional de la base construida.

La elección del año 2016 no solo respondió a criterios de disponibilidad y consistencia entre ICIO y ANBERD, sino también a consideraciones sustantivas. Se trata de un año que permite captar con nitidez el despliegue tecnológico del paradigma TIC, ya consolidado en sectores clave, aunque aún previo a la difusión masiva de tecnologías asociadas a la inteligencia artificial. Al mismo tiempo, constituye un período que evita las distorsiones propias de los años de pandemia, en los que tanto la producción como el comercio internacional presentaron fuertes alteraciones coyunturales. En este sentido, 2016 ofrece un punto de equilibrio entre actualización temporal, representatividad sectorial y comparabilidad internacional, asegurando robustez en la construcción de la matriz tecnoeconómica.

En la sección siguiente se detalla la metodología seguida para la construcción de dicha matriz y los indicadores derivados de ella.

2.5. La matriz tecnoeconómica: construcción metodológica, indicadores insumo-producto y análisis de redes sociales (SNA)

El análisis de los flujos intersectoriales de tecnología constituye una herramienta clave para comprender las asimetrías globales en la generación, absorción y propagación del conocimiento. Esta sección presenta la metodología desarrollada para construir la MTEI, que permite cuantificar esos flujos en función de las relaciones insumo–producto ponderadas por la intensidad innovadora de cada sector. Basada en el enfoque de Papaconstantinou et al. (1998), pero adaptada para contemplar las especificidades de economías periféricas como la argentina, esta propuesta integra cuatro componentes analíticos:

- i. la estimación del I+D incorporado en flujos de producción e inversión;
- ii. la formulación de indicadores de dependencia y capacidad de difusión tecnológica;
- iii. la clasificación estructural de ramas industriales según su función en la red de innovación;
- iv. la clasificación de países según su perfil tecnológico e inserción en el paradigma tecnoeconómico mundial;
- v. la aplicación de herramientas de SNA para identificar nodos críticos y jerarquías estructurales en los sistemas nacionales e internacionales de innovación.

En los apartados siguientes, el recorrido metodológico avanza de manera encadenada. Primero se aborda la construcción de la matriz tecnoeconómica y sus componentes a partir del modelo insumo–producto, lo que establece la base para representar los flujos de conocimiento incorporado. Sobre esta estructura, se formulan indicadores derivados que permiten evaluar la posición tecnológica relativa de cada industria. A continuación, la metodología se extiende hacia una doble clasificación: por un lado, la de ramas industriales en motrices, vectoras, inducidas y de enclave, que visibiliza sus funciones diferenciadas dentro de la red de innovación; por otro, la de países en centro, semiperiferia y periferia (con variantes de estratificación cuádruple), que permite situar comparativamente a las naciones de acuerdo con el perfil de sus sistemas tecnológicos. Finalmente, el capítulo culmina con la incorporación del SNA, una herramienta que enriquece las clasificaciones previas al revelar jerarquías, centralidades y patrones de conectividad en la difusión internacional del conocimiento.

2.5.1. Construcción de la MTEI: del modelo de Leontief a los flujos de I+D incorporado

Para comenzar la construcción de la matriz tecnoeconómica (y cada uno de sus componentes) presentamos la ecuación inicial del modelo abierto de Leontief, esto es, distinguiendo entre las relaciones de compra-venta entre sectores productivos y las ventas de las industrias a la demanda final. En su forma básica, este modelo se expresa como:³²

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

donde $\mathbf{x}$ describe el valor de producción e $\mathbf{y}$ la demanda final de cada una de las j industrias ($j = 1, \dots, N$); $\mathbf{A}$ es la matriz de coeficientes técnicos que describe los insumos requeridos de cada industria proveedora i en la producción unitaria de la industria usuaria j . A partir de esta ecuación se puede derivar la matriz inversa de Leontief ($\mathbf{B}$):

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} \equiv \mathbf{By} \quad (2)$$

Cada elemento ij de la matriz $\mathbf{B}$ (b_{ij}) se interpreta como los requerimientos directos e indirectos de insumos intermedios producidos por la industria i necesarios para la producción de cada peso de la demanda final de la industria j . Esto significa que la suma

³² Respecto a la notación, las matrices se representan con letras mayúscula en negrita (ejemplo, $\mathbf{V}$), los vectores con letras minúscula en negrita (ejemplo, $\mathbf{z}$), todos los vectores son vectores columna. Un vector con un acento circunflejo indican una matriz diagonal con los elementos del vector en la diagonal principal (ejemplo, $\hat{\mathbf{p}}$) indica una matriz diagonal con cada elemento del vector $\mathbf{p}$ en la diagonal principal.

Los elementos de matrices o vectores se representan con letras idénticas a estas matrices o vectores, pero en formato minúscula e itálica. En el caso de matrices los subíndices refieren a la fila y columna, correspondiente (ejemplo, v_{ij}). Nótese que, en contexto del análisis insumo-producto, las filas refieren a industrias proveedoras y las columnas a industrias usuarias. En el contexto de matrices internacionales, los supraíndices sirven para diferenciar entre país de origen y país destino, respectivamente (ejemplo, v_{ij}^{kl}). En los vectores el subíndice refiere al orden del elemento del vector (p_j) y, de existir, el supraíndice al país referente (p_j^k).

Los vectores $\mathbf{u} = (\mathbf{1}, \dots, \mathbf{1})^T$ es un vector que suma por columnas, mientras que $\mathbf{u}^T = (1, \dots, 1)$ suma por filas. Luego, $\mathbf{u}_j$ es un vector que suma la columna j y $\mathbf{u}_i^T$ es un vector que suma la columna i .

Por último, todos los vectores son de dimensión $N \times 1$ y las matrices de dimensión $N \times N$. Cuando se incorpora al análisis la dimensión internacional –es decir, a partir de ecuación (6)– todas los vectores tienen dimensión $M \times 1$ y las matrices $M \times M$ como resultante del producto entre las N industrias y los $L + 1$ países. Es decir, $M = N(L + 1)$.

de cada columna j es el total de requerimientos directos e indirectos que cada industria j precisa por cada peso que entrega a la demanda final.

El I+D incorporado en el producto de cada industria j se compone del gasto directo que esta industria realiza en I+D más aquel que incorpora vía compra de insumos intermedios y bienes y servicios de inversión.

Para incorporar el contenido tecnológico en esta estructura, se calcula la intensidad directa de I+D de cada sector como el cociente entre el gasto en I+D ($\mathbf{R}_i$) y su valor bruto de producción ($\mathbf{x}_i$), generando así un vector $\mathbf{r}$. La multiplicación de este vector por la matriz $\mathbf{B}$ da lugar a la matriz $\mathbf{T}$, que refleja la difusión intersectorial del I+D incorporado en los insumos intermedios:

$$\mathbf{T} = \hat{\mathbf{r}}\mathbf{B} \quad (3)$$

donde $\hat{\mathbf{r}}$ es una matriz diagonal con los valores del vector $\mathbf{r}$.

En la medida que estamos interesados en evaluar el I+D que cada industria incorpora por cada peso del valor de su producción, y no por cada peso de su demanda final, es necesario realizar una modificación a la matriz inversa de Leontief que esta expresada en los requerimientos en relación a la demanda final. Papaconstantinou et al (1998) resuelve esto usando una versión modificada de la matriz de Leontief ($\tilde{\mathbf{B}}$) que consiste en dividir a cada columna j por el elemento j de su diagonal principal (b_{jj}):

$$\tilde{\mathbf{B}} = \begin{pmatrix} b_{11}/b_{11} & \cdots & b_{1N}/b_{NN} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{N1}/b_{11} & \cdots & b_{NN}/b_{NN} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{b}_{11} & \cdots & \tilde{b}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{b}_{N1} & \cdots & \tilde{b}_{NN} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \cdots & \tilde{b}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{b}_{N1} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Cada elemento i, j de es matriz ajustada de Leontief $\tilde{\mathbf{B}}$ ($\tilde{b}_{ij}$) se interpreta como los requerimientos directos e indirectos de insumos intermedios producidos por la industria i que son necesarios para cada peso de producción de la industria j . De aquí obtenemos una matriz tecnológica ajustada $\tilde{\mathbf{T}}$:

$$\tilde{\mathbf{T}} = \hat{\mathbf{r}}\tilde{\mathbf{B}} \quad (5)$$

En esta matriz, los elementos diagonales representan la intensidad directa del I+D sectorial, mientras que los elementos fuera de la diagonal indican los flujos interindustriales de tecnología incorporada a través de insumos intermedios. Esto es:

$$\tilde{\mathbf{T}} = \begin{pmatrix} r_1 & \cdots & \tilde{t}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{N1} & \cdots & r_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{t}_{11} & \cdots & \tilde{t}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{N1} & \cdots & \tilde{t}_{NN} \end{pmatrix} \quad (5.1)$$

A partir del uso de matrices insumo-producto internacionales (ICIO-OECD), la matriz $\tilde{\mathbf{T}}$ del país q ($\tilde{\mathbf{T}}^q$) puede separarse en 3 submatrices: i) una matriz de flujos tecnológicos intermedios domésticos ($\tilde{\mathbf{T}}^{q,q}$); ii) una matriz de flujos tecnológicos intermedios importados ($\tilde{\mathbf{T}}^{l,q}$); y iii) una matriz de flujos tecnológicos intermedios exportados ($\tilde{\mathbf{T}}^{q,l}$). De esta manera, $\tilde{\mathbf{T}}^q$ puede expresarse del siguiente modo:

$$\tilde{\mathbf{T}}^q = \begin{pmatrix} \tilde{\mathbf{T}}^{q,q} & \tilde{\mathbf{T}}^{q,l} \\ \tilde{\mathbf{T}}^{l,q} & \mathbf{0} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Al mismo tiempo, las submatrices de flujos internacionales (o sea, $\tilde{\mathbf{T}}^{l,q}$ y $\tilde{\mathbf{T}}^{q,l}$) también está conformada por un conjunto de submatrices, tantas como países distintos a q sean considerados.³³ Luego:

$$\tilde{\mathbf{T}}^{l,q} = \begin{pmatrix} \tilde{\mathbf{T}}^{l,q} \\ \vdots \\ \tilde{\mathbf{T}}^{L,q} \end{pmatrix} \quad l = 1, \dots, L \ (l \neq k) \quad (6.1)$$

$$\tilde{\mathbf{T}}^{q,l} = (\tilde{\mathbf{T}}^{q,1} \quad \dots \quad \tilde{\mathbf{T}}^{q,L})$$

Esta metodología de medición de los flujos de tecnologías internacionales es un avance frente al que la literatura venía utilizando hasta aquí, la cual estimaba los flujos importados empleando la intensidad directa en I+D sectorial que surge del promedio de

³³ La dificultad aquí fue la construcción del vector de I+D del bloque “resto del mundo” (RoW, por sus siglas en inglés). Se calculó un vector de I+D sectoriales de RoW por cada país de la muestra, aplicando un promedio ponderado de las importaciones de I+D incorporado proveniente de otros países. Por ejemplo, supongamos que el agro argentino importa los mismos valores del bloque RoW que lo que hace el agro australiano. En el caso de que el I+D que el sector en Argentina incorpora a través de sus importaciones provenientes de países distintos a RoW sea menor a los del agro de Australia, entonces el I+D importado desde RoW será menor en Argentina que en Australia.

un conjunto reducido de países desarrollados (un proxy del I+D de la “frontera tecnológica”). El problema con ello es que a) no se contempla que no todas las industrias tienen la misma intensidad directa en I+D en los países de origen de las importaciones y, b) al usar coeficientes directos de importaciones, no se contempla que los mismos productos importados son portadores de I+D incorporado de fuentes externas. Con la construcción de una matriz de flujos tecnológicos internacionales ambas limitaciones son resueltas.

La incorporación del I+D contenido en bienes de inversión se calcula a partir de una matriz de inversión intersectorial $\mathbf{I}$, y se expresa del siguiente modo:

$$\mathbf{K} = \mathbf{\hat{r}}\mathbf{B}\mathbf{I}\mathbf{\hat{x}}^{-1} \quad (7)$$

Para evitar la doble contabilización del I+D intrasectorial, se elimina la diagonal principal de la matriz resultante, generando una matriz modificada:

$$\bar{\mathbf{K}} = \mathbf{K} - \mathbf{\hat{k}} \quad (7.1)$$

La combinación de $\tilde{\mathbf{T}}$ y $\bar{\mathbf{K}}$ conforma la matriz total de flujos tecnoeconómicos $\mathbf{R}$:

$$\mathbf{R} = \tilde{\mathbf{T}} + \bar{\mathbf{K}} \quad (8)$$

Esta matriz será la base para el cálculo de los indicadores de difusión tecnológica y para el posterior análisis estructural de redes que se presenta en los siguientes apartados.

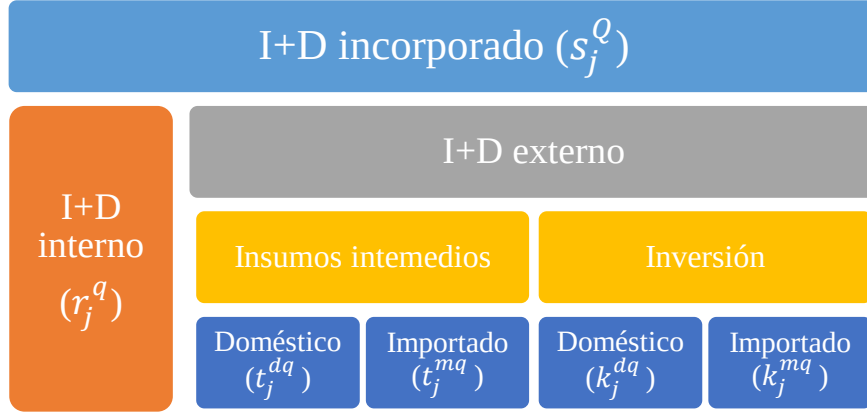
2.5.2. Indicadores de difusión tecnológica: descomposición del I+D incorporado, MTEC y MTECM

Una vez estimada la matriz tecnoeconómica, es posible descomponer la intensidad total de I+D incorporado en la producción de cada industria en sus distintos componentes (figura 7). Siguiendo a Papaconstantinou et al. (1998), la intensidad total de I+D incorporado en el producto de la industria j del país q (denotada como s_j^q) puede expresarse como la suma de cinco elementos:

- Intensidad directa de I+D de la propia industria: r_j^q
- I+D incorporado en insumos intermedios domésticos: t_j^{dq}

- I+D incorporado en insumos intermedios importados: t_j^{mq}
- I+D incorporado en bienes de inversión domésticos: k_j^{dq}
- I+D incorporado en bienes de inversión importados: k_j^{mq}

Figura 7. Componentes del I+D incorporado de la industria j y país k



Fuente: elaboración propia

Por tanto:

$$s_j^Q = \underbrace{\tilde{t}_{jj}^{q,q}}_{r_j^q} + \underbrace{\sum_{i \neq j}^N \tilde{t}_{ij}^{q,q}}_{t_j^{dq}} + \underbrace{\sum_{i=1}^N \sum_l^L \tilde{t}_{ij}^{l,q}}_{t_j^{mq}} + \underbrace{\sum_{i \neq j}^N \bar{\bar{k}}_{ij}^{q,q}}_{k_j^{dq}} + \underbrace{\sum_{i=1}^N \sum_l^L \bar{\bar{k}}_{ij}^{l,q}}_{k_j^{mq}} \quad (9)$$

Esta descomposición permite analizar la magnitud del conocimiento tecnológico que incorpora una industria de acuerdo con el país-sector de procedencia. En particular, habilita a distinguir entre fuentes internas (nacionales) y externas (internacionales), así como entre canales productivos (insumos) y de inversión (bienes de capital).

A partir de esta estructura, se construyen un indicador sintético que permiten caracterizar la posición relativa de una industria-país dentro del sistema de relaciones internacionales asociadas al cambio tecnológico: el multiplicador tecnológico de importaciones (MTECM).

Este indicador es una adaptación de la propuesta original del multiplicador tecnológico (MTEC) desarrollada por Papaconstantinou et al. (1998), en la que se introduce una dimensión geográfica que permite distinguir el grado de penetración relativo del componente tecnológico importado frente al doméstico. Se define como:

$$\mathbf{MTECM}_j^Q = \frac{s_j^Q}{r_j^Q + t_j^{dq} + \bar{k}_j^{dq}}, \quad 1 \leq \mathbf{MTECM}_j^Q \quad (11)$$

En un extremo, si el MTECM es igual a uno, la industria-país incorpora toda su tecnología de industrias domésticas. Cuando el multiplicador tiende a infinito, la industria-país es un importador puro de tecnología. Por lo tanto, un país o una industria con un MTECM relativamente bajo es, en gran medida, un usuario de tecnologías domésticas, mientras que un país o una industria con un MTECM relativamente alto tiende a ser un receptor de tecnología foráneas.

La evaluación del MTECM en combinación con la intensidad de I+D directo permite enriquecer el análisis sobre el papel que desempeñan los países o sectores dentro del paradigma tecnoeconómico. Mientras el primero captura la magnitud y centralidad de los flujos de tecnología incorporada —es decir, su rol funcional como difusores o usuarios dentro de la red global de innovación—, el esfuerzo de I+D directo puede interpretarse como una aproximación a la capacidad de absorción del actor en cuestión. Esta capacidad —entendida como la habilidad para internalizar, adaptar y eventualmente mejorar el conocimiento adquirido del exterior— es clave para transformar los flujos tecnológicos en procesos efectivos de aprendizaje, escalamiento y articulación productiva. Por ello, una alta exposición a flujos tecnológicos (MTECM) sin un correlato en capacidades internas (I+D) tiende a configurar una inserción pasiva y dependiente, mientras que la combinación de ambos elementos abre la posibilidad de una integración activa al sistema global de innovación.

2.5.3. Clasificación estructural de industrias según su rol en la red de innovación

A partir de la construcción de la MTEI, **R**, es posible avanzar en una caracterización estructural de las industrias según su posición dentro del paradigma tecnoeconómico global. Esta herramienta permite observar no sólo el grado de incorporación de conocimiento tecnológico, sino también la función sistémica que cada rama cumple en términos de generación, absorción y difusión de tecnologías.

Para ello se calculan dos indicadores estructurales clave para cada industria:

- Encadenamiento tecnoeconómico hacia atrás (BL): mide la intensidad de I+D externo que una industria incorpora para producir un peso de producto. Se calcula

como la suma de los flujos de tecnología que recibe desde otros sectores: $BL_j = \sum_{i(i \neq j)} R_{ij}$

- Encadenamiento tecnoeconómico hacia adelante (FL): mide el volumen de I+D generado por una industria y absorbido por otros sectores, es decir, su capacidad de irradiación tecnológica: $FL_i = \sum_{j(j \neq i)} R_{ij}$

Ambos indicadores se escalan por el promedio global correspondiente, lo cual permite identificar industrias que se destacan por encima o por debajo del patrón internacional. Con ello se habilita una lectura funcional de la matriz tecnoeconómica como representación del espacio estructural de los paradigmas de innovación, y se visibiliza la distribución internacionalmente desigual de los nodos motrices del cambio tecnológico.

A partir de la combinación de estos dos indicadores se propone una tipología estructural con cuatro categorías, tal como se describe en el diagrama 1. Esta clasificación, inspirada en el enfoque de Carlota Pérez sobre los PTE, permite mapear la función sistémica de cada industria más allá de su intensidad individual de I+D.

Diagrama 1. Clasificación según encadenamientos “desde atrás” (BL) y “hacia adelante” (FL)

BL \ FL	FL	
	BL < 1	BL > 1
FL < 1	Enclave (E)	Inducida (I)
FL > 1	Motriz (M)	Vector (V)

Fuente: Elaboración propia

La inclusión de la categoría de “enclave” supone la incorporación de una categoría ad hoc al universo conceptual de Carlota Pérez y sus PTE, con el fin de capturar sectores con baja conectividad tecnoeconómica tanto como usuarios como difusores de tecnologías. Además, resulta necesario realizar algunas aclaraciones sobre las alteraciones y/o pérdidas de precisión respecto de los conceptos originales de Pérez asociados a estas categorías.

En primer lugar, las industrias motrices en Pérez (1986, 2010) son aquellas que producen los insumos clave de uso casi universal dentro de una revolución tecnológica. Ejemplos de ello incluyen los semiconductores en la revolución informática, el petróleo barato y los plásticos en la era del automóvil y la producción en masa, el acero barato en la era del acero y la electricidad, y el carbón en la era del vapor y los ferrocarriles. En nuestro caso, las industrias motrices se definen como fuentes difusoras de tecnologías y solo coincidirán plenamente con el concepto original cuando: a) el insumo clave se produzca en una rama con elevados esfuerzos innovadores y b) dicha rama no sea, al mismo tiempo, una gran usuaria de tecnologías extramuro.

Las industrias o ramas vectoras se definen originalmente como aquellas usuarias del insumo clave de la revolución tecnológica y representan los productos paradigmáticos que difunden “la noticia” sobre las nuevas oportunidades tecnológicas. Ejemplos de estas ramas incluyen los computadores y teléfonos móviles en la revolución informática, los automóviles y artefactos eléctricos en la era de la producción en masa, y los ferrocarriles en la era del vapor. Esta categoría se aproxima mejor a nuestra metodología, en tanto se trata precisamente de industrias pivote que son grandes usuarias de nuevas tecnologías y, al mismo tiempo, una fuente importante de propagación de las mismas.

Vale advertir que, por problemas de agregación sectorial, no será posible diferenciar entre las subramas de la industria electrónica que producen el insumo clave del actual PTE (los microchips o semiconductores) y aquellos segmentos que producen computadoras u otros dispositivos electrónicos. Ello representa uno de los límites metodológicos-empíricos que se enfrentan para una representación fiel de las categorías motrices y vectoras.

Las ramas inducidas son aquellas que no necesariamente forman parte de la revolución tecnológica en términos de innovación, pero que resultan indispensables para su difusión y consolidación. Estas industrias pueden haber existido previamente, pero se modernizan y asumen un rol distinto para facilitar la expansión de la revolución. Un ejemplo es la industria de la construcción que, en la era de la producción en masa, permitió la suburbanización de la clase media, lo que a su vez expandió el mercado de automóviles y electrodomésticos. En este sentido, esta categoría presenta una correspondencia relativamente fiel con los indicadores utilizados.

Por último, es importante señalar que, aunque esta clasificación se inspira en las categorías propuestas por Carlota Pérez, su operacionalización empírica guarda

afinidades con el enfoque de Pavitt (1984). Tal como se discutió en la sección 1.4.2, mientras que Pérez sitúa el eje analítico en torno a un factor clave paradigmático capaz de reorganizar el sistema económico, aquí la identificación de industrias motrices, vectoras, inducidas y de enclave se apoya en indicadores de encadenamientos tecnológicos. En este sentido, el criterio adoptado se aproxima al esquema de pensamiento de Pavitt al enfatizar que la capacidad transformadora de un insumo clave depende de la existencia de ramas concretas —como la maquinaria, la química o la electrónica— capaces de absorberlo, adaptarlo y difundirlo mediante soluciones técnico-productivas.

Tal como se describe en la siguiente sección, esta clasificación permitirá interpretar los perfiles tecnológicos de distintos países según la configuración estructural de sus ramas industriales dentro del paradigma tecnoeconómico mundial.

2.5.4. Clasificación de países según su perfil tecnológico e inserción en el paradigma tecnoeconómico mundial

Tal como se argumentó en el marco teórico (sección 1.5.3), el análisis de la inserción de los países en el PTE requiere superar la visión dicotómica centro–periferia para considerar posiciones intermedias que desempeñan un rol estructural clave en la difusión de la tecnología y en la organización funcional del sistema mundial de innovación. En efecto, la existencia de países que no se ubican ni en el núcleo innovador ni en la periferia dependiente obliga a identificar a estas economías semiperiféricas.

En este trabajo, la clasificación de países en centro, semiperiferia y periferia se apoya en una adaptación metodológica de la propuesta de Arrighi y Drangel (1986). En su formulación original, la jerarquía de los países se define a partir de la composición de actividades predominante en sus estructuras productivas, distinguiendo entre aquellas capaces de apropiarse de una parte significativa del excedente dentro de las cadenas productivas (*core-like*) y aquellas que capturan poco o nada de dicho excedente (*periphery-like*). Aquí el ejercicio es similar, solo que el carácter central o periférico de una actividad se define de acuerdo con su posición en el mapa del PTE mundial. Posteriormente, la ubicación relativa de los países se determina a partir del mix de actividades que conforma su STN y, en particular, de la proporción de ramas motrices,

vectoras, inducidas o de enclave que lo estructuran.³⁴ Recuérdese que uno de los tres atributos que definían a los STN-p (sección 1.5.3) era, precisamente, el perfil tecnoeconómico de su sistema productivo.

Para abordar esta clasificación se emplea una técnica de análisis de agrupamiento (*clustering*), que permite agrupar observaciones (países) según su similitud en un conjunto de variables seleccionadas. Esta metodología no impone una jerarquía previa, sino que deja que los datos revelen estructuras latentes a partir de la proximidad multivariada. La lógica subyacente consiste en minimizar la varianza intragrupo y maximizar la varianza intergrupo, construyendo grupos internamente homogéneos y externamente heterogéneos.

En términos prácticos, dos países serán considerados similares si sus valores en los indicadores seleccionados presentan distancias pequeñas en el espacio euclídeo normalizado. El algoritmo empleado busca dividir el conjunto de países en k grupos preestablecidos, minimizando la suma de distancias cuadradas entre los países y los centroides³⁵ de cada grupo.

En correspondencia con lo discutido en el marco teórico (sección 1.5.3), la elección del valor de k se justificó tanto teórica como empíricamente, explorando soluciones para $k = 3$ y $k = 4$. De forma general, puede afirmarse que cuando los países se agrupan en tres grupos se asume que los PTE se expresan espacialmente en una estructura tripartita: centro, semiperiferia y periferia. En cambio, cuando se emplean cuatro grupos, se obtiene una estructura cuadripartita o de cuádruple estratificación: centro, semiperiferia alta, semiperiferia baja y periferia.

Para la agrupación se emplearon dos conjuntos de criterios coherentes con la estrategia metodológica de esta tesis:

³⁴ Cabe aclarar que esta adaptación no implica reducir la posición de los países a un plano puramente tecnoeconómico. Tal como subrayan Arrighi y Drangel (1986), la jerarquía interestatal y la división internacional del trabajo no siempre coinciden, aunque suelen estar profundamente entrelazadas. En algunos casos, los procesos de catching-up tecnológico se han acompañado de mayores márgenes de autonomía política, mientras que en otros el poder político-militar no se tradujo en liderazgo económico-tecnológico. La actual disputa entre Estados Unidos y China constituye un ejemplo ilustrativo de esta tensión entre dimensiones político-estratégicas y capacidades productivo-tecnológicas.

³⁵ Cada grupo se define por un centroide, que resume el perfil promedio de los países agrupados según todos los indicadores considerados.

- **Criterio 1 – Especificaciones tecnológicas agregadas de los países**
 - Total I+D incorporado del país k
 - Total I+D difundido del país k
 - Intensidad total del país k
 - Multiplicador tecnológico de importaciones del país k

- **Criterio 2 – Especificaciones en relación a ramas núcleo**
 - Autosuficiente motriz: Porcentaje del I+D incorporado de ramas motrices y vectoras de fuentes domesticas para el país k
 - Exportaciones de I+D incorporado de ramas motrices y vectoras

La selección de variables para caracterizar la inserción funcional de los países en el paradigma tecnoeconómico global se apoya en los fundamentos teóricos discutidos en el capítulo 1. El Criterio 1 combina indicadores de volumen agregado (como el total de I+D incorporado y difundido) con indicadores relativos (como la intensidad tecnológica y el MTECM). Esta combinación permite captar simultáneamente la escala y la eficiencia con que un país se inserta en el PTE. Una nación con alta intensidad relativa en I+D, pero de tamaño reducido puede mostrar un perfil tecnológico sofisticado, aunque con escasa capacidad estructural para incidir en la trayectoria del cambio técnico global —salvo en tecnologías o cadenas específicas—. Inversamente, una economía de gran escala con baja intensidad tecnológica difícilmente pueda ser considerada centro, ya que no desempeña un rol activo en la difusión o generación de conocimiento en el núcleo del paradigma vigente.

El Criterio 2 se basa exclusivamente en las ramas identificadas como motrices y vectoras según la implementación de la clasificación descrita en la sección 2.5.3, es decir, aquellas que definen endógenamente el núcleo funcional del actual paradigma tecnoeconómico. Las variables utilizadas reflejan dos dimensiones complementarias: por un lado, una medida relativa de autosuficiencia tecnológica, que estima hasta qué punto un país logra abastecerse internamente de I+D en estos sectores estratégicos; por otro lado, una medida absoluta del volumen de I+D que estos sectores difunden hacia el resto del mundo. Mientras la primera permite evaluar el grado de desarrollo tecnológico interno, la segunda es clave para identificar a aquellos países que, además de generar conocimiento, actúan como nodos internacionales de difusión dentro del sistema global de innovación.

En pocas palabras, la clasificación presentada en la tabla 2 responde a la lógica analítica desarrollada en el Capítulo 1, que postula que la inserción funcional de los países dentro del PTE no puede evaluarse únicamente en términos de volumen agregado de I+D, sino también en función de su estructura productiva y del papel que desempeñan los sectores estratégicos en la difusión del cambio técnico. Su apertura a cuatro grupos ($k = 4$) permite capturar con mayor precisión la heterogeneidad que anida especialmente dentro del conjunto de países clasificados como semiperiféricos.

2.5.5. Aplicación de análisis de redes (SNA) tecnoeconómicas: transformación e indicadores

El SNA emplea técnicas cuantitativas derivadas de la teoría de grafos para estudiar y describir la estructura de interacciones (aristas) entre entidades determinadas (nodos). Su aplicación en el contexto actual reinterpreta a las matrices tecnoeconómicas como una red de relaciones que estructuran la difusión de tecnologías incorporadas dentro y entre STN a nivel intersectorial. Cada vínculo entre dos nodos de esta red representa un flujo de tecnología incorporada.

Este enfoque metodológico se aleja de la perspectiva neoclásica convencional que entiende la innovación como un proceso aislado de las firmas, las cuales actuarían bajo la regla de la maximización de su utilidad individual sin considerar el marco social, económico e institucional más amplio. Las ventajas metodológico-conceptuales de implementar el análisis de redes (AR) radican en que permiten captar algunas características relevantes del proceso innovador como fenómeno de naturaleza sistémica. Entre ellas:

- El hecho de que el “comportamiento” de un nodo (en términos de estrategia y desempeño) debe interpretarse tanto en función de sus propias características internas como de los condicionamientos estructurales que lo rodean.
- Las relaciones entre nodos deben analizarse desde dos perspectivas complementarias: la del nodo individual y la del sistema en su conjunto.

Las dos técnicas de representación más comunes dentro del SNA son la matricial y la gráfica. La representación matricial, aunque menos intuitiva visualmente, permite el tratamiento analítico de redes a gran escala mediante álgebra lineal básica. En cambio, la

representación gráfica proporciona información inmediata sobre la estructura de la red, pero presenta dificultades cuando el número de nodos aumenta.

En este estudio se han utilizado ambas representaciones, aunque la segunda solo se incluye en el anexo 5. La representación matricial se utilizó de manera indirecta para calcular todos los índices reportados, mientras que la representación gráfica —incluida en esta tesis bajo la forma de “mapas de calor”— permite comparar visualmente las diferentes estructuras de los flujos de innovación intersectoriales en los dos países.

Antes de describir los indicadores, conviene advertir que en la aplicación del SNA es necesario dar cuenta previamente de dos propiedades del sistema de relaciones que se desea estudiar.

La primera es si las vinculaciones están o no direccionadas. En nuestro caso, los flujos tecnoeconómicos están por definición direccionados, siguiendo el criterio de utilidad productiva del conocimiento incorporado. Es decir, la dirección del flujo va desde las industrias proveedoras (filas) hacia las industrias usuarias (columnas) del I+D incorporado en productos.

La segunda es si las vinculaciones están ponderadas o son dicotómicas. Originalmente, la matriz tecnoeconómica está ponderada de acuerdo con la fuerza del encadenamiento productivo vis-à-vis la intensidad directa de I+D de las industrias proveedoras. Sin embargo, las matrices ponderadas pueden transformarse en dicotómicas para facilitar la elaboración de una serie de indicadores de interpretación sencilla y con bajo riesgo de pérdida significativa de información cuando el objetivo es identificar y mapear relaciones estructurales de los STN (Montresor y Marzetti, 2009, p. 137). En este trabajo seguiremos este camino.

La transformación de la matriz **R** en una matriz adyacente o binaria **D** de 0s y 1s se realiza mediante la definición de un valor de corte p que funciona como valor de corte o umbral para afirmar si existe o no un vínculo lo suficientemente fuerte para considerarse que hay difusión ($d_{ij} = 1$) o no ($d_{ij} = 0$):

$$d_{ij} = \begin{cases} d_{ij} = 1 & \text{si } r_{ij} \geq p \\ d_{ij} = 0 & \text{si } r_{ij} < p \end{cases} \quad (12)$$

El mayor defecto de este ejercicio es que la elección del valor de corte guarda necesariamente cierto grado de arbitrariedad y ello afecta al resultado final. A medida que se presenten los indicadores se señala cómo se intenta mitigar este problema.

El primer indicador del SNA que se calcula con esta red de flujos tecnológicos binaria será el de densidad (δ). El mismo se calcula a partir de la relación entre las cantidades efectivas de vinculaciones existentes en un sistema de n sectores y las potenciales existentes:

$$\delta^Q = \frac{\sum_i \sum_{j(i \neq j)} d_{ij}}{n * (n - 1)}, \quad 0 \leq \delta^Q \leq 1 \quad (13)$$

Valores más próximos a uno implican que el sistema tiene una mayor densidad, lo cual se supondrá favorable para la fortaleza de un STN en términos de conectividad. 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.

La forma en que resolveremos el problema de la elección del valor de corte es comparar entre países sus distribuciones de densidad, es decir, el resultado de la densidad para un intervalo continuo de diferentes valores de cortes. Por lo general, en los estudios de flujos tecnoeconómicos este método ha demostrado ser eficiente en tanto el orden de la densidad entre países aparece como rasgo independiente del valor de corte.

El segundo indicador de SNA, a diferencia del primero, se refiere a cada nodo j de la red y se define como su “grado de centralidad”. Este mide el número de vértices a través de los cuales un nodo j está conectado con otros nodos. En un gráfico dirigido, como el correspondiente a las matrices de innovación intersectorial con las que estamos trabajando, la centralidad de entrada (c_j^{in}) de un nodo j mide la cantidad de veces que este nodo es alcanzado por otro, y la centralidad de salida (c_i^{out}) de un vértice j es la cantidad de veces que este nodo alcanza a los otros $n - 1$ nodos. Formalmente:

$$\begin{aligned} c_j^{in} &= \sum_{i(i \neq j)} d_{ij}, & 0 \leq c_j^{in} \leq n - 1 \\ c_i^{out} &= \sum_{j(i \neq j)} d_{ij}, & 0 \leq c_j^{out} \leq n - 1 \end{aligned} \quad (14)$$

Estos indicadores permiten determinar si un sector actúa como fuente, núcleo o punto terminal en la difusión de la innovación. En este caso, se utilizaron 2 métodos para paliar la arbitrariedad en la elección de corte.

Primero, se comparó para un mismo país la centralidad de las industrias para diferentes valores de corte, evidenciándose qué vínculos sobreviven (y por ende son más fuertes) a medida que el valor de corte utilizado es mayor.

Y, segundo, para la comparación entre países se eligió un valor de corte diferente para cada uno de ellos, de modo tal que se compare a países en mismos niveles densidad de sus respectivas matrices tecnoeconómicas. Si bien se pierde el efecto escala, y con ello probablemente se subestime las diferencias en los grados de centralidad entre los países, se conservan rasgos estructurales sobre las jerarquías internas que cada industria ocupa sobre los STN.

Por último, se calcula el grado de centralización de la red en su conjunto. Este indicador refleja el cociente entre a) la sumatoria de la diferencia entre el sector con mayor grado de centralidad (c_{j*}) y el resto, y b) la mayor centralidad alcanzable por un sector en tal sistema. Al igual que el indicador de centralidad de grado, la centralización admite una medida de centralización como usuarios (h^{in}) y otra como difusores (h^{out}) de I+D incorporado:

$$\begin{aligned} h^{in} &= \frac{\sum_{j \neq j*} (c_{j*}^{in} - c_j^{in})}{(n-1)^2} \\ h^{out} &= \frac{\sum_{j \neq j*} (c_{j*}^{out} - c_j^{out})}{(n-1)^2} \end{aligned} \quad (15)$$

Donde c_{j*}^{in} y c_{j*}^{out} son el grado de centralidad del sector con mayores vinculaciones como como usuario y como proveedor, respectivamente. La hipótesis aquí es que una red más descentralizada repercuta positivamente sobre las capacidades tecnológicas del STN en tanto, la elevada dependencia de su estructura es más rígida para enfrentar futuras transformaciones de los regímenes tecnológicos que son por naturaleza inciertos. Sobre la elección del valor de corte, aquí se siguió el mismo criterio que con el indicador de centralidad. Al igual que con el estudio comparado de los grados de centralidad, se

comparará la centralización de los países seleccionando un valor de corte en cada país que genere un mismo nivel de densidad de sus redes tecnoeconómicas.

Nótese que mientras el índice de densidad y el de centralización ofrecen una caracterización de la red tecnoeconómica en su conjunto, la centralidad es un indicador que refleja las propiedades de los nodos del sistema.

Finalmente, el uso combinado del análisis de redes con la matriz tecnoeconómica permite superar las limitaciones de una lectura bilateral o promedio de los flujos tecnológicos. Ofrece una visión sistémica de la difusión del conocimiento incorporado, revela desigualdades en la estructura de conectividad intersectorial y permite comparar, entre países, el grado de articulación y jerarquía de sus sistemas tecnológicos nacionales.

Esta última herramienta metodológica no solo amplía la capacidad de representación de las relaciones tecnoeconómicas, sino que también habilita una lectura estructural de los STN como redes complejas, marcadas por la posición relativa de sus sectores en términos de acceso, uso y distribución del conocimiento incorporado. Al hacerlo, contribuye a una comprensión más integral de las asimetrías globales en la difusión tecnológica y del rol que cada economía ocupa dentro del paradigma tecnoeconómico internacional.

2.6. Resumen y conclusiones

El capítulo presentó la estrategia metodológica que articula el enfoque insumo–producto con un marco estructuralista–neoschumpeteriano, a fin de construir una herramienta empírica capaz de representar los flujos de conocimiento incorporado a escala nacional e internacional. La propuesta se plasmó en la construcción de una MTEI, que constituye el núcleo metodológico de la tesis y permite captar cómo se difunde la innovación tecnológica entre sectores y países.

En primer lugar, se introdujo la noción de matriz tecnoeconómica como submodelo estructural de los efectos de arrastre por productividad, inspirada en los aportes de François Perroux, pero adaptada para representar flujos de I+D incorporado a partir de matrices insumo–producto internacionales. Esta formulación permitió definir el espacio tecnoeconómico como un marco abstracto donde se despliegan los encadenamientos tecnológicos y productivos.

En segundo lugar, la revisión del estado del arte (sección 2.3) permitió sistematizar los principales antecedentes en la construcción de matrices de flujos de I+D y sus aplicaciones, al tiempo que puso en evidencia la vacancia existente en torno a la elaboración de una matriz con cobertura global que integre dimensiones teórico–metodológicas estructuralistas y neoschumpeterianas. Este balance de la literatura sirvió como justificación para el aporte original de esta tesis, que busca cubrir dicho vacío.

En tercer lugar, se desarrolló la metodología de construcción de la MTEI, desagregando el I+D incorporado en sus distintos componentes (directo, intermedio e inversión; doméstico e importado), lo que dio lugar a indicadores derivados como el MTECM. En combinación con la intensidad de I+D directo, estos indicadores permiten caracterizar la posición de industrias y países en términos de dependencia tecnológica y capacidad difusora.

En cuarto lugar, se avanzó en una clasificación estructural de las ramas industriales según su rol en el paradigma tecnoeconómico mundial. A partir de los indicadores de encadenamientos tecnoeconómicos hacia atrás y hacia adelante, se distinguieron cuatro tipos de sectores: motrices, vectoras, inducidas y de enclave. Esta tipología constituye un instrumento analítico central para interpretar la función sistémica de cada rama más allá de su intensidad individual de I+D.

De manera complementaria, la metodología incluyó una clasificación de países según su inserción en el paradigma tecnoeconómico global. Inspirada en la propuesta de Arrighi y Drangel (1986), pero adaptada a los fundamentos de esta tesis, la clasificación distingue entre centro, semiperiferia y periferia, con la posibilidad de desagregar la semiperiferia en niveles alto y bajo. Este instrumento permitirá, en el capítulo 3, situar a los países seleccionados dentro de la estructura global de la innovación y analizar comparativamente la posición de Argentina.

Finalmente, se incorporó el SNA como herramienta para captar jerarquías, centralidades y patrones de conectividad en los flujos intersectoriales de conocimiento. Esta dimensión relacional enriquece los indicadores e introduce una mirada sistémica sobre la estructura de los sistemas tecnológicos nacionales e internacionales.

En suma, el capítulo 2 no solo estableció las bases metodológicas para la construcción de la MTEI, sino que también dotó a la investigación de un conjunto de indicadores, clasificaciones y herramientas analíticas que permiten trasladar categorías teóricas al

plano empírico. El capítulo cumple así una función de bisagra: traduce los debates conceptuales revisados en el capítulo 1 en instrumentos operativos y abre el camino para el análisis comparado de la inserción tecnológica de países y sectores que se desarrolla en el capítulo 3.

Capítulo 3: El sistema tecnológico argentino y su inserción internacional: sistemas productivos periféricos desde las relaciones de difusión de tecnologías incorporadas

3.1. Introducción

El análisis emprendido en este capítulo retoma la idea central de François Perroux, presentada previamente al desarrollar el marco conceptual de esta tesis: el crecimiento no se distribuye de manera uniforme en el espacio económico, sino que se manifiesta de forma polarizada en torno a ciertos polos cuya expansión arrastra o condiciona la de los demás sectores. Trasladada al terreno tecnoeconómico, esta noción implica que la difusión del progreso técnico también se organiza en torno a una estructura jerárquica, donde algunas industrias desempeñan el papel de industrias pivote —fuentes de innovación y de arrastre tecnológico— mientras que otras asumen funciones más dependientes o inducidas.

Este capítulo busca precisamente examinar esa polarización dentro del sistema mundial contemporáneo, observando cómo las relaciones tecnoeconómicas reflejan una distribución desigual del conocimiento incorporado. Para ello, el análisis se apoya en la MTEI, que permite representar los flujos globales de I+D incorporado y describir la arquitectura funcional del actual paradigma tecnoeconómico.

El capítulo inaugura el análisis empírico de la tesis y aborda la estructura global del cambio tecnológico a partir de los flujos intersectoriales e internacionales de I+D incorporado. El estudio demuestra que la difusión tecnológica no es homogénea ni lineal, sino acumulativa y polarizada: un reducido grupo de ramas motrices y vectoras concentra la generación y propagación de conocimiento, combinando sectores tradicionales tecnológicamente rejuvenecidos (maquinaria, química) con los emergentes del paradigma TIC (electrónica, software, servicios profesionales y digitales) (sección 3.2).

Al trasladar el análisis al plano internacional, el capítulo identifica una jerarquía tripartita —centro, semiperiferia y periferia— basada en la intensidad, autosuficiencia y capacidad difusora de los países (sección 3.3). Esta clasificación revela que el poder tecnológico mundial se organiza como un sistema estructural de flujos: los países del centro

concentran la generación y exportación de conocimiento, mientras que la periferia depende de la importación de tecnologías en casi todos los sectores, y la semiperiferia oscila entre ambos extremos.

El entrecruzamiento de las dimensiones sectorial y territorial (sección 3.4) confirma que la posición de cada país en la jerarquía global depende de su articulación con las ramas núcleo del paradigma. Finalmente, el capítulo relee estos resultados a la luz del diamante de Pavitt, mostrando que los Sistemas Tecnológicos Nacionales periféricos (STN-p) presentan pilares incompletos en los grupos “basados en ciencia” y “proveedores especializados”, lo que explica su débil capacidad de arrastre e innovación (sección 3.5). Estos hallazgos validan empíricamente las hipótesis 1 y 2 y preparan el terreno para el análisis comparado de trayectorias nacionales que se desarrolla en el capítulo siguiente.

3.2. Posición de las industrias dentro del actual PTE: asimetrías en el espacio tecnoeconómico

Para comprender la lógica con la que se organiza la división internacional del trabajo en términos de flujos de tecnología, resulta necesario caracterizar previamente cómo se distribuyen las distintas ramas productivas dentro del actual paradigma tecnoeconómico (PTE). Partiendo de la premisa de que las oportunidades tecnológicas y la capacidad de irradiar ganancias de productividad no se distribuyen de forma aleatoria entre ramas productivas, el análisis sectorial constituye un paso intermedio indispensable para estudiar las desigualdades del sistema económico mundial.

El gráfico 1 muestra un mapa de dispersión donde el eje horizontal indica la relevancia normalizada de cada rama como difusora intersectorial de I+D y el eje vertical su relevancia como usuaria intersectorial. El tamaño de las burbujas refleja la intensidad directa en I+D, mientras que el color corresponde a la clasificación extendida de Pavitt (1984).³⁶ A partir de la posición relativa en los cuadrantes, las ramas se clasifican en cuatro categorías funcionales del paradigma tecnoeconómico: “motrices”, que producen insumos clave y actúan como fuertes difusoras de tecnologías; “vectoras”, pivotes que combinan alta absorción de conocimiento con un papel central en su propagación;

³⁶ Tal como se señaló en la sección 2.5.3, la operativización de las categorías de Pérez mediante indicadores de encadenamientos tecnológicos aproxima este criterio al de la taxonomía de Pavitt (1984).

“inducidas”, sectores que modernizan su estructura para facilitar la expansión del paradigma aun sin ser innovadores principales; y “enclaves”, ramas periféricas con baja articulación y escasa capacidad de difusión (véase sección 2.5.3).³⁷

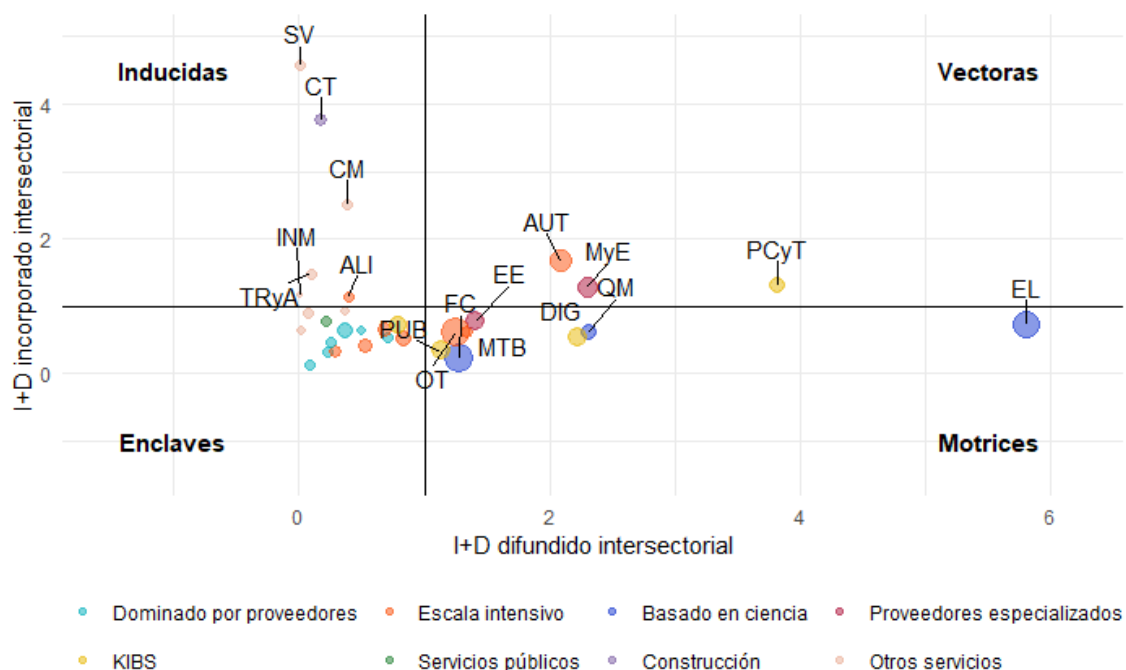
En términos generales, se observa una correspondencia entre las ramas que identificamos como motrices y vectoras —núcleo difusor del PTE— y las categorías centrales de la tipología de Pavitt. En este grupo se ubican las industrias basadas en ciencia, los proveedores especializados, los servicios intensivos en conocimiento (KIBS, por sus siglas en inglés) y, dentro del grupo intensivo en escala, aquellas ramas que producen equipos de transporte —automotriz (AUT) y otros equipos de transporte (OT)— y metales básicos (MTB).³⁸

En contraste, las ramas que se perfilan principalmente como adoptantes tecnológicas concentran a los sectores dominados por proveedores, los servicios públicos, la construcción y otros servicios. En este conjunto también se ubica buena parte de las industrias de proceso del grupo intensivo en escala, lo cual resulta coherente con la caracterización de Pavitt: se trata de sectores con menor dinamismo innovador propio, pero que modernizan su estructura mediante la absorción de tecnologías generadas externamente.

³⁷ Vale aclarar que en este gráfico solo se consideran los flujos intersectoriales de I+D, quedando excluida la inversión intramuros de cada sector. Incluir el componente intrasectorial generaría una doble contabilización —ya que se sumaría simultáneamente como I+D difundido y como I+D incorporado— y conduciría a una sobrerepresentación de los sectores con mayor esfuerzo interno en I+D. En tal caso, dichos sectores aparecerían artificialmente como los que más difunden y a la vez más utilizan conocimiento, mientras que lo opuesto ocurriría con aquellos de menor inversión. Esta decisión metodológica busca, por tanto, resaltar los encadenamientos tecnológicos entre ramas y no la mera magnitud de la I+D realizada al interior de cada una.

³⁸ Cabe señalar que la relativa coherencia entre nuestra clasificación funcional y la taxonomía de Pavitt no es casual. Ello se debe a que la categoría de “motriz” utilizada aquí no se define tanto por la producción del insumo clave del paradigma —tal como lo plantea la literatura sobre paradigmas tecnoeconómicos— sino por su papel en la generación y propagación de encadenamientos tecnológicos intersectoriales.

Gráfico 1. Difusión (eje horizontal) y utilización de I+D (eje vertical) interindustrial más intensidad total en I+D incorporado (tamaño de burbujas)



Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que las ramas más destacadas en términos de difusión de conocimiento son, en primer lugar, la electrónica y equipos ópticos (EL), seguida por los servicios profesionales, científicos y técnicos (PCyT) y, en un nivel también relevante, los servicios digitales (DIG). Esto confirma lo esperable en la medida en que nos encontramos en una etapa avanzada del desenvolvimiento del paradigma de las TIC, en la que la electrónica y el software continúan funcionando como núcleo de generación y propagación de conocimiento incorporado.

Sobre ello vale detenerse en dos aspectos. Por un lado, la evidencia derivada de los flujos tecnoeconómicos muestra que la manufactura electrónica ejerce un liderazgo de difusión superior incluso al de los servicios digitales, aunque la convergencia tecnológica de ambas —en equipos, dispositivos e instrumentos de precisión— constituye uno de los principales hitos del paradigma actual. Resulta clave subrayar que las capacidades en electrónica constituyen la base material que potencia el desarrollo digital: mientras es común encontrar países periféricos con cierto desarrollo en servicios digitales sin contar con una industria electrónica propia, lo inverso prácticamente no ocurre (véase sección 3.4).

Por otro lado, la centralidad difusora de los PCyT responde a la profundización de la terciarización del proceso de trabajo, ya no solo en tareas rutinarias o administrativas, sino también en actividades de alta complejidad cognitiva vinculadas con la investigación, el diseño y la innovación. Adicionalmente, esta industria presenta una articulación como usuaria de I+D por encima del promedio, lo que la define como una rama vectora del cambio tecnológico. Esto se explica porque, para generar y transferir conocimiento, estos servicios dependen de la infraestructura tecnológica industrial provista por sectores motrices como la electrónica, la producción de software, la química o la maquinaria de precisión, cuya base sostiene los equipos, programas y metodologías que hacen posible su propia función difusora dentro del sistema productivo.

En tercer lugar, mientras la EL y los servicios DIG constituyen las ramas más representativas del nuevo PTE por su papel como núcleos de innovación y difusión, las industrias de maquinaria y equipo (MyE) y química (QM) mantienen un lugar protagónico en el cambio tecnológico del siglo XXI.³⁹ Bajo el nuevo paradigma, estas ramas atravesaron procesos de rejuvenecimiento tecnológico, impulsados por tecnologías que ampliaron su capacidad de absorción y difusión del progreso técnico intersectorial. En este marco, la maquinaria preserva su rol histórico de proveedora de equipamiento para la producción, aunque renovada por la incorporación de tecnologías digitales y electrónicas que han ampliado su versatilidad y capacidad de difusión. La química, por su parte, extiende sus funciones hacia insumos cada vez más sofisticados, con una transformación de su base de conocimiento al converger con la biotecnología, lo que la consolida como un sector estratégico en el paradigma actual.

Entre las industrias definidas como inducidas se encuentran la construcción (CT), el comercio mayorista y minorista (CM), el transporte y almacenamiento (TRyA), las actividades inmobiliarias (INM), otros servicios diversos (SV) y, en forma particular, la industria de alimentos y bebidas (ALI). En la mayoría de estos casos, su protagonismo proviene de la escala productiva que concentran, lo que las convierte en grandes usuarias de conocimiento incorporado, pero con bajos niveles e intensidad de inversión en I+D

³⁹ Estas ramas son precisamente las que Fajnzylber (1983) definió como “ramas pivotes” dentro de su noción de “núcleo de dinamización tecnológica”, al concentrar la mayor parte del esfuerzo innovativo y constituir los sectores de mayor capacidad de arrastre intersectorial y proyección internacional.

(véase anexo 3, tabla A3). Esto indica que, más que impulsar innovaciones de producto, gran parte de su esfuerzo se orienta al desarrollo de capacidades de absorción tecnológica, lo que evidencia una pasividad tecnológica incluso más marcada que en varias ramas de enclave. Una excepción relativa dentro de este grupo es la industria de alimentos (ALI), que combina un tamaño relevante con un esfuerzo en I+D superior al promedio de las inducidas, lo que indica cierta capacidad para absorber y adaptar nuevos procesos provenientes de otras ramas.

El cuarto y último grupo corresponde a las ramas clasificadas como enclaves tecnológicos, un conjunto heterogéneo que incluye actividades primarias, manufacturas dominadas por proveedores (textiles, madera, petróleo refinado, entre otras) y servicios tradicionales (comercio, transporte, hotelería, finanzas, inmobiliarias). Lo que comparten es una baja intensidad en I+D, un papel acotado en la difusión intersectorial de conocimiento y una elevada dependencia de tecnologías generadas en otros sectores. Si bien estas industrias han experimentado importantes transformaciones tecnológicas en sus procesos de trabajo y/o productos, su demanda (y oferta) de I+D es significativamente menor que en el resto del sistema productivo. Ello explica por qué, aunque por ejemplo las ramas primarias se hayan vuelto crecientemente intensivas en conocimiento —a partir de la incorporación de biotecnologías, maquinaria digitalizada y servicios de gestión avanzados (Andersen et al., 2015)—, dichas transformaciones no modifican su carácter periférico dentro de la dinámica del cambio tecnológico global, en tanto se encuentran determinadas por paquetes tecnológicos cerrados.⁴⁰

En continuidad con los vínculos industria–industria que sustentan los resultados del gráfico previo, la Figura 8 presenta un mapa de calor donde se muestran las diez principales fuentes de conocimiento tecnológico para cada industria usuaria. La escala cromática va del verde —que identifica la primera posición en el ranking— al rojo —correspondiente a la décima—, lo que permite visualizar de manera inmediata la jerarquía relativa de los influjos recibidos.⁴¹

⁴⁰ El agro resulta en una excepción relativa: es, después de telecomunicaciones, la rama con mayor esfuerzo en I+D del grupo y supera en inversión directa a todas las industrias inducidas salvo alimentos y bebidas (véase anexo 3, tabla A3).

⁴¹ El análisis de la figura 1 está complementado en el anexo 3 con la figura A1.

El liderazgo de EL sobresale en ambas dimensiones. Es transversal, al estar presente en prácticamente todas las ramas, y es además dominante: en 25 de las 31 industrias figura entre las dos principales fuentes de I+D incorporado. Su peso es particularmente significativo en sectores definidos como motrices o vectoras del PTE, como MyE (29%), EE (35%), AUT (30%), OT (39%), DIG (39%) y PCyT (28%). Lo relevante es que el papel de esta industria va mucho más allá de la provisión de insumos avanzados: la electrónica ha transformado las trayectorias tecnológicas de sus usuarios mediante la difusión de capacidades habilitantes como el control numérico, la automatización flexible o el software embebido, redefiniendo tanto los procesos productivos como los productos resultantes.

Por su parte, el I+D incorporado de EL se nutre principalmente de productores de bienes de capital como EE (16%) y MyE (12%), sumado a QM (11%), PCyT (10%) y DIG (6%). De esta forma, la electrónica actúa simultáneamente como difusora transversal y receptora intensiva, constituyendo el centro de un núcleo virtuoso de aprendizaje e innovación acumulativa.

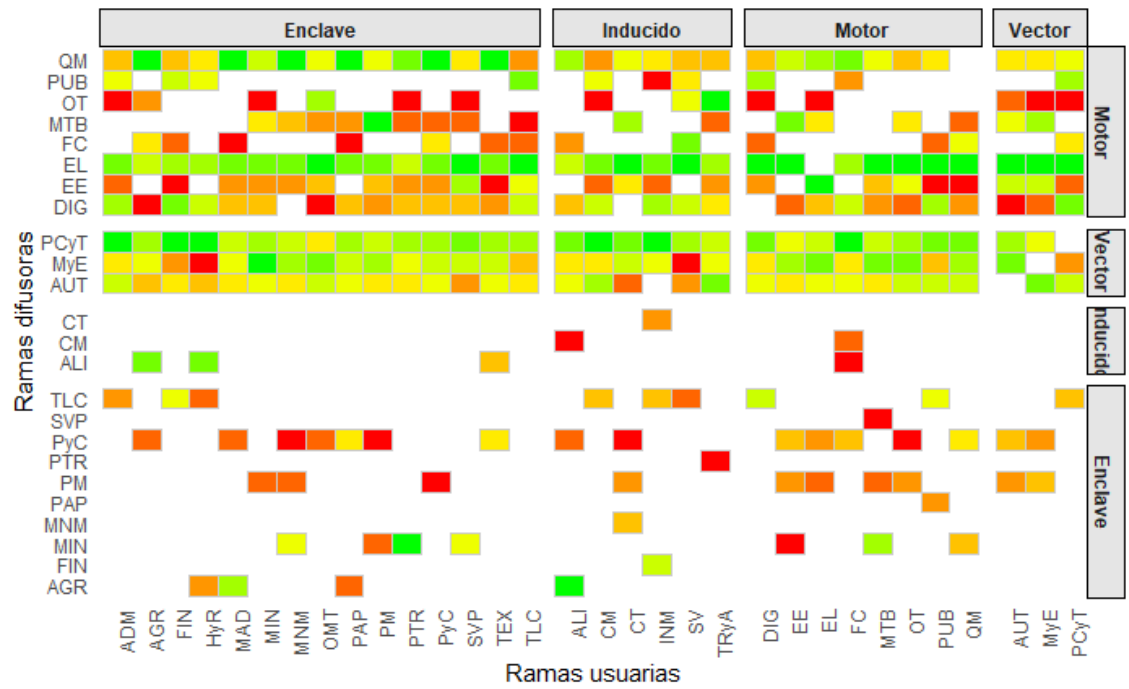
También se destaca la transversalidad difusora de PCyT. Dentro de las ramas núcleo, su aporte resulta especialmente visible en la industria farmacéutica (FC). En este caso, la provisión de servicios científicos externos cumple un papel central en el desarrollo de nuevas formulaciones, procesos productivos y tecnologías médicas, reflejando la creciente externalización de actividades de investigación hacia proveedores especializados.

Por su parte, QM y MyE muestran una transversalidad amplia, aunque la posición que ocupan varía según el grupo de industrias. La QM predomina en cadenas de procesos continuos —plásticos y caucho (39%), textiles (25%), agroindustria (23%), papel (18%), madera (15%) y minerales no metálicos (14%)—, mientras que MyE destaca principalmente en su papel dentro de las ramas primarias extractivas (23%) y minerales no metálicos (13%), así como en ramas manufactureras motrices y vectoras como automotriz (26%), electrónica (12%) y equipamiento eléctrico (11%).

Dado el interés de la tesis por el STN argentino y su perfil de especialización primario-exportadora (véase capítulo 4), también resulta pertinente destacar la diferencia en la base de modernización tecnológica entre las actividades primarias: mientras la agricultura depende sobre todo de la química (23%) —reflejando la centralidad de biotecnologías,

fertilizantes y fitosanitarios—, las actividades extractivas se articulan principalmente con maquinaria y equipo (23%), evidenciando una mayor dependencia de tecnologías mecánicas orientadas a la extracción y el procesamiento.⁴²

Figura 8. Mapa de calor de los flujos intersectoriales de I+D incorporado, según grupo funcional de ramas (Motores, Vectores, Inducidos y Enclaves)



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 2 anticipa el cruce entre la dimensión territorial y sectorial desarrollado en la sección 3.4 al mostrar el grado de internacionalización de cada rama. En términos generales, se confirma que en la mayoría de las ramas los flujos permanecen predominantemente domésticos, lo que indica que incluso bajo condiciones de creciente globalización productiva la circulación de conocimiento tecnológico sigue anclada en vínculos nacionales.

Las excepciones más notorias corresponden a un reducido conjunto de ramas núcleo — EL, AUT y OT—, donde los flujos internacionales predominan por sobre los domésticos. Se trata de industrias caracterizadas por estrategias de fragmentación modular de la

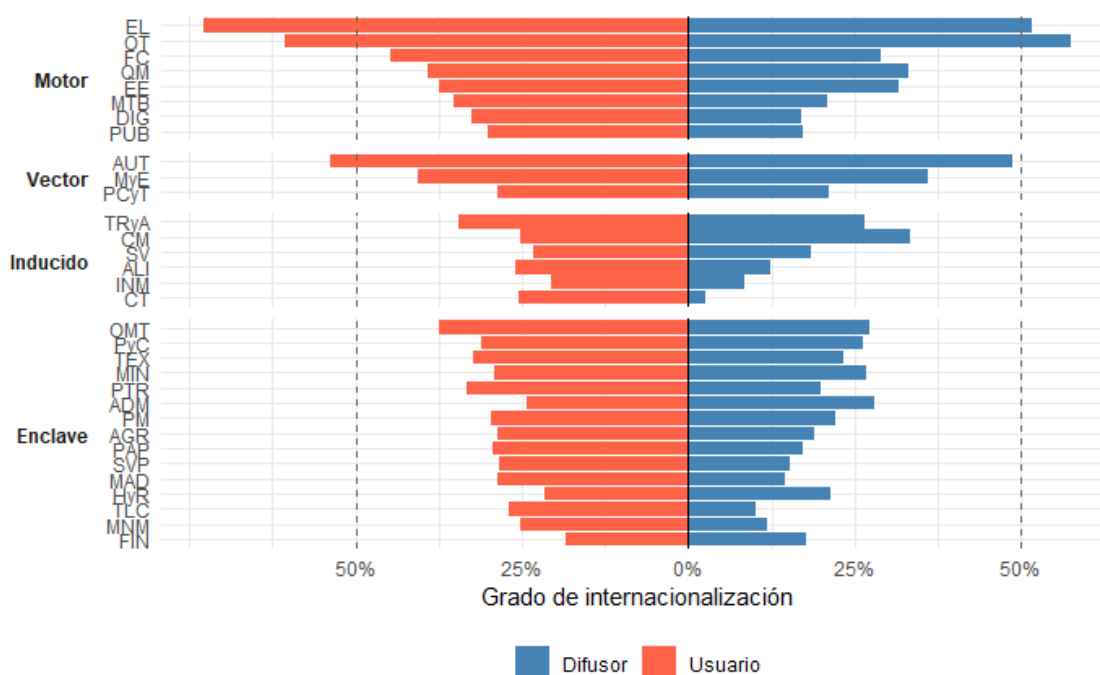
⁴² Volveremos sobre la diferencia de centralidad en el Capítulo 4, al comparar los grados de centralidad de ambas industrias en Argentina y el resto de los países seleccionados.

producción y por un comercio intraindustrial muy intenso, en línea con lo señalado en la literatura sobre cadenas globales de valor (Baldwin, 2016; Sturgeon y Gereffi, 2009; CEPAL, 2013).

En contraste, los servicios PCyT, PUB y DIG son, dentro de este subgrupo de ramas núcleo, aquellos donde el predominio de los flujos domésticos —especialmente en su papel como difusores de tecnología— es mayor. Posiblemente, estos resultados se vinculan con la centralidad que adquiere la proximidad entre usuarios y proveedores en los servicios intensivos en conocimiento (KIBS), dado que el producto intercambiado suele estar altamente customizado y depende de un proceso continuo de aprendizaje interactivo y cambio incremental. Estas características hacen que la prestación de servicios tecnológicos, científicos o digitales requiera una densa articulación con las bases institucionales y productivas del propio país —universidades, organismos públicos, centros tecnológicos y empresas locales—, lo que ancla la difusión del conocimiento en el ámbito nacional.

En una posición intermedia aparecen los proveedores de bienes de capital de base metalmeccánica (MyE y EE). En estas ramas se agrupan segmentos productivos tecnológicamente heterogéneos. Por un lado, se encuentran los productores de equipos de fabricación e instrumentos más personalizados —lo que Pavitt (1984) definía como proveedores especializados—, donde, nuevamente, la proximidad usuario-proveedor se convierte en un insumo central para el aprendizaje y la innovación. Por otro lado, estas ramas también incluyen segmentos más próximos a los productores intensivos en escala, vinculados a series estandarizadas, automatización y grandes volúmenes de producción, lo que favorece su articulación con cadenas globales de valor y, por tanto, una mayor propensión a la internacionalización de los flujos tecnológicos.

Gráfico 2. Grado de internacionalización de los flujos de I+D por rama productiva



Fuente: Elaboración propia

En síntesis, el análisis sectorial confirma que la dinámica del PTE se organiza alrededor de un núcleo restringido de ramas motrices y vectoras, cuya centralidad en la difusión del conocimiento no es neutra ni contingente, sino estructural. Estas capacidades transformadoras derivan de sus características técnico-funcionales y de los nuevos productos que generan para el resto del sistema productivo, en un marco de viabilidad económica. En efecto, los insumos, equipos, infraestructuras y servicios que proveen constituyen la base material sobre la que se sostienen los procesos de trabajo del conjunto del sistema. En este sentido, las jerarquías tecnológicas observadas no reflejan meras diferencias en la intensidad innovativa, sino asimetrías estructurales vinculadas a la posición que cada actividad ocupa en las cadenas de producción y en la organización del espacio tecnoeconómico.

Esta arquitectura del espacio tecnoeconómico global constituye el punto de partida sobre el cual se insertan las trayectorias nacionales. Las asimetrías centro-periferia no se explican únicamente por las ventajas comparativas estáticas, sino por la distinta capacidad de cada país para articularse con estos núcleos sectoriales de innovación y difusión. La sección siguiente profundiza precisamente en esta dimensión territorial, examinando cómo se configuran los bloques nacionales en torno a las ramas motrices y vectoras y qué márgenes de autosuficiencia o dependencia tecnológica se derivan de dicha articulación.

3.3. Centro, semiperiferia y periferia en el PTE: una tipología tripartita de jerarquías tecnológicas

Habiendo caracterizado la posición relativa de cada rama dentro de la arquitectura funcional del paradigma tecnoeconómico, el análisis se desplaza ahora hacia la dimensión territorial. El objetivo es examinar cómo esos flujos de conocimiento incorporado se distribuyen entre países y regiones, identificando qué economías concentran los núcleos de generación y difusión de tecnologías y cuáles se ubican en posiciones más dependientes. Esta mirada internacional permite vincular el perfil tecnoeconómico sectorial con la dinámica centro–periferia, mostrando cómo las asimetrías productivas se reproducen y amplifican en la circulación global de I+D.

3.3.1. Clasificación funcional de países según su inserción en el PTE

Con el objetivo de trasladar el análisis desde la arquitectura sectorial hacia la dimensión internacional, esta subsección presenta la clasificación de los 35 países considerados según su perfil tecnoeconómico e inserción en el paradigma global. La metodología — detallada en la sección 2.5.4— combina indicadores de generación y difusión de I+D incorporado con medidas de autosuficiencia y especialización en relación con aquellos sectores que, en la sección anterior, fueron definidos como motrices y vectoras del proceso actual de cambio tecnológico a escala global.

Siguiendo la tesis de los autores del sistema-mundo, el resultado del agrupamiento ha sido adaptado para construir una tipología que distingue tres grandes grupos: centro, semiperiferia (con una subdivisión interna) y periferia.⁴³ Tal como se describe en la tabla 1, mientras los grupos de centro y periferia exhiben perfiles tecnoeconómicos relativamente consistentes y homogéneos, la semiperiferia constituye un espacio

⁴³ Es importante subrayar que el grupo de países de bajos ingresos se encuentra subrepresentado en la base de datos empleada, debido a la escasa disponibilidad de estadísticas de I+D en regiones como África, América Latina y parte de Asia meridional. En este contexto, la escasez de países latinoamericanos y africanos en la muestra tiende a comprimir la heterogeneidad interna del grupo periférico, desplazando hacia abajo la frontera que lo separa de los niveles intermedios de desarrollo. Así, es posible que economías como la argentina —actualmente clasificadas como periféricas— podrían reubicarse en posiciones intermedias si la base incorporara un número mayor de países de bajos ingresos, permitiendo una delimitación más equilibrada de los distintos estratos de desarrollo tecnológico.

intermedio mucho más heterogéneo, subdividido aquí en dos subconjuntos — semiperiferia alta y semiperiferia baja— según su proximidad relativa a uno u otro polo.⁴⁴

Tabla 3. Distribución de países según perfiles de inserción funcional en el PTE

Categoría		Países	Criterio 1				Criterio 2	
			I+D difundido	I+D incorporado	Intensidad tecnológica	MTECM	AUTO NUC	EXPO NUC
Centro		5 países: CHN, DEU, JPN, KOR, USA	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
Semiperiferia	Alta	15 países: AUS, BEL, BRA, CAN, DNK, ESP, FIN, FRA, GBR, ITA, NLD, NOR, RUS, SWE, TWN	Medio-Alto	Mixto**	Mixto****	Mixto***	Mixto**	Mixto**
	Baja	9 países: CZE, HUN, IND, ISL, POL, PRT, SGP, SVN, TUR	Medio-Bajo	Mixto***	Mixto****	Mixto*	Mixto***	Medio-Bajo
Periferia		6 países: ARG, CHL, EST, LTU, MEX, ROU	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo

Mixto*: Alto / Medio-Alto; Mixto**: Medio-Alto / Medio-Bajo; Mixto***: Medio-Bajo / Bajo; Mixto****: Combinaciones más dispersas

Fuente: Elaboración propia

Previo a profundizar en el análisis de estos bloques y sus interdependencias a partir de las diferentes métricas tecnoeconómicas, conviene realizar una breve descripción de la composición y trayectoria histórica de cada uno de ellos.

El bloque de países centro

El grupo de países centrales está integrado por Estados Unidos, Alemania, Japón, Corea del Sur y China. Se distinguen no solo por liderar la creación de nuevas tecnologías, sino

⁴⁴ Como se explica en la sección 2.5.4, la elección de una estratificación en cuatro bloques de países obedece a los resultados del ejercicio de clusterización, en el cual el número de grupos (K) se definió de manera exógena. Si bien el esquema con K = 3 reproducía la clásica división centro–semiperiferia–periferia propuesta por la literatura del Sistema-Mundo, al optar por K = 4 se obtuvo una mayor homogeneidad interna dentro del grupo intermedio, lo que permitió distinguir entre una semiperiferia alta y una semiperiferia baja.

también por su capacidad estructural para organizar su difusión hacia el resto del sistema mundial, configurando así el corazón funcional del actual paradigma tecnoeconómico.

Sus etapas de crecimiento económico y cambio estructural siguieron trayectorias heterogéneas. En Estados Unidos, la consolidación industrial del siglo XIX se apoyó en el triángulo entre ingeniería mecánica, química y electricidad, base sobre la cual se desarrolló el sistema más integrado de ciencia, tecnología e industria del siglo XX. La industria de maquinaria —en particular la de máquina-herramienta— actuó como plataforma difusora del *American system of manufactures*, sobre la cual se montaron posteriormente las revoluciones automotriz, aeronáutica y electrónica (Mowery & Rosenberg, 1989; Chandler, 1990).

A partir de los años setenta, el liderazgo estadounidense se desplazó progresivamente hacia la informática, el software y las tecnologías digitales, y más recientemente hacia la inteligencia artificial, la computación en la nube y la biotecnología, consolidando una estructura innovativa dominada por conglomerados tecnológicos de alcance global y por la articulación entre universidades, capital de riesgo y agencias estatales (Block & Keller, 2011; Mazzucato, 2013).

Alemania, por su parte, estructuró desde fines del siglo XIX un modelo productivo fundado en la simbiosis entre banca, gran industria y redes de investigación aplicada, con núcleos dinámicos en química, metalurgia y maquinaria de precisión (Gerschenkron, 1962; Herrigel, 1996). En las últimas décadas, ese entramado —basado en el *Mittelstand* y en instituciones como la red *Fraunhofer*— se reconvirtió hacia la Industria 4.0, integrando automatización, robótica, sensores y análisis de datos en la manufactura (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013).

Japón llegó a ser una economía central del paradigma tecnoeconómico mediante una estrategia de acumulación tecnológica sostenida: desde la posguerra combinó protección estatal, transferencia tecnológica y aprendizaje incremental, apoyándose en sectores de ingeniería de precisión, electrónica, automotriz y robótica organizados bajo conglomerados *keiretsu* (Johnson, 1982; Odagiri & Goto, 1993; Nicholas, 2011). Desde los noventa, Japón mantuvo su núcleo industrial de ingeniería avanzada, pero perdió centralidad en la fase digital del paradigma, donde la innovación se desplazó hacia el software y las plataformas (Arora et al., 2013; Lechevalier, 2014).

Corea del Sur se integró posteriormente a este núcleo mediante un proceso de convergencia acelerada impulsado por un Estado desarrollista y por conglomerados industriales (*chaebols*) que lideraron la expansión en semiconductores, electrónica de consumo y telecomunicaciones (Amsden, 1989; Chang, 1994). Este modelo, basado en la planificación estratégica y la inversión masiva en I+D, permitió construir un tejido tecnológico nacional con empresas de alcance mundial como Samsung, Hyundai o LG, con capacidades diversificadas en ramas como semiconductores, biotecnología, robótica, baterías, inteligencia artificial y energías limpias.

Finalmente, China representa el caso contemporáneo más significativo de ascenso estructural. Su desarrollo reciente combina planificación estatal de largo plazo, inversión sostenida en infraestructura tecnológica y un proceso de absorción y recomposición de capacidades productivas que transformó su papel en la economía mundial (Naughton, 2007). A partir de la década de 2000, el país orientó su política industrial hacia la construcción de campeones nacionales en sectores estratégicos —semiconductores, inteligencia artificial, biotecnología, energías renovables y equipos eléctricos— articulados en programas como *Made in China 2025* (Kennedy, 2017). Este proceso consolidó a China como uno de los polos difusores del paradigma actual, junto con Estados Unidos, en la frontera de la digitalización y la automatización global.

El bloque de países periféricos

En el extremo opuesto se encuentra el grupo periférico, integrado por Argentina, Chile, México y tres pequeñas economías postsocialistas —Lituania, Rumania y Estonia—. Se trata de economías cuya inserción funcional en el paradigma tecnoeconómico global se caracteriza por un bajo volumen y escasa intensidad de I+D, limitada autosuficiencia tecnológica en sectores núcleo, reducida capacidad exportadora de conocimiento incorporado y un elevado MTECM.

Dentro del grupo latinoamericano, Argentina y Chile constituyen los ejemplos más claros de economías primario-exportadoras, con una fuerte especialización en recursos naturales y procesos de industrialización incompletos. En ambos casos, la expansión de sectores basados en recursos —como la agroindustria o la minería— generó escasos encadenamientos hacia arriba o hacia abajo del sistema productivo, manteniendo una dependencia estructural de bienes de capital y tecnologías importadas (Katz, 2000).

En Argentina, la etapa de industrialización sustitutiva de mediados del siglo XX permitió formar un entramado productivo más complejo, pero su fragilidad macroeconómica, la discontinuidad de políticas industriales y la limitada articulación entre ciencia, Estado y producción impidieron consolidar un núcleo endógeno de innovación sostenido (Lavarello & Sarabia, 2015).

Chile, por su parte, exhibe un perfil aún más concentrado en sectores extractivos, particularmente minería y agroexportación, donde el dinamismo exportador convive con un bajo contenido tecnológico doméstico y una débil articulación intersectorial.

México constituye un caso híbrido, situado entre la periferia y la semiperiferia baja. Su trayectoria refleja una transición desde el modelo primario-exportador hacia una integración subordinada en cadenas manufactureras globales, impulsada por el régimen de maquila y posteriormente por la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA, por sus siglas en inglés). Este proceso diversificó la canasta exportadora hacia ramas como la automotriz y la electrónica, que en 2016 concentraban casi un 40 % de las exportaciones totales de bienes. Sin embargo, dicha diversificación se produjo bajo esquemas de ensamblaje y dependencia tecnológica, dominados por empresas transnacionales y con escaso desarrollo de capacidades locales de diseño e ingeniería (Gallagher & Zarsky, 2007; Gallagher & Paus, 2007; Cypher & Crossa, 2023). En consecuencia, México mantuvo una inserción externa intensiva en conocimiento incorporado pero débil en generación interna.

Por su parte, las economías postsocialistas de Europa oriental —Lituania, Rumania y Estonia— comparten con América Latina la condición de periferia tecnológica, aunque desde una trayectoria distinta. Su transición desde el sistema planificado hacia el capitalismo global produjo fragmentación productiva y desarticulación de capacidades industriales, dejando como herencia una estructura concentrada en actividades de bajo contenido tecnológico (Radošević, 1999; Pavlínek, 2004). La reintegración a la Unión Europea aceleró la especialización en nichos subordinados de las cadenas de valor europeas, reforzando su dependencia de la inversión extranjera directa y de tecnologías desarrolladas en los países del centro (Drahokoupil, 2009).

El bloque de países semiperiféricos

Finalmente, el grupo de países semiperiféricos es el más amplio —agrupa a 24 de los 35 países considerados— y constituye el bloque más heterogéneo. Esta diversidad motivó su

subdivisión en semiperiferia alta y semiperiferia baja, según su mayor proximidad relativa al centro o a la periferia de acuerdo con los indicadores mencionados.

En la semiperiferia alta se ubican economías de ingresos altos como Australia, Canadá, Bélgica, Francia, Italia, Reino Unido y los países nórdicos (Suecia, Finlandia, Dinamarca, Noruega), junto con “gigantes continentales” como Brasil y Rusia, caracterizados por grandes mercados internos, abundancia de recursos naturales y procesos de industrialización incompletos.⁴⁵

Estos países combinan capacidades tecnológicas significativas con cierto grado de dependencia en insumos o mercados externos, lo que explica su ubicación intermedia. Algunos, como Francia y el Reino Unido, representan economías históricamente centrales que han visto reducirse su peso relativo en el liderazgo tecnológico e industrial, aunque mantienen sectores avanzados —como aeronáutica, energía nuclear, farmacéutica o servicios financieros— que continúan otorgándoles una posición destacada dentro del sistema mundial (Herbig, 1991; Kitson & Michie, 2014; Juhasz et al., 2024).

A este grupo se suma el caso particular de Taiwán, una economía relativamente pequeña que logró consolidar una industrialización acelerada basada en manufacturas de alta tecnología, especialmente en semiconductores y electrónica avanzada (Lee, 2017).

La semiperiferia baja, en cambio, incluye economías de industrialización más reciente o con capacidades aún limitadas: República Checa, Hungría, Polonia, Portugal, Eslovenia, Turquía, India, Islandia y Singapur. Si bien comparten ciertos atributos tecnoeconómicos —como niveles intermedios de intensidad tecnológica y una inserción dependiente en las cadenas globales de valor—, este bloque es particularmente heterogéneo.

En él coexisten grandes economías continentales, como India y en menor medida Turquía, con amplios mercados internos y procesos de industrialización parcial, junto a economías pequeñas y altamente abiertas, como Islandia y Singapur, especializadas en nichos tecnológicos o de servicios avanzados. A su vez, los países de Europa central y del sur

⁴⁵ El caso de Rusia presenta una trayectoria singular dentro del grupo de economías semiperiféricas. Durante gran parte del siglo XX, la Unión Soviética constituyó una de las principales potencias militares e industriales del mundo, con un sistema socialista planificado que impulsó un vasto complejo científico-tecnológico y una industrialización integral orientada tanto a la autosuficiencia como a la competencia geopolítica con las economías capitalistas avanzadas (Allen, 2003; Hanson, 2003).

representan un subgrupo de industrialización intermedia, articulado principalmente con las cadenas manufactureras europeas, especialmente en sectores como la automotriz y la electrónica.

Esta pluralidad de trayectorias confirma que la semiperiferia no constituye una categoría cerrada, sino un espacio de ambigüedad estructural en el que confluyen economías de distinto tamaño, región y perfil productivo-comercial. Su distinción resulta clave porque permite superar la estricta dicotomía centro–periferia e incorporar una mirada más matizada sobre la diversidad de experiencias nacionales y sus grados intermedios de desarrollo. Tal como se desarrollará en el siguiente capítulo, las comparaciones entre países periféricos y semiperiféricos abren la posibilidad de comprender con mayor profundidad los condicionamientos histórico-materiales y político-institucionales que moldean los procesos de cambio estructural.

3.3.2. Perfil comparado de los bloques según intensidades, escalas e interdependencias de los flujos tecnoeconómicos

Se han descrito brevemente las características tecnoeconómicas de los países de acuerdo con los bloques funcionales a los que pertenecen. El gráfico 2 detalla, a nivel de bloques de países, dos de las seis dimensiones clave del perfil tecnológico de los países en el PTE contemporáneo: la intensidad tecnológica total —junto con la participación relativa de sus componentes— y el MTECM. Ambas son medidas relativas que no dan cuenta directa de la escala del perfil tecnoeconómico de los países.

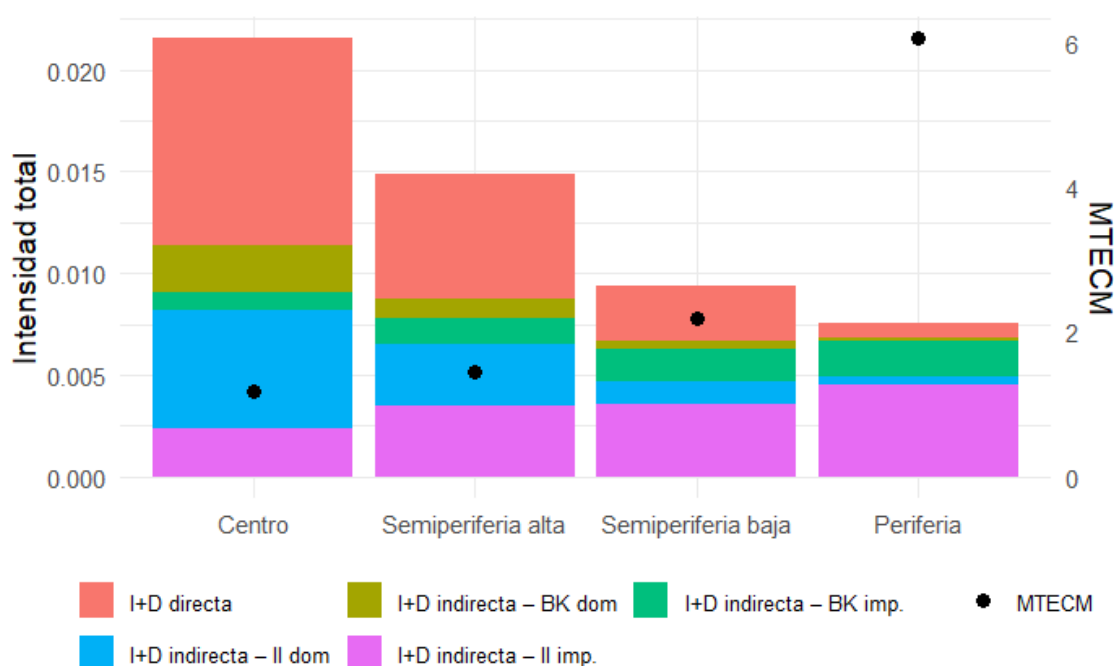
El contraste entre bloques resulta muy evidente y confirma los resultados esperados: el centro combina la mayor intensidad tecnológica total con los menores niveles de dependencia externa (MTECM), mientras que la periferia presenta el perfil opuesto, con escasa acumulación de I+D y la mayor vulnerabilidad frente a insumos tecnológicos importados. Entre ambos extremos, la semiperiferia alta exhibe valores intermedios tanto en intensidad como en dependencia, mientras que la semiperiferia baja se ubica aún más cerca de la periferia, con intensidades reducidas y un MTECM sensiblemente más elevado. El patrón general es, por lo tanto, marcadamente lineal y reproduce con claridad la jerarquía centro–periferia en la dimensión tecnológica.

Detrás de estas tendencias agregadas, sin embargo, se esconden trayectorias nacionales heterogéneas (véase anexo 3, gráfico A1). Dentro de la semiperiferia conviven economías de menor tamaño con intensidades incluso superiores a las de algunos países centrales —

como Taiwán o los países nórdicos— junto con grandes economías de industrialización incompleta —como Brasil, India o Turquía— cuyos niveles se acercan más a los de la periferia.

Entre los países periféricos, Argentina se destaca por registrar la menor intensidad tecnológica de todo el conjunto analizado, lo que refleja la fragilidad de su base endógena de innovación. México, por su parte, resalta por el extraordinario valor que alcanza su MTECM, reflejo de una inserción profundamente dependiente y subordinada en las cadenas manufactureras globales. Estas particularidades confirman que la desigualdad internacional no solo se expresa en los niveles de inversión directa en I+D, sino también en el grado de autonomía o dependencia con que cada país se integra al paradigma tecnoeconómico mundial.

Gráfico 3. Intensidad de I+D incorporado y multiplicador tecnológico medio (MTECM) por bloque de países



Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto clave para la conformación de los bloques funcionales del PTE está asociado a la escala de los flujos tecnoeconómicos. En ese sentido, la figura 9 presenta la magnitud y dirección de aquellos flujos que ocurren entre países. Lo que se confirma allí no es solo la estratificación centro–periferia, sino también la lógica sistémica de esa desigualdad. El bloque central aparece como la fuente estructurante de difusión de tecnologías a escala mundial: más de dos tercios de la I+D incorporada en los demás bloques proviene de allí,

lo que confirma su papel como núcleo del sistema tecnoeconómico global. En el extremo opuesto, la periferia combina una inserción marcada por la dependencia —más del 80 % de su I+D es importado— con una capacidad difusora prácticamente nula.

Las posiciones intermedias también reproducen esta lógica: la semiperiferia alta muestra un mayor grado de autosuficiencia relativa, mientras que la semiperiferia baja se aproxima más a los patrones periféricos de dependencia. En conjunto, los datos muestran que la desigualdad tecnológica internacional no se limita a diferencias en intensidad, sino que se reproduce como un sistema jerárquico de flujos, donde unos pocos países concentran la capacidad de difundir conocimiento y el resto se inserta en posiciones crecientemente dependientes.

Si se desciende al nivel de los principales emisores, este patrón se vuelve aún más evidente: Estados Unidos y China lideran como proveedores globales de conocimiento tecnológico, seguidos —a menor escala— por Alemania, Japón y Corea del Sur. Cada uno combina una posición de gran difusor con la capacidad de abastecer a su propio mercado interno, lo que refuerza su centralidad sistémica. Por contraste, en América del Sur predominan flujos de I+D importado provenientes de actores extrarregionales, aunque Brasil adquiere cierta relevancia relativa como fuente para países vecinos, en particular Argentina.⁴⁶

⁴⁶ Un análisis más detallado de estos flujos bilaterales —que confirma la primacía de Estados Unidos y China y el rol regional de Alemania, Japón y Corea— se presenta en el figura A2 (anexo 3).

Figura 9. Origen del I+D incorporado vía importaciones (porcentaje del total) según categoría estructural del país receptor

Bloque difusor	Periferia	0.37%	0.30%	0.28%	0.17%
	Semiperiferia baja	2.72%	3.23%	3.19%	1.84%
	Semiperiferia alta	26.95%	28.60%	26.41%	16.82%
	Centro	69.96%	67.87%	70.12%	81.17%
		Centro	Semiperiferia alta	Semiperiferia baja	Periferia
		Bloque usuario			

Fuente: Elaboración propia

Más allá de los patrones agregados ya presentados, el gráfico 3 introduce una lectura más fina al ubicar a cada país en función de dos dimensiones: en el eje horizontal se representa la proporción de I+D difundido hacia el propio mercado interno, y en el eje vertical la proporción de I+D incorporado de origen doméstico. El tamaño de cada burbuja refleja la escala tecnológica total⁴⁷, mientras que el color identifica la categoría estructural a la que pertenece cada país (centro, semiperiferia-alta, semiperiferia-baja o periferia). Esta representación permite identificar no solo el grado de autosuficiencia de cada bloque, sino también los distintos perfiles nacionales según predomine, en la difusión de tecnologías, su articulación con el mercado interno o con usuarios extranjeros.

En términos generales, se confirma el patrón esperado: los países del centro y de la semiperiferia alta tienden a ubicarse en la zona superior del gráfico —es decir, con

⁴⁷ Es una medida estimada a partir de la sumatoria del I+D incorporado y difundido en millones de dólares para cada país. La inclusión de una medida absoluta resulta relevante porque no solo importa la posición relativa de un país respecto a su autosuficiencia o a su perfil de inserción internacional, sino también la escala material de sus capacidades tecnológicas, ya que esta determina el peso efectivo que puede ejercer en la dinámica global de difusión, el alcance de sus encadenamientos internos y el potencial de constituir un núcleo endógeno de innovación.

porcentajes elevados de autosuficiencia tecnológica— mientras que la semiperiferia baja y la periferia se concentran en la parte inferior, reflejando una mayor dependencia de insumos tecnológicos externos.

Sin embargo, al interior de estos bloques emergen contrastes relevantes. Dentro del bloque central, China, Estados Unidos y Japón representan el perfil típico de sistemas tecnológicos nacionales orientados hacia el mercado interno, con mercados capaces de absorber la mayor parte del I+D difundido. Corea del Sur y Alemania, en cambio, responden a un patrón más orientado hacia el exterior, combinando autosuficiencia tecnológica con una marcada función como proveedores tecnológicos para otros países. Naturalmente, la diferencia entre ambos perfiles está estrechamente vinculada a la escala tecnológica, inseparable del tamaño de sus economías.

En la periferia los contrastes son igualmente claros. Argentina, con una de las escalas tecnológicas más reducidas, se ubica en el cuadrante inferior derecho. Esto significa que combina una fuerte dependencia de importación de tecnología con un perfil de difusión orientado principalmente hacia usuarios domésticos, con un porcentaje similar al de China. México, en cambio, se ubica en el cuadrante inferior izquierdo: combina una fuerte dependencia de tecnologías importadas —la más elevada de todos los países analizados— con una función difusora mucho más orientada hacia el mercado externo. En ambos casos, sin embargo, no debe perderse de vista que se trata de países con niveles muy bajos de inversión e intensidad de I+D.

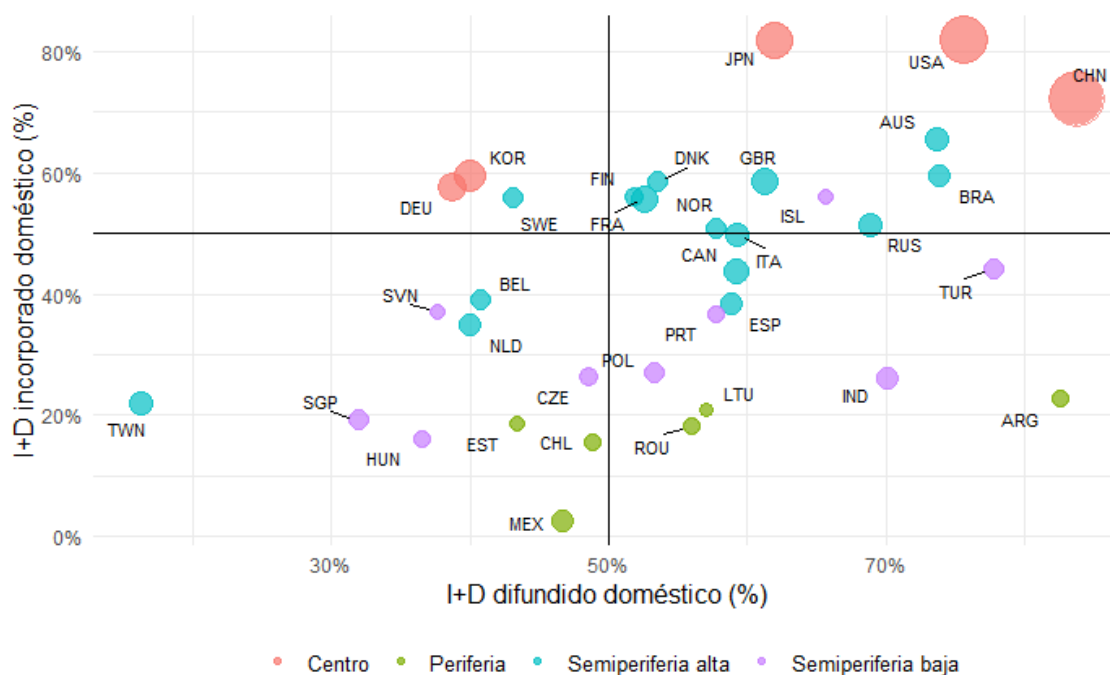
Dentro de este mismo cuadrante resulta particularmente singular el caso de Taiwán, ya que, además de importar una proporción importante del I+D que incorpora, casi todo el I+D que difunde se orienta hacia el exterior. No obstante, a diferencia de México, este país combina una intensidad tecnológica elevada con una escala tecnoeconómica considerablemente mayor. Como se mencionó previamente, Taiwán se destaca por su papel en la industria electrónica, particularmente en la industria de semiconductores, liderada por empresas como TSMC⁴⁸, que logró concentrar capacidades críticas de diseño y manufactura en segmentos de frontera tecnológica. Este desarrollo permitió al país no

⁴⁸ TSMC (*Taiwan Semiconductor Manufacturing Company*) es la principal fundición de semiconductores del mundo y el mayor productor global de microchips avanzados.

solo sostener una elevada intensidad innovativa, sino también especializarse en un nicho estratégico del paradigma contemporáneo, en el que se definen buena parte de las dinámicas globales de poder tecnológico. Esto demuestra que dentro de un mismo cuadrante pueden coexistir trayectorias muy distintas: mientras que México puede caracterizarse como un ensamblador dependiente, con limitada base innovativa propia, Taiwán representa más bien un exportador especializado de alta tecnología, cuya inserción externa descansa en capacidades endógenas consolidadas.

De cara al capítulo 4, conviene anticipar que dos de las tres economías seleccionadas para comparar con Argentina —Australia y Brasil— se ubican en el cuadrante derecho del gráfico. Esto significa que, aun con diferencias en su escala y en su grado de diversificación productiva, comparten un patrón en el que la difusión de I+D se concentra mayormente hacia el mercado interno, aunque con mayores niveles de autosuficiencia tecnológica y una escala superior a la de Argentina. El tercer país considerado en la comparación, Canadá, incluso supera la escala tecnológica de estos países pero, debido a su profunda integración con la economía estadounidense, presenta niveles relativamente menores de autosuficiencia y difusión doméstica de tecnología.

Gráfico 4. Composición del I+D difundido e incorporado por país según origen/destino y saldo neto de exportaciones de tecnología



Fuente: Elaboración propia

En síntesis, la clasificación de países según su inserción en el paradigma tecnoeconómico mundial confirma la vigencia de una jerarquía estructural entre centro, semiperiferia y periferia, pero también revela la diversidad de trayectorias al interior de cada bloque. Mientras los países centrales concentran la capacidad de generación y difusión tecnológica a escala global, en la semiperiferia coexisten experiencias de convergencia parcial y de estancamiento, y en la periferia predominan perfiles de fuerte dependencia. Ahora bien, para comprender de qué modo estas asimetrías nacionales se articulan con la dinámica del cambio tecnológico global, resulta necesario observar la dimensión de los flujos: es decir, cómo circula el I+D incorporado entre países y sectores. La siguiente sección avanza en esa dirección, analizando el desempeño tecnoeconómico a escala internacional junto con las pautas de difusión intersectorial que definen la arquitectura del paradigma contemporáneo.

3.4. Asimetrías estructurales en la difusión tecnológica global: un cruce sectorial-territorial

El análisis realizado hasta aquí permitió identificar la existencia de jerarquías nacionales dentro del paradigma tecnoeconómico global. Sin embargo, dichas jerarquías solo pueden comprenderse plenamente si se observa cómo se articulan con las estructuras sectoriales desde las cuales se genera y difunde el conocimiento. En esta sección se propone, por tanto, un enfoque combinado —sectorial y territorial— que permite visualizar el modo en que la distribución global de capacidades tecnológicas se traduce en patrones concretos de difusión del I+D incorporado.

La figura 10 detalla la distribución espacial del poder tecnológico entre países a través de sus posicionamientos en los diferentes segmentos de producción de bienes y servicios. En particular, el bloque de países centrales tiende a ejercer el dominio en la generación y difusión de tecnologías en casi todas las ramas industriales del sistema tecnoeconómico global. Como era de esperarse, ello es especialmente cierto si el análisis se enfoca en el universo de las ramas clasificadas como motrices y vectoras.

Al mismo tiempo, la disputa hegemónica entre China y Estados Unidos se expresa en la variabilidad de sus posiciones dominantes según las distintas ramas núcleo del sistema tecnoeconómico. China concentra el liderazgo tecnológico en la mayoría de las manufacturas, incluidas las industrias productoras de bienes de capital tradicionales —maquinaria y equipo, equipamiento eléctrico— y la química, sectores donde su escala

productiva y la política industrial estatal han sido determinantes. Estados Unidos, en cambio, mantiene la primacía en los segmentos motrices de la electrónica y el software, que hemos señalado como el corazón tecnológico del actual paradigma TIC. También lidera la difusión de conocimiento desde ramas estratégicas como la farmacéutica, los otros equipos de transporte, los servicios audiovisuales y los servicios profesionales, científicos y técnicos.

Más en general, la figura revela que la Nueva División Internacional del Trabajo (NDIT) surgida a partir de la década de 1970 se encuentra estrechamente vinculada con las oportunidades abiertas por el nuevo paradigma tecnoeconómico. Este proceso implicó una deslocalización progresiva de actividades manufactureras desde las economías desarrolladas de Occidente hacia los países de la nueva industrialización del Sudeste Asiático y, más tarde, China (Fernández et al., 2014). Sin embargo, la NDIT no se limitó al traslado de capacidades productivas: en las últimas décadas también involucró un desplazamiento parcial de capacidades tecnológicas, evidenciado en el ascenso de China y Corea del Sur como polos innovadores, y en el papel protagónico alcanzado por una economía pequeña como Taiwán en la industria electrónica.⁴⁹

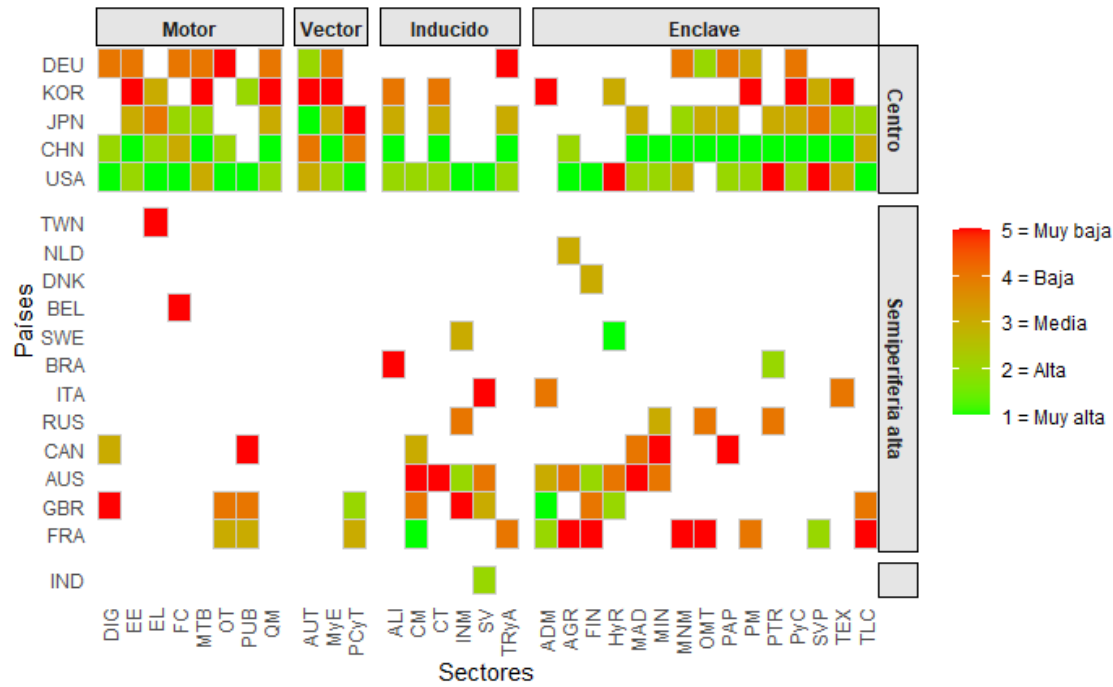
Resulta útil volver a señalar algunas particularidades de los países semiperiféricos con los que se contrastará el caso argentino en el próximo capítulo: Australia, Brasil y Canadá.

En el caso australiano, la posición más destacada se encuentra en MIN (4°), lo cual resulta coherente con el reconocimiento internacional que este país ha ganado por el desarrollo de empresas de servicios intensivos en conocimiento vinculadas a la minería, en particular en el campo de la exploración, el software geológico y los servicios de ingeniería (Downes & Stoeckel, 2006). Brasil, por su parte, se destaca en alimentos y bebidas (ALI, 5°) y refinería de petróleo (PTR, 2°), confirmando la relevancia de su plataforma agroindustrial y energética. En este último caso, el liderazgo se explica por el papel de Petrobras, cuya trayectoria en exploración, refinación y desarrollo tecnológico le permitió al país posicionarse como difusor en segmentos intensivos en procesos. Canadá,

⁴⁹ Otras economías que suelen incluirse en este grupo, pero que debido a los límites de nuestra base de datos no han sido consideradas aquí, son Singapur, Hong Kong, Malasia y Tailandia, que también participaron activamente del proceso de industrialización orientada a la exportación en el marco de la NDIT, aunque con trayectorias de *upgrading* tecnológico más acotadas en comparación con China, Corea del Sur y Taiwán.

finalmente, es el único de estos países que ocupa posiciones sobresalientes en ramas núcleo, como los servicios digitales (DIG, 3º) y servicios publicitarios (PUB, 5º). Adicionalmente, debe subrayarse su importancia tecnológica en la industria maderera (MAD, 4º), papelera (PAP, 5º) y primario-extractiva (MIN, 5º), un patrón asociado tanto a su histórico desarrollo industrial en torno a la riqueza de sus recursos forestales — apoyado en el acceso a energía barata— como a la expansión más reciente vinculada a los hidrocarburos no convencionales.

Figura 10. Principales países difusores de I+D incorporado según rama de actividad



Fuente: Elaboración propia

Por último, la figura 11 describe de qué sectores provienen los principales déficits tecnológicos para cada uno de los STN, esto es, aquellos casos en los que el I+D incorporado a través de importaciones supera al I+D incorporado a partir de proveedores domésticos.

Lo que allí se evidencia es que los desbalances tecnológicos se originan principalmente en el grupo de industrias clasificadas como motrices y vectoras, y que ello se profundiza especialmente entre el bloque de países periféricos y el de la semiperiferia-baja. Entre estas ramas se destacan como principales fuentes deficitarias la industria electrónica y de instrumentos ópticos (EL), la automotriz (AUT), otros equipos de transporte (OT) y la de

maquinaria y equipo (MyE).⁵⁰ Esto se vincula directamente con las ramas que alcanzaban mayores índices de internacionalización (sección 3.2), pero aquí se muestra que su distribución territorial sigue un patrón de polarización muy evidente entre países.

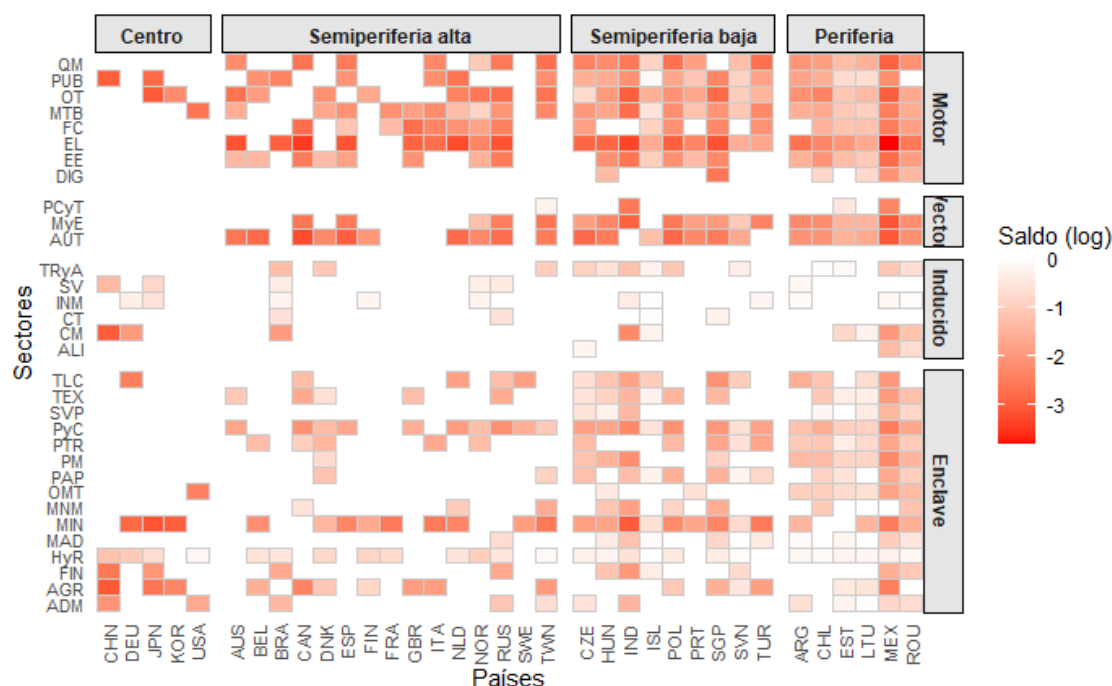
A medida que el análisis se desplaza desde el bloque de países del centro hacia la periferia, pasando por sus categorías intermedias, la cantidad de posiciones tecnológicamente deficitarias en estas ramas aumenta de manera sistemática. Entre los países periféricos y de la semiperiferia-baja, solo unos pocos logran autosuficiencia relativa en alguna de las ramas núcleo destacadas: Turquía (en electrónica y automotriz), Islandia (en maquinaria y equipo), India (en automotriz) y República Checa (en otros equipos de transporte).

Argentina se ubica entre los países más deficitarios, con 18 de 32 industrias en rojo —un ranking liderado por México, con 29 de 32—. En las ramas núcleo, el país apenas alcanza autosuficiencia relativa en farmacéutica y en dos ramas de servicios intensivos en conocimiento: servicios digitales (DIG) y profesionales, científicos y técnicos (PCyT). Una posible interpretación de esto es que, si bien los KIBS ofrecen márgenes de autosuficiencia, la ausencia de sinergias fuertes con la manufactura limita su capacidad de arrastre sobre el resto de la estructura productiva. La trayectoria argentina en estas ramas se examina con mayor detalle en la sección 4.3.2.1.

En comparación, Brasil aparece como el país con mayor grado de autosuficiencia tecnológica en las ramas núcleo, registrando un déficit únicamente en la industria electrónica y en los servicios publicitarios y audiovisuales. Australia y Canadá, en cambio, muestran un déficit relativo de oferta tecnológica en casi todas las ramas que conforman los grupos vectores y motrices. No obstante, la interpretación de estos resultados no puede omitir que esta mayor autosuficiencia tecnológica brasileña coexiste con niveles de intensidad tecnológica similares a los de las economías periféricas. Como se desarrolla en la sección 4.3.2.3, pese a disponer de importantes “islas innovadoras”, Brasil continúa dependiendo fuertemente de la importación de tecnologías.

⁵⁰ Véase figura A3 (anexo 3).

Figura 11. Déficit tecnológico desde la oferta: sectores difusores con predominio de importaciones sobre provisión local



Fuente: Elaboración propia

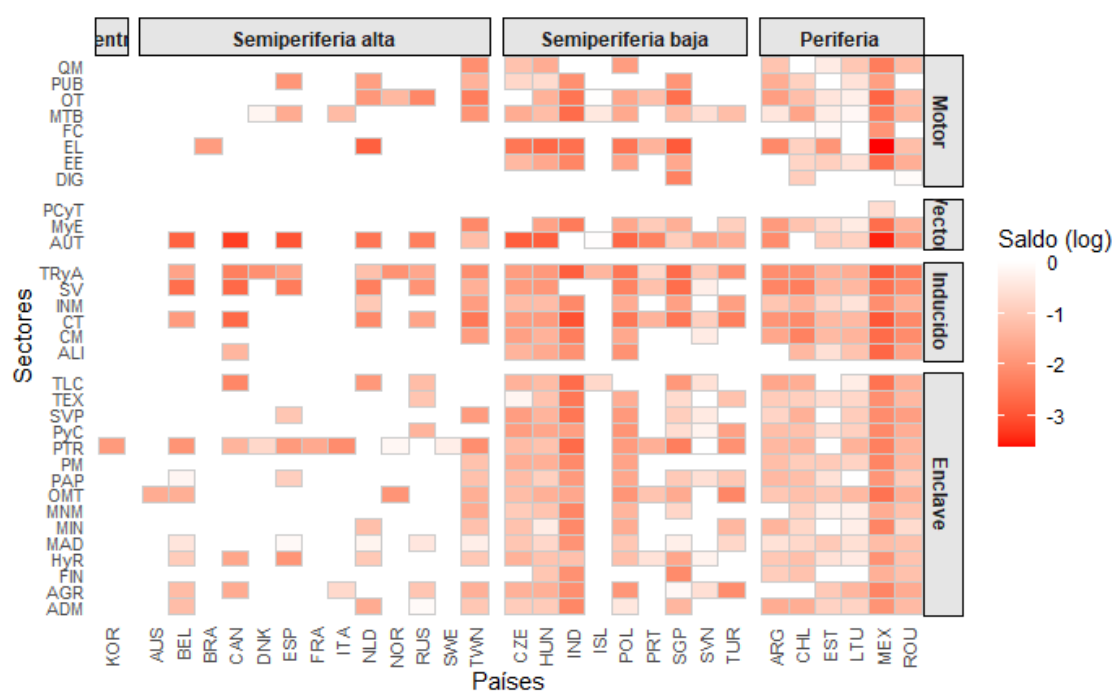
Las industrias de enclave y/o inducidas por lo general no son fuente de los mayores déficits tecnológicos desde el lado de la oferta. Sin embargo, estas ramas sí contribuyen a los déficits tecnológicos de los países periféricos a partir de sus demandas de tecnologías importadas. Justamente esto se visualiza en la figura 12, donde se describen las posiciones deficitarias para cada país desde la demanda de sus sectores; es decir, cuáles de sus ramas traccionan más I+D extranjero que doméstico.

Desde esta perspectiva, se observa cómo las ramas de los grupos inducidos y de enclave contribuyen al desbalance tecnológico de la periferia —y de la semiperiferia-baja— a través de sus demandas de I+D incorporado en importaciones. Dado que estos países, en muchas ocasiones, se insertan en la división internacional del trabajo a partir de productos generados en ramas pertenecientes a estos grupos industriales —incluidas ramas primarias e intensivas en recursos naturales—, resulta coherente que la dependencia tecnológica de estas economías se reproduzca en las relaciones insumo-producto de dichos sectores.

Por último, y anticipando el ejercicio comparativo que se desarrolla en el capítulo 4, puede observarse que los países seleccionados —Australia, Brasil y Canadá— exhiben en general un mayor grado de integración tecnológica nacional en sus demandas

intersectoriales, lo que refleja la existencia de cadenas productivas más densas y articuladas con capacidades domésticas. Este patrón se evidencia con particular claridad en Australia y Brasil, donde la difusión del conocimiento incorporado se apoya en complejos productivos vinculados a los recursos naturales —como la minería y el agroindustrial— que han logrado consolidar bases tecnológicas locales. Canadá, en cambio, combina una estructura industrial más diversificada con sectores de alta dependencia tecnológica, entre ellos el petrolero y el automotriz, históricamente integrados al mercado estadounidense. Argentina, por su parte, presenta una articulación más débil entre sus sectores difusores y usuarios de tecnología, un aspecto que será examinado en detalle en el capítulo siguiente al analizar los patrones de encadenamiento y autosuficiencia del sistema tecnoeconómico nacional.

Figura 12. Déficit tecnológico desde la demanda: sectores usuarios cuya I+D proviene mayoritariamente del exterior



Fuente: Elaboración propia

Estos resultados permiten concluir que existen patrones intersectoriales específicos desde los cuales se ejerce el liderazgo tecnológico global de los países centrales. La concentración de los saldos tecnológicos superavitarios en un grupo reducido de industrias y en un número limitado de economías evidencia que el control de los sectores estratégicos del actual paradigma tecnoeconómico no está distribuido de manera

homogénea, sino que responde a una estructura jerárquica donde unas pocas naciones logran dominar los flujos globales de innovación.

Estos mismos sectores desde los cuales se consolida el liderazgo tecnológico global son los que contribuyen a desarticular los STN en los países periféricos, limitando su capacidad para desarrollar tecnología de manera endógena. La dificultad para generar encadenamientos productivos sólidos en sectores estratégicos restringe las oportunidades de aprendizaje y absorción tecnológica, reforzando la dependencia estructural de estas economías respecto de las importaciones de bienes y conocimientos avanzados. En consecuencia, la persistencia de déficits tecnológicos en las industrias clave cristaliza un patrón de subordinación dentro de la economía global, donde las capacidades innovativas de los países periféricos permanecen fragmentadas y subordinadas a los centros tecnológicos dominantes.

3.5. Resumen y conclusiones

Las desigualdades tecnológicas internacionales no constituyen un fenómeno neutro ni una simple consecuencia de déficits institucionales. Representan, más bien, la expresión contemporánea de un patrón histórico de acumulación desigual que se manifiesta en la estructura misma del cambio tecnológico global. El análisis desarrollado en este capítulo permitió observar cómo las oportunidades de innovación y difusión se distribuyen de manera asimétrica entre sectores y países, configurando una geografía polarizada del conocimiento incorporado.

En el plano intersectorial, se confirmó la existencia de un núcleo restringido de ramas motrices y vectoras —electrónica, servicios digitales, servicios profesionales, científicos y técnicos, maquinaria y química— que concentran la generación y difusión de I+D incorporado. En contraste, amplios segmentos de la producción mundial se configuran como usuarios pasivos con escasa capacidad innovativa propia. Este resultado retoma la noción de polos de crecimiento de Perroux: el cambio técnico no se distribuye de manera homogénea, sino a través de industrias con alta capacidad de arrastre que estructuran jerarquías dentro del espacio económico. Dicho núcleo constituye el soporte material sobre el cual se erige la dinámica del actual paradigma tecnoeconómico, confirmando la hipótesis 1 sobre el carácter acumulativo y polarizado de la difusión intersectorial.

En la dimensión internacional, la clasificación de países en centro, semiperiferia y periferia evidenció que la jerarquía tecnológica mundial mantiene rasgos estructurales

persistentes. Los países del centro combinan intensidad innovativa, autosuficiencia y poder difusor; la periferia depende de la importación de tecnología y de sectores inducidos o de enclave; mientras que la semiperiferia representa un espacio intermedio, heterogéneo y de movilidad limitada. Este patrón corrobora la hipótesis 2, mostrando que las desigualdades tecnológicas expresan una jerarquía sistémica que reproduce históricamente las posiciones diferenciales de acumulación y aprendizaje.

El cruce de ambas dimensiones —sectorial y nacional— refuerza esta lectura. La posición relativa de cada país depende de su articulación con las ramas motrices y vectoras del paradigma vigente. Los flujos internacionales de I+D incorporado operan como un mecanismo de reproducción de las asimetrías globales: mientras el centro concentra la generación y difusión internacional de conocimiento, la periferia accede a él de manera subordinada y la semiperiferia combina convergencias parciales con dependencias estructurales.

En síntesis, los resultados permiten comprender que las desigualdades tecnológicas internacionales descansan sobre un soporte material diferenciado, donde solo un grupo reducido de países logra articular sus sistemas tecnológicos nacionales en torno a sectores con alta capacidad de generación y difusión tecnológica. En cambio, los Sistemas Tecnológicos Nacionales periféricos (STN-p) se caracterizan por una débil densidad en industrias basadas en ciencia y proveedoras especializadas —los pilares del diamante de Pavitt—, lo que restringe su capacidad de arrastre e innovación. Esta constatación prepara el terreno para el análisis del capítulo siguiente, en el cual se examina cómo estas jerarquías globales se expresan en configuraciones nacionales concretas y cómo las trayectorias históricas de industrialización, apertura y política tecnológica explican los distintos grados de autonomía tecnoeconómica observados entre Argentina, Australia, Brasil y Canadá.

Capítulo 4: Patrones nacionales en el sistema de flujos tecnológicos incorporados: análisis comparado del STN de argentina

4.1. Introducción

La literatura de estudios de desarrollo comparado ha tendido a ubicar a la Argentina dentro del grupo de las denominadas economías de “reciente asentamiento” (*recent settlement*). Esta categoría refiere a países que, a partir de fines del siglo XIX, experimentaron un poblamiento acelerado a partir de flujos migratorios provenientes de Europa y una rápida incorporación de sus extensos territorios a los circuitos productivos con el objeto de convertirse en proveedores internacionales de materias primas y alimentos. Se trata de economías que combinaron niveles de ingreso per cápita similares a los de las economías más desarrolladas de fines del siglo XIX con un perfil de inserción primario-exportadora. La divergencia económica entre ellas a lo largo del siglo XX fue el factor decisivo que estimuló estos estudios comparados en busca de identificar los eslabones perdidos que permitan explicar el fundamento de este proceso desigual entre países.

Las discusiones que subyacen a esta literatura conectan con una variedad de elementos económicos, políticos y socioculturales que buscan vincular a las economías basadas en recursos naturales con un desarrollo rezagado. Los factores detrás de esta relación adversa son múltiples y de distinta naturaleza: el deterioro de los términos de intercambio y la baja capacidad innovadora de los sectores primarios (Prebisch, 1950; Singer, 1950); los débiles encadenamientos productivos en comparación con la industria manufacturera (Hirschman, 1958); la enfermedad holandesa, asociada a apreciaciones cambiarias y desplazamientos de factores hacia sectores no transables (Neary y van Wijnbergen, 1986; Matsuyama, 1992; Sachs y Warner, 1995); y la volatilidad de precios e ingresos fiscales derivados de los commodities (van der Ploeg, 2011), entre otros.

Sin embargo, la respuesta crítica a esta tesis ha remarcado que la evidencia estadística de una relación universalmente negativa es poco robusta. En particular, numerosos estudios de orientación institucionalista, que abren la puerta a desempeños virtuosos vía recursos naturales —de “maldición” a “bendición”—, han subrayado que, en las experiencias de

países de altos ingresos, los recursos naturales desempeñaron un papel central en la dinamización de sus respectivas economías nacionales mediante encadenamientos productivos y tecnológicos. Por mencionar algunos de ellos, David y Wright (1997) muestran cómo el carbón y los minerales fueron decisivos en la industrialización de Estados Unidos; Blomström y Meller (1991) comparan Escandinavia y América Latina, destacando cómo los primeros aprovecharon sus recursos forestales e hidroeléctricos para impulsar industrias conexas; Ramos (1998) analiza Canadá, Australia, Nueva Zelanda y los países nórdicos, señalando la conformación de complejos productivos alrededor de recursos naturales; Ranestad (2018) estudia la minería noruega y su contribución al desarrollo de capacidades metalmecánicas y de bienes de capital; y Smith (2007) sintetiza trayectorias históricas de Australia, Canadá, Escandinavia y Países Bajos, que transformaron la abundancia de recursos en desarrollos industriales dinámicos.

Entre los aportes más relevantes se destaca el de Ville y Wicken (2012), cuya propuesta resulta particularmente significativa para los objetivos de esta tesis. Al comparar los casos de Australia y Noruega, los autores muestran cómo los recursos naturales pueden articularse con la construcción de un SNI. Su “modelo de diversificación basado en recursos naturales” plantea que el desarrollo de las economías primarias que lograron sostener procesos de crecimiento de largo plazo se estructuró a partir de la interacción entre “sectores recipientes” —las ramas de explotación de recursos naturales— y “sectores habilitadores” —proveedores de bienes de capital, ingeniería y servicios intensivos en conocimiento—. El fortalecimiento de estos últimos, estimulado por la demanda y la interacción con los sectores primarios, permitió no solo modernizar la explotación de los recursos, sino también diversificar hacia nuevas actividades, reduciendo la vulnerabilidad externa propia de las economías primario-exportadoras.

En este sentido, el objetivo que se propone este capítulo es doble. Por un lado, evidenciar cómo la especificidad de los procesos históricos de acumulación de la Argentina y de otros países primario-exportadores más “exitosos” se refleja en la estructura actual de sus relaciones tecnoeconómicas (o flujos de tecnología incorporada). Por otro lado, cualificar el perfil de la estructura tecnoeconómica argentina en función de la centralidad que ocupan las ramas que dinamizan el PTE vigente y del papel que cumplen las ramas primarias como traccionadoras —o no— de tecnologías domésticas.

La organización del capítulo es la siguiente: la sección 4.2 fundamenta la selección de los casos con los que será comparado el caso argentino, combinando los resultados

clasificatorios de países del capítulo anterior (centro–semiperiferia–periferia) con cercanías vinculadas al perfil de inserción primario-exportador de este país. Una vez argumentada la selección de los casos a comparar —Australia, Brasil y Canadá—, la sección 4.3 presenta un análisis de los procesos históricos de cambio estructural de estas economías que culmina con un diagnóstico comparativo sobre el grado y el perfil de desarrollo de un núcleo endógeno tecnológico. La sección 4.4 estudia las matrices tecnoeconómicas de cada uno de estos países, apoyándose en los resultados que ofrecen los indicadores insumo-producto vis-à-vis el SNA. La contrastación de estos resultados con los respectivos procesos históricos, desarrollados en la sección anterior, constituye un aporte central de esta tesis. Por último, se añade una síntesis de los principales resultados y algunas reflexiones finales.

4.2. La elección de casos

El criterio de recorte adoptado para el análisis comparado combina una lógica estructural y otra sectorial. En primer lugar, el criterio endógeno se desprende de la clasificación tecnoeconómica presentada en el capítulo anterior, que distingue entre países del centro, la semiperiferia y la periferia. En este marco, la Argentina se ubica dentro del grupo periférico, por lo que se seleccionaron países semiperiféricos con el fin de establecer una comparación entre economías que ocupan distintos estratos del desarrollo tecnoeconómico, pero cuya distancia relativa no resulta tan amplia como la existente entre los polos extremos del sistema mundial.

Complementariamente, se incorporó un criterio ad hoc orientado a garantizar la comparabilidad en términos del perfil productivo y comercial. Dado que la clasificación tripartita agrupa países con estructuras muy heterogéneas, se seleccionaron aquellos casos con una elevada participación de productos primarios en sus exportaciones, con el fin de analizar cómo distintos grados de articulación entre recursos naturales, industria y tecnología pueden derivar en trayectorias tecnoeconómicas diferenciadas.

Bajo estos criterios, los países seleccionados para la comparación son Australia, Brasil y Canadá, que representan ejemplos de economías semiperiféricas basadas en recursos naturales que, a diferencia de la Argentina, lograron desarrollar núcleos endógenos de innovación parcial o sectores habilitadores dinámicos.

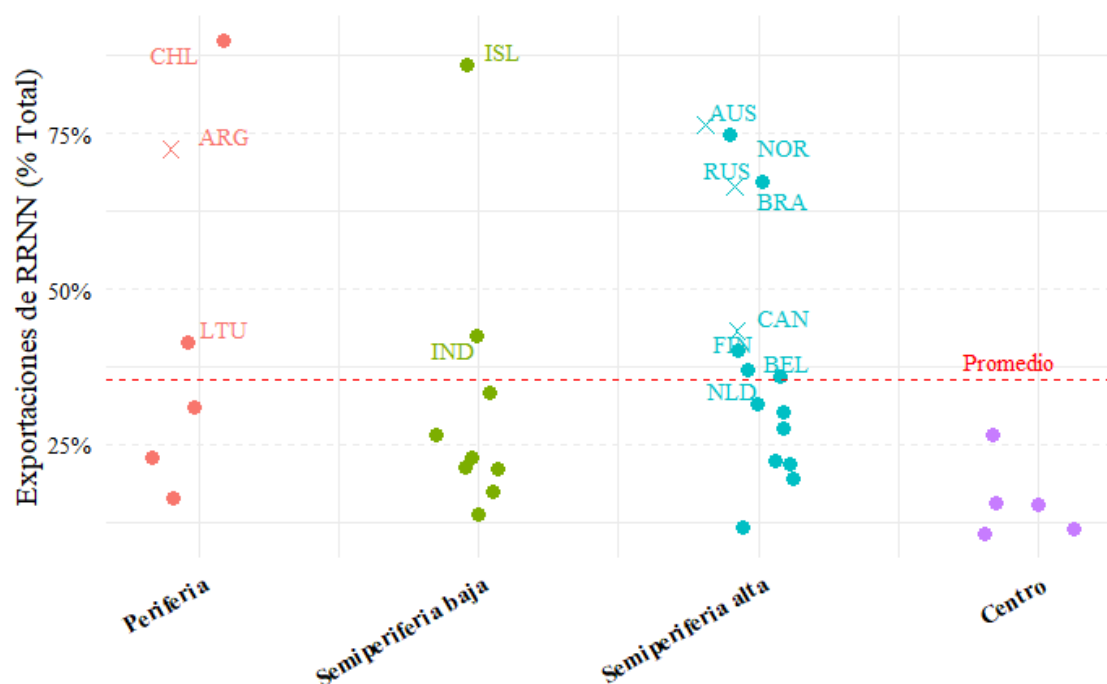
El gráfico 1 revela que la Argentina es una de las economías con mayor grado de especialización primaria de su canasta exportadora (72%) y, dentro del grupo de economías clasificadas como periféricas, solo es superada por Chile (90%).

Por otro lado, dentro de las economías clasificadas como semiperiféricas se observa una presencia destacada de países con inserciones primario-exportadoras por encima del promedio mundial. En un primer escalón se ubican Australia (76%), Noruega (75%), Rusia (67%) y Brasil (66 %), mientras que en un segundo nivel aparecen Canadá (43%), Finlandia (40%), Bélgica (37%) y los Países Bajos (36%). Como se mencionó en el capítulo anterior, se trata de economías pertenecientes a distintas regiones, con trayectorias político-institucionales diversas y con una amplia heterogeneidad en la escala de sus estructuras productivas. Puede distinguirse, por un lado, un grupo de economías de altos ingresos, medianas o pequeñas, y, por otro, países de menor ingreso per cápita pero de gran tamaño, como Brasil y Rusia. Si se incorpora el subconjunto de la semiperiferia baja, se suman además los casos de Islandia (86%) e India (42%).⁵¹

Estos resultados son útiles como primer recorte de comparación, ya que el objetivo inicial es analizar la experiencia de la Argentina —como país periférico— frente a economías que, sin ser centros económicos y tecnológicos del PTE actual, exhiben un nivel de desarrollo superior según los flujos tecnoeconómicos. En este sentido, resulta más pertinente contrastar a la Argentina con países de la semiperiferia alta, donde existe una mayor proximidad en factores estructurales e históricos. Esta comparación permite delimitar con mayor precisión los límites del desarrollo argentino y, en particular, las posibilidades y restricciones de un modelo de crecimiento basado en recursos naturales.

⁵¹ La diferencia entre semiperiferia-baja y semiperiferia-alta refiere a su grado relativo de proximidad funcional al centro o a la periferia dentro del paradigma tecnoeconómico, según los indicadores de generación y difusión de I+D incorporado, intensidad tecnológica, autosuficiencia en los sectores motrices y vectoras y capacidad exportadora de conocimiento (véase sección 3.3.1). Un arquetipo de un país que integra la semiperiferia-alta combina niveles medios-altos de autonomía tecnológica y una estructura productiva diversificada con presencia en sectores núcleo, mientras que la semiperiferia-baja se caracteriza por una industrialización intermedia o dependiente, con menor densidad tecnológica y vínculos subordinados en las cadenas globales de valor. En todos los casos, se trata de economías con algún grado de dependencia tecnológica, diferenciadas principalmente por la magnitud y el alcance de sus capacidades endógenas.

Gráfico 5. Participación de exportaciones primarias (eje vertical), intensidad directa de I+D (eje horizontal) y PBI per cápita (tamaño de burbujas) según países



Fuente: Elaboración propia en base a Comtrade, Banco Mundial, OECD y Maddison Project

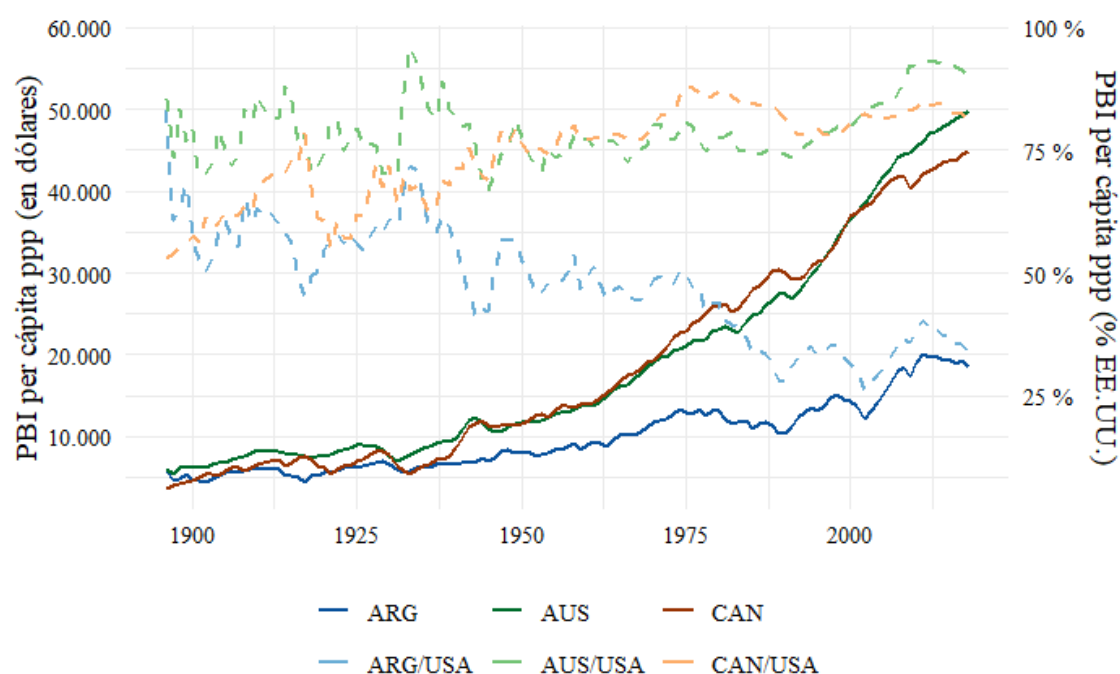
De acuerdo con los antecedentes más trabajados por la literatura de desarrollo comparado y en razón de la heterogeneidad mencionada, se seleccionaron como casos de comparación Australia, Canadá y Brasil.

Los fundamentos de la comparación de la Argentina con Australia y Canadá parten de su especificidad común en la división internacional del trabajo durante el siglo XIX y de la posterior diferenciación de sus trayectorias tecno-productivas.⁵² Tal como se observa en el gráfico 2, hacia fines del siglo XIX Argentina, Australia y Canadá tenían PBI per cápita relativamente cercanos y una distancia frente a Estados Unidos de entre un 60% y un 80%. Sin embargo, a partir de la Primera Guerra Mundial comenzó a ampliarse la brecha: mientras Australia y Canadá sostuvieron una convergencia relativa con Estados Unidos en torno al 70–80% durante gran parte del período de entreguerras, la Argentina descendió hasta ubicarse en torno al 50–60%.

⁵² Para una revisión de los estudios comparativos entre Argentina, Australia y Canadá véanse, entre otros, Platt & Di Tella (1985), Solberg & Seibert (1981), Dieguez (1981), Chudnovsky et al (2000), Gerchunoff & Fajgelbaum (2006) y Grinberg (2023).

El distanciamiento se profundizó desde mediados del siglo XX: hacia 1950, el PBI per cápita argentino representaba apenas la mitad del estadounidense, en contraste con los valores cercanos al 75% de Australia y Canadá. Durante la posguerra, estas dos economías incluso incrementaron su cercanía a Estados Unidos, alcanzando niveles superiores al 80 % hacia la década de 1970, mientras que la Argentina continuó perdiendo posiciones, llegando a ubicarse por debajo del 40 % en los años ochenta. En la actualidad, la brecha se mantiene amplia: Australia y Canadá conservan un PBI per cápita equivalente a alrededor del 80–90 % del estadounidense, mientras que la Argentina permanece en torno a un tercio.

Gráfico 6. Evolución del PBI per cápita de Argentina, Australia y Canadá en relación al PBI per cápita estadounidense: 1880-2016



Fuente: elaboración propia en base a Maddison Project

En el caso brasileño, la comparación resulta atractiva no tanto por un punto de partida común —como ocurre con Australia y Canadá— sino por el contrapunto que ofrece este país dentro de América Latina.⁵³ En primer lugar, Brasil constituye el ejemplo de una economía que también basó su inserción internacional en la provisión de materias primas,

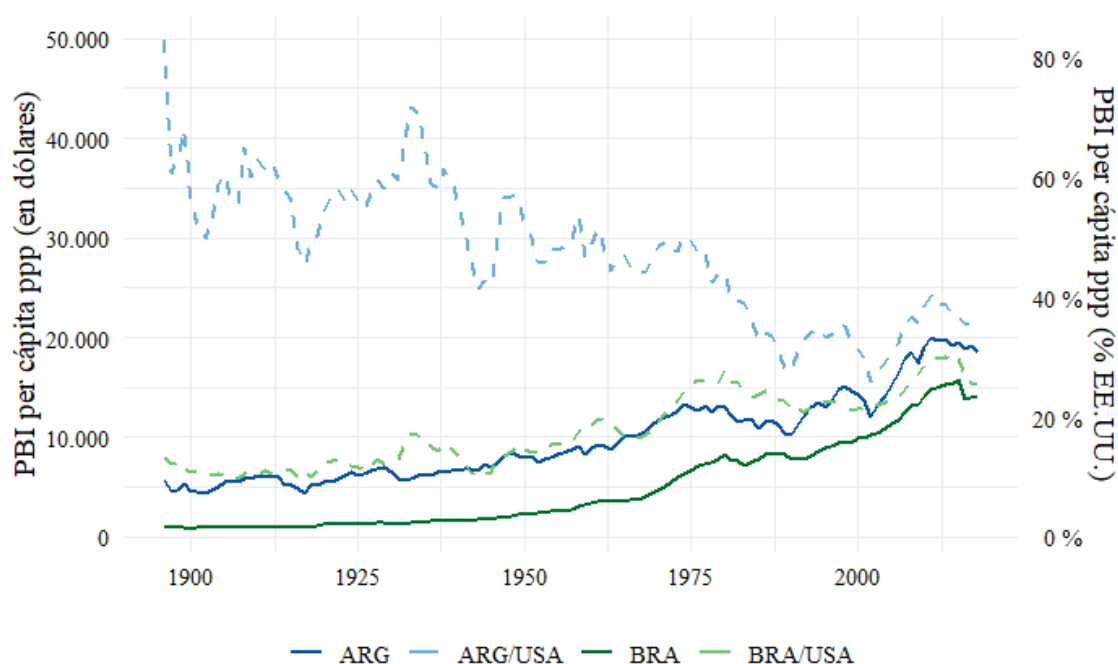
⁵³ En la comparación más reciente entre Argentina y Brasil destacan entre otros trabajos Cooney (2016), Duran et al. (2017), Pereyra Doval (2017), Santarcángelo et al. (2018) y Bekerman & Dalmasso (2014).

pero que tuvo la particularidad de haber alcanzado durante su ISI un proceso de cambio estructural más profundo, apoyado en una gran masa de trabajadores y en el dinamismo de su demanda interna.

En segundo lugar, su condición de país-continente permite discutir de manera privilegiada los límites estructurales que el tamaño de los mercados domésticos impone al desarrollo industrial en la periferia: mientras un mercado interno amplio y en expansión posibilitó sostener el desarrollo de industrias intensivas en escala, la menor dimensión argentina condicionó sus posibilidades de diversificación productiva. En este marco, la comparación con Brasil no se centra en trayectorias de convergencia/divergencia con los centros, como ocurre con Australia y Canadá, sino en los márgenes de maniobra que un país periférico de gran escala pudo construir frente a los límites estructurales de la región.

Si bien a comienzos del siglo XX los niveles de PBI per cápita de Brasil eran sensiblemente inferiores a los de la Argentina —lo que colocaba al país en una posición claramente periférica en términos de desarrollo relativo— (gráfico 3), su producto total también era menor, a pesar de contar con una población mucho más numerosa y con un territorio de gran escala. En esas primeras décadas, la Argentina aparecía como la economía más próspera de América Latina tanto en términos relativos como absolutos. Sin embargo, a lo largo del siglo XX la brecha de ingresos per cápita entre ambos países se fue acortando: mientras la Argentina se estancaba y retrocedía en relación con las economías centrales, Brasil logró incrementar sostenidamente su PBI total. Hacia fines del siglo XX y comienzos del XXI, Brasil aún se mantenía rezagado en términos de PBI per cápita respecto de la Argentina.

Gráfico 7. Evolución del PBI per cápita de Argentina y Brasil en relación al PBI per cápita estadounidense: 1880-2016



Fuente: elaboración propia en base a Maddison Project

4.3. Perspectivas comparadas: condiciones estructurales y trayectorias históricas

Antes de avanzar hacia un análisis cuantitativo de los flujos tecnoeconómicos, se presenta un marco comparado que ubica a los países en contexto. Esto se realiza, en primer lugar, contrastando indicadores económicos, demográficos y tecnológicos que delimitan la escala de mercado, la apertura externa y la inversión en I+D. Luego, se incorporan dimensiones históricas e institucionales que la contabilidad insumo-producto no capta —posición en la economía mundial, estructura de encadenamientos, políticas productivo-tecnológicas y trayectoria frente a los paradigmas tecnoeconómicos—, incluyendo un diagnóstico final sobre la conformación de núcleos endógenos de innovación. De este modo, la lectura de los encadenamientos sectoriales en las secciones siguientes podrá hacerse a la luz de los procesos concretos que los determinaron.

4.3.1. Aspectos económicos, demográficos y tecnológicos comparados

Debemos comenzar señalando las diferencias más generales en el desempeño económico de los países seleccionados. Para ello, resulta ilustrativo observar los contrastes en sus respectivos PBI per cápita. Mientras que Australia (48.845 USD) y Canadá (43.745 USD) muestran niveles comparables a los de Alemania (44.689 USD) y Estados Unidos (53.015

USD), Argentina (18.875 USD) y Brasil (13.873 USD) presentan valores significativamente más bajos.

Tabla 4. Comparación de variables económicas, demográficas y tecnológicas de países seleccionados

	PBI per cápita	Población	Superficie	Tamaño mercado doméstico(*)	Grado de apertura	IOE(**)	GERD		BERD
País	USD _{ppp}	MM	km ²	USA=100	$\frac{(X+M)}{PBI}$		MM USD	(% PBI)	(% GERD)
ARG	18,875	43,887	2,780,400	2.91	26%	1.74	4,680	0.57%	24%
AUS	48,845	24,086	7,741,220	6.69	41%	1.00	14,345	2.07%	70%
BRA	13,873	208,249	8,515,767	9.,27	25%	2.81	37,807	1.20%	s/d
CAN	43,745	36,259	9,984,670	8.10	65%	1.08	29,015	1.74%	53%
DEU	44,689	83,587	357,580	16.99	76%	1.23	122,472	2.93%	68%
JPN	37,465	126,310	377,975	25.71	31%	1.07	160,269	3.21%	79%
USA	53,015	323,730	9,831,513	100	26%	1.44	533,451	2.83%	73%

(*) Se define como el PBI más importaciones menos exportaciones

(**) Se define como el cociente entre i) la participación en el ingreso del 10% mejor remunerado de la población y ii) la participación de la formación bruta de capital fijo en el PBI.

Fuente: Elaboración propia en base a Maddison Project, Banco Mundial, ICIO-OECD, Comtrade

En términos demográficos y territoriales, existen diferencias notables entre las economías analizadas. Brasil presenta una población casi cuatro veces mayor que la de Argentina y una superficie más del doble de extensa, lo que lo ubica en una escala continental. En cambio, Australia y Canadá, aunque poseen territorios significativamente más amplios que el argentino, mantienen poblaciones de magnitud similar. Esta coincidencia demográfica permite una comparación más directa en términos de desarrollo económico y aprovechamiento de recursos naturales con estos últimos. La gran distancia entre sus extensiones territoriales y su similitud en términos de densidad poblacional se explica por la existencia de vastas zonas inhóspitas —como desiertos, regiones áridas o áreas árticas— en Australia y Canadá, que restringen el asentamiento humano y la expansión del circuito productivo.

Tal como señalaba Albert Hirschman (véase sección 1.5.3), la extensión del mercado doméstico constituye un determinante central del proceso de industrialización, al definir el alcance de los encadenamientos productivos y la posibilidad de aprovechar economías de escala. En este sentido, Argentina, Australia y Canadá presentan valores relativamente cercanos, lo que sugiere que, pese a sus diferencias en población y geografía, sus economías han compartido una escala comparable en términos de mercado interno. Esta similitud contrasta con el caso de Brasil, cuyo mercado doméstico es más de diez veces

mayor debido a su enorme población —en el año de referencia ocupaba la novena posición en el ranking mundial de PBI—, aun cuando su ingreso per cápita es inferior.

El grado de apertura externa matiza esta comparación. Argentina exhibe un nivel de apertura semejante al de Brasil —y también al de Estados Unidos—, es decir, al de economías cuyo mercado interno es sustancialmente más amplio. En cambio, Australia y Canadá presentan una apertura comercial significativamente mayor, lo que les ha permitido acceder a escalas ampliadas frente a lo relativamente limitado de sus mercados domésticos. No obstante, como advierte la literatura sobre SNI (véase sección 1.5), la expansión hacia mercados externos no sustituye plenamente el papel del mercado interno, dado que los encadenamientos domésticos ofrecen un entorno más fértil para el aprendizaje incremental y la acumulación de capacidades tecnológicas, especialmente en etapas tempranas del desarrollo o en países rezagados.

Otro indicador relevante es el Índice de Orientación del Excedente (IOE), construido como el cociente entre la participación del 10 % más rico en el ingreso nacional y la participación de la formación bruta de capital fijo en el PBI. Este indicador mide el grado en que la apropiación del excedente por parte de las élites se traduce —o no— en inversión productiva. Valores altos indican que una porción creciente del ingreso se concentra en los estratos más ricos sin reflejarse en un aumento proporcional del capital fijo, es decir, en procesos de acumulación real. Bajo esta lógica, Argentina (1,74) y Brasil (2,81) presentan los niveles más elevados, lo que sugiere estructuras de apropiación del excedente más rentísticas y menos orientadas a la reinversión. En contraste, Canadá (1,08) y Australia (1,00) muestran valores bajos, señal de una articulación más estrecha entre acumulación de riqueza e inversión productiva.

Esta diferencia no solo expresa desigualdades distributivas, sino también condiciones estructurales para la formación de encadenamientos. Una alta concentración del ingreso puede interpretarse como una traba para el desarrollo de vínculos productivos y tecnológicos, tanto porque refleja burguesías con comportamientos rentistas como porque sociedades más desiguales tienden a reproducir relaciones asimétricas entre productores y usuarios, debilitando los procesos de aprendizaje interactivo y la difusión del conocimiento, del mismo modo que ocurre en las relaciones centro-periferia.

En el plano tecnológico, las asimetrías son aún más claras entre los países sudamericanos y el resto. Argentina muestra los menores niveles de inversión en I+D, tanto en términos

absolutos como relativos al PBI, y es además el país en el que el sector empresarial participa menos en el financiamiento de esta actividad. Este patrón —sumado al elevado IOE— coincide con diagnósticos previos sobre el empresariado argentino, más orientado a actividades extractivas, financieras o de rentabilidad inmediata que a la inversión en capacidades tecnológicas de largo plazo (Katz, 2006; Schorr y Wainer, 2020).

En conjunto, los indicadores muestran que Argentina comparte con Australia y Canadá una escala de mercado doméstico semejante, pero se asemeja más a Brasil en términos de su baja inversión en I+D, la concentración del ingreso y la limitada articulación entre excedente y acumulación productiva. Al mismo tiempo, la mayor escala del mercado interno brasileño constituye una ventaja estructural que Argentina no posee y que Australia y Canadá lograron compensar de manera distinta, a través de una apertura externa más intensa. Estos patrones ofrecen un primer diagnóstico sobre las condiciones estructurales de cada país, pero no permiten captar en toda su complejidad los procesos históricos y políticos que los configuraron. De allí la necesidad de avanzar, en la sección siguiente, hacia un análisis cualitativo e histórico-estructural de las trayectorias nacionales.

4.3.2. Contexto histórico-material e institucional de los casos comparados

Para países donde la explotación de sus recursos naturales se convirtió en un pilar de su devenir económico, se propone un acercamiento exploratorio al estudio de dichas trayectorias —con énfasis en los procesos más recientes— siguiendo las siguientes dimensiones de análisis: i) acceso a recursos naturales y apropiación de sus rentas; ii) inserción en la división internacional del trabajo; iii) encadenamientos a partir de recursos naturales; y iv) políticas de desarrollo productivo y tecnológico.

Se agrega un quinto eje que discute, para cada caso, hasta qué punto puede hablarse de la constitución —o no— de un “núcleo endógeno de dinamización tecnológica”, o de su conformación de manera incompleta. Siguiendo a Fajnzylber (1983), este se entiende como la conformación de una coalición entre empresas y organismos nacionales de ciencia y tecnología capaz de impulsar sectores pivote y transformar el perfil de inserción internacional (véase sección 1.5.3).

En su conjunto, estas dimensiones buscan dar cuenta de la evolución de las trayectorias tecnoproductivas de los países como resultado de la confluencia entre factores histórico-materiales y elementos político-institucionales. El estudio de los encadenamientos

productivos constituye, en este marco, el punto de encuentro donde se articulan las demás dimensiones de análisis. La indagación se acota a los encadenamientos de los recursos naturales estratégicos de cada país, considerados no solo por su relevancia exportadora, sino también por su peso en el conjunto de la economía nacional. Este peso es el que determina las condiciones de escala necesarias para que puedan desplegarse efectivamente procesos de encadenamiento productivo y tecnológico.

El objetivo no es ofrecer un análisis exhaustivo, sino un examen descriptivo y exploratorio que brinde un sustento histórico-cualitativo que sirva como marco de referencia para interpretar los patrones cuantitativos de difusión tecnológica y encadenamientos intersectoriales, ofreciendo criterios comparativos entre los países seleccionados.

4.3.2.1. El caso argentino: industrialización trunca y reprimarización

En la actualidad, las materias primas agrícolas, energéticas y mineras concentran más del 70% de las exportaciones argentinas, dominadas por la soja y sus derivados, el maíz, la carne vacuna, el petróleo y el gas natural, además de minerales metálicos y litio. Si bien históricamente la inserción del país fue primario-exportadora, desde la primera década de los 2000 Argentina reforzó sus ventajas naturales mediante la adopción acelerada de paquetes biotecnológicos, el desarrollo de yacimientos de hidrocarburos no convencionales y la expansión de la minería metalífera y del litio. Este patrón confirma la alta dependencia de la renta derivada de los recursos naturales en su estructura productiva contemporánea.

La inserción en la división internacional del trabajo como proveedor de materias primas estuvo asociada a la forma en que se estructuraron las relaciones con el centro de acumulación mundial en el siglo XIX. En tanto proveedor de materias primas agrícolas, la inserción en los circuitos de acumulación se basó en la apropiación de la renta agrícola. Las empresas de infraestructura de transporte y comercialización a gran escala de capital británico, los propietarios nacionales de la tierra y las empresas agropecuarias de capital nacional fueron quienes realizaron esa apropiación de la renta (Grinberg, 2023).

Hacia fines del siglo XIX e inicios del siglo XX, la difusión de modernas técnicas de frío permitió la exportación de carne, proceso que se realizó con la primera oleada de inversiones extranjeras directas y dio lugar al despliegue local de establecimientos frigoríficos de capital británico con escala y técnicas en la mejor práctica internacional.

En el pasaje desde la tercera revolución tecnológica a la cuarta —basada en el motor a combustión y el petróleo barato—, Argentina impulsó tempranamente el sector de extracción y producción de hidrocarburos. En este proceso el Estado jugó un rol clave en la coordinación de la transición energética, con la creación de la empresa Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF). Es a partir de esta particularidad histórica que se sentaron las condiciones materiales para la industrialización sustitutiva de importaciones. Sin embargo, la alta fragmentación de la industria naciente enfrentaría dificultades al buscar avanzar hacia los eslabones intensivos en escala en la producción de insumos de uso difundido, como la siderurgia y la petroquímica.

Este perfil de especialización se consolidaría en la década del sesenta, con la entrada de EMN en la industria automotriz y otras industrias de consumo durable (Katz y Kosacoff, 2000). La modalidad de internacionalización productiva predominante se basaba en filiales réplica, con tecnología obsoleta y escala menor a la de los países de origen de las EMN. La expansión de las normas de consumo de los países desarrollados, acompañada de una especialización internacional en materias primas agropecuarias y de una estructura industrial altamente dependiente de tecnología extranjera, sentaría las bases de recurrentes crisis de balance comercial (Braun y Joy, 1968). A partir de la disponibilidad de energía barata se despliega un proceso de industrialización y desarrollo de capacidades tecnológicas idiosincrásicas en sectores usuarios de base metalmecánica y química orientados al mercado interno, pero que no llegan a avanzar hacia el control nacional de las actividades pivote de la dinamización productiva (Katz y Kosacoff, 2000).

En particular, durante el período de industrialización sustitutiva (ISI), el complejo químico-farmacéutico adquirió una relevancia estratégica: la protección del mercado interno, la intervención estatal a través de YPF, el INTI y el sistema universitario, así como la ausencia de patentes internacionales, facilitaron la formación de un entramado de firmas locales con capacidad de aprendizaje y adaptación tecnológica. Este núcleo se articularía con la demanda del agro y de las manufacturas alimentarias, sentando las bases de una trayectoria tecnológica propia en insumos, agroquímicos y medicamentos genéricos (Dorfman, 1963; Katz y Kosacoff, 2000).

Luego, frente a la revolución microelectrónica, Argentina no logró superar los límites de la trayectoria de la industrialización sustitutiva. La dictadura militar llevó adelante una primera experiencia de apertura, desregulación y liberalización en 1976, que terminaría en una crisis de balance de pagos. El endeudamiento externo se sumó a los límites de una

estructura productiva altamente heterogénea y especializada. Sucesivas experiencias de liberalización, apreciación cambiaria y privatización de empresas públicas de servicios, producción de insumos básicos e hidrocarburos reorientaron la apropiación de la renta hacia grupos locales y multinacionales. Se manifestó un crecimiento de las exportaciones de la agroindustria y del procesamiento de metales, al mismo tiempo que las industrias automotriz y electrónica se reestructuraron a partir de regímenes intensivos en el uso de divisas en el marco de acuerdos internacionales (MERCOSUR) y/o de regímenes de enclave, como el de Tierra del Fuego para la industria electrónica.

En el período 2000-2013, el boom de demanda de materias primas impulsado por una China en extraordinario crecimiento económico, y recientemente incorporada a la Organización Mundial del Comercio (OMC), generó las condiciones económico-institucionales para un nuevo impulso a la primarización de la canasta exportadora. Previamente, Argentina había avanzado en la adopción de nuevos paquetes agronómicos basados en semillas transgénicas resistentes a herbicidas, asentados sobre las capacidades complementarias de los sectores metalmecánicos y químicos locales, lo que permitió responder a esta demanda creciente, incorporándose China como segundo destino de las exportaciones de materias primas (Gutman et al., 2006). Estos paquetes tecnológicos — que integraron biotecnología, maquinaria adaptada y servicios especializados— dieron lugar a ciertos encadenamientos aguas arriba, particularmente en maquinaria agrícola y en la provisión de equipos e insumos metálicos y químicos. En estos segmentos, las firmas nacionales pudieron aprovechar capacidades acumuladas durante la industrialización sustitutiva y adaptarlas al nuevo modelo productivo. No obstante, los componentes de mayor contenido tecnológico —como semillas, agroquímicos, sensores, motores y sistemas de control— continuaron siendo provistos por filiales locales de EMN o a través de importaciones (Wahren, 2020; Vertiz, 2020).

También vale añadir que los encadenamientos aguas abajo vinculados al procesamiento de las materias primas agrícolas presentaron una integración productiva débil. El grueso de las exportaciones agroindustriales se concentró en etapas de primera transformación —molienda, aceites, harinas y biodiésel— dominadas por grandes EMN. Estas firmas controlaron los nodos logísticos y comerciales de la cadena, apropiándose de la mayor parte del excedente y limitando la generación de capacidades tecnológicas locales (Lavarello, 2004). En consecuencia, el grado de procesamiento de las materias primas antes de su exportación se mantuvo bajo, y la expansión del complejo oleaginoso no

derivó en una diversificación hacia la producción de alimentos elaborados o bioproductos industriales.

Es importante señalar que estas transformaciones no fueron ajenas a sucesivos intentos por frenar el proceso de primarización. En particular, entre 2002 y 2015 se llevó adelante una secuencia de acciones de política industrial que logró frenar la reprimarización frente al boom de materias primas (Abeles et al., 2018). Estas medidas se orientaron a evitar la apreciación cambiaria y generar precios relativos favorables para la manufactura a partir de un tipo de cambio competitivo con derechos de exportación a las materias primas. En forma simultánea, se implementó una política de ciencia y tecnología que apoyó el desarrollo de capacidades tecnológicas en sectores biofarmacéuticos, agrobiotecnológicos, maquinaria agrícola, software, nuclear y satelital.

A partir de 2008, ante la crisis internacional, se avanzó en medidas proteccionistas mediante la administración del comercio, al mismo tiempo que se recuperó la producción estatal de petróleo. En ese contexto, se avanzó en la reestatización de YPF y en el impulso de grandes proyectos satelitales mediante la creación de la empresa estatal ARSAT. Con la caída de los precios de las materias primas agrícolas a partir de 2013 y los largos tiempos de maduración de las inversiones en gas y petróleo no convencional, las restricciones estructurales volvieron a manifestarse a través de la restricción de divisas que limitó el crecimiento.

Más recientemente, se ha venido manifestando una nueva fase de reprimarización. Esta se basa en la valorización de inversiones estatales de la década previa, orientadas a la exploración y al aumento de la capacidad de extracción de yacimientos no convencionales. El potencial de exportación de petróleo y gas atrae el interés de capitales extranjeros, abriéndose un período de tensiones por la apropiación de la renta. A esto se suma el interés de grandes empresas mineras internacionales en fuentes no fósiles de energía y, fundamentalmente, en el control de materias primas críticas como el litio. El acceso a energía barata y agua resulta atractivo, por su parte, para la localización de data centers en articulación con las grandes empresas líderes en inteligencia artificial (IA).

En síntesis, la Argentina ha configurado una estructura productiva articulada a las materias primas agrícolas, con encadenamientos industriales principalmente aguas arriba —en insumos y bienes intermedios—, pero sin lograr el desarrollo de los núcleos dinámicos propios de cada paradigma tecnoeconómico. Aun cuando la manufactura llegó

a representar más del 40 % del valor agregado en los años de posguerra, el modelo de industrialización liderado por filiales de EMN —orientadas al mercado interno y basadas en la importación de tecnologías maduras—, junto con el predominio de una baja escala productiva, limitó el desarrollo de ramas pivote como la máquina-herramienta o los bienes de capital complejos.

Desde comienzos del nuevo milenio, el país logró construir capacidades imitativas en sectores de alto potencial —biotecnología, software, industria satelital y maquinaria agrícola—, aunque estas permanecen fragmentadas y dependientes del financiamiento y de la tecnología externa. La ausencia de articulación entre estos núcleos sectoriales impidió conformar un entramado endógeno coherente, dando lugar a procesos de extranjerización temprana. Así, pese a esfuerzos parciales de política industrial, la Argentina no logró redefinir su perfil de especialización en las sucesivas transiciones de paradigma tecnoeconómico, reproduciendo ciclos de reprimarización y desindustrialización.

4.3.2.2. El caso australiano: de periferia de Gran Bretaña a periferia próspera de China

En la actualidad, los recursos minerales y energéticos representan más del 60 % del valor total de las exportaciones australianas, destacándose el mineral de hierro, el carbón, el gas natural licuado (GNL) y el oro, que integran los principales complejos exportadores del país. Aunque su peso ha ido cayendo, los productos agropecuarios —en especial los granos, la carne, la lana y el vino— mantienen un rol relevante, aportando en conjunto cerca del 10 % de las exportaciones. Este patrón confirma la centralidad de los recursos naturales en la estructura productiva australiana y su vinculación estratégica con la demanda asiática, particularmente de China.

Desde su conformación como economía de asentamiento del Imperio Británico, Australia se integró tempranamente a la división internacional del trabajo como proveedora de materias primas agropecuarias —lana, carne y trigo— hacia la metrópoli. La apropiación de la renta derivada de estos productos estuvo dominada por el capital británico, que controló las finanzas, el transporte y la comercialización a gran escala, mientras una élite pastoral local concentraba la propiedad de la tierra (Grinberg, 2023). A mediados del siglo XIX, el descubrimiento de yacimientos auríferos transformó la estructura productiva y social del país: la expansión minera atrajo capital y mano de obra británica, aceleró la

urbanización e impulsó un proceso de diversificación basado en un modelo dual agro-minero (Butlin, 1962; McLean, 2013). Este patrón de acumulación permitió a Australia alcanzar niveles de ingreso per cápita comparables a los de las economías industriales, aunque sobre una base dependiente del capital extranjero en el contexto de términos de intercambio favorables (Ville y Withers, 2014).

A lo largo del siglo XX, la explotación de carbón, hierro, bauxita y posteriormente hidrocarburos consolidó una estructura productiva orientada a la exportación de recursos naturales. Estos sectores sirvieron de sustento material a un proceso de industrialización por protección, basado en la redistribución de la renta exportadora y en políticas estatales activas de infraestructura, empleo y regulación laboral.

En el pasaje hacia la cuarta revolución tecnológica, Australia profundizó su inserción en los circuitos internacionales de acumulación mediante la explotación de carbón, hierro y bauxita. Estos recursos proveyeron la base energética y material sobre la cual se expandieron las industrias metalúrgicas y manufactureras locales, en el marco de un modelo de desarrollo nacional protegido. La participación en las dos guerras mundiales consolidó esta trayectoria: la producción de acero, equipamiento naval y armamentos impulsó la conformación de una industria pesada doméstica y el fortalecimiento del aparato estatal de planificación (Bell, 1995; Ville y Withers, 2014). A diferencia de los países latinoamericanos que crearon empresas estatales en sectores estratégicos, el Estado australiano sostuvo su industrialización mediante políticas arancelarias, obras de infraestructura y regulación laboral, mientras el capital británico y luego estadounidense controló las ramas del complejo minero-metalúrgico (Bell, 1995; McLean, 2013). Así, la industrialización australiana se configuró como una industrialización por protección, sostenida por la redistribución de la renta exportadora y orientada al mercado interno más que a la innovación endógena.

Las EMN desempeñaron un papel central en este esquema. Filiales de capital británico y estadounidense concentraron la producción en los sectores metalmecánico, automotriz, minero y químico. Aunque operaron bajo un patrón de sustitución de importaciones similar al latinoamericano, lo hicieron con tecnología de frontera adaptada al consumo local, pero sin desarrollar capacidades autónomas de innovación (Bell, 1995). La dependencia tecnológica se mantuvo, aunque compensada por la disponibilidad de divisas

derivadas de la renta minera y agraria, lo que evitó las crisis externas que afectaron a otras economías periféricas. Este modelo alcanzó su madurez entre las décadas de 1930 y 1970 —en el marco del denominado *Australian Settlement*—, cuando la combinación de altos aranceles, pleno empleo y salarios elevados consolidó una economía mixta con fuerte regulación estatal. Si bien el régimen permitió diversificar la estructura productiva e incorporar nuevas ramas —automotriz, metalmecánica, química—, lo hizo sobre una base de dependencia tecnológica y con escasa articulación hacia la investigación y la innovación. Al llegar la posguerra, Australia presentaba una estructura industrial más diversificada que la de otras economías primarias, pero con un núcleo tecnoeconómico inducido desde el exterior y sostenido en la explotación de recursos naturales a gran escala.

El agotamiento del modelo proteccionista del *Australian Settlement* coincidió con el ascenso de las economías asiáticas y el desplazamiento del eje dinámico del capitalismo mundial hacia el Pacífico. Este proceso implicó una creciente especialización exportadora en minerales, energía y servicios conexos, acompañada de una reorientación comercial hacia Japón primero, y luego hacia Corea del Sur, China e India. La industrialización acelerada del Este Asiático —vinculada a la quinta revolución tecnológica— generó una sostenida demanda de carbón, hierro, gas y bauxita, que redefinió el rol de Australia como proveedor estratégico de recursos naturales para el capitalismo asiático (Downes y Stoeckel, 2006).

Durante las décadas de 1980 y 1990, los gobiernos laboristas y conservadores convergieron en un programa de desregulación financiera, reducción arancelaria y privatización selectiva, orientado a incrementar la competitividad y la flexibilidad del sistema productivo. Sin embargo, la apertura australiana fue más controlada que en el caso argentino: se preservó un entramado institucional robusto —acuerdos salariales centralizados, gasto público contracíclico e inversión sostenida en ciencia y educación— que mitigó los efectos regresivos del ajuste. El proceso no derivó en una desindustrialización abrupta, sino en una recomposición sectorial hacia industrias intensivas en conocimiento, diseño y servicios vinculados a los recursos naturales (Downes y Stoeckel, 2006).

Durante la primera década del siglo XXI, el ascenso de China como principal demandante mundial de minerales y energía impulsó un nuevo ciclo de expansión exportadora. El llamado *mining boom* (2003-2013) transformó la estructura económica australiana,

elevando los términos de intercambio y desplazando el peso relativo de la manufactura y los servicios no transables. La minería y la energía pasaron a representar más del 60 % de las exportaciones, con China absorbiendo cerca del 40 % del total (Garnaut, 2013; Connolly y Orsmond, 2011). El auge de los precios internacionales del mineral de hierro, el carbón y el gas natural licuado provocó un proceso de reprimarización del perfil exportador, acompañado por una apreciación cambiaria y un encarecimiento de los costos internos que afectó la competitividad de los sectores manufactureros (Downes y Stoeckel, 2006; Gruen, 2018).

No obstante, el país logró canalizar parte de la renta minera hacia la expansión de infraestructura, ciencia y educación superior, lo que permitió sostener un entramado tecnológico asociado a la explotación eficiente y sustentable de los recursos naturales. En este contexto se consolidó el complejo *Mining Equipment, Technology and Services* (METS), compuesto por empresas locales de ingeniería, automatización y software que desarrollaron soluciones de control, sensórica y logística minera en colaboración con las grandes corporaciones extractivas. Este entramado reforzó la inserción de Australia como proveedor global de conocimiento aplicado y servicios tecnológicos dentro de las cadenas del complejo minero-energético, aun cuando las tecnologías nucleares del paquete minero —maquinaria pesada, equipos de perforación y automatización integrada— permanecieron bajo control de corporaciones extranjeras (Scott-Kemmis, 2013; Ville y Wicken, 2012).

El Estado australiano desempeñó un papel clave en este proceso al consolidar un entramado institucional orientado a fortalecer los encadenamientos tecnológicos derivados de la minería y la energía. La *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO) y los programas de incentivo a la I+D local promovieron la cooperación público-privada y la participación de proveedores nacionales en las cadenas de valor, consolidando un ecosistema innovador orientado a la resolución de problemas tecnológicos de los recursos naturales (Ville y Wicken, 2012; Marques et al., 2015). No obstante, la orientación sectorial del sistema limitó su diversificación: el modelo australiano se apoya en capacidades adaptativas y servicios tecnológicos complementarios, sin control nacional sobre las tecnologías estratégicas (Anzolin, 2021).

En los últimos años, Australia atraviesa una nueva etapa de reconfiguración productiva vinculada a la transición energética global. La demanda de minerales críticos —litio, níquel, cobre y tierras raras— y de hidrógeno verde ha reforzado su posición como

proveedor estratégico dentro del nuevo paradigma tecnoeconómico. Las políticas recientes buscan promover una minería descarbonizada y cadenas de valor asociadas al almacenamiento energético y la digitalización industrial. Sin embargo, la participación de grandes corporaciones extranjeras en los segmentos de alta tecnología mantiene la dependencia estructural, mientras el país consolida un perfil de semiperiferia alta, con autonomía relativa en conocimiento aplicado pero subordinación en los bienes de capital y la propiedad tecnológica (Sinclair y Coe, 2024).

Pese a los avances institucionales y tecnológicos alcanzados, Australia no ha logrado consolidar un núcleo endógeno pleno capaz de controlar los componentes críticos del paquete tecnológico minero. Las ramas pivote de equipamiento pesado y automatización permanecen bajo dominio extranjero, lo que limita la autonomía tecnológica nacional. No obstante, el país consiguió conformar un núcleo endógeno parcial, sustentado en la ingeniería, el software y los servicios tecnológicos del sector METS, que articula universidades, agencias públicas y firmas privadas en un ecosistema de innovación aplicada. De este modo, el patrón australiano combina dependencia en la base material bajo control extranjero con autonomía relativa en los servicios e intangibles, configurando una trayectoria intermedia entre la industrialización sustitutiva clásica y la especialización extractiva, con un grado de integración tecnológica superior al de las economías latinoamericanas.

4.3.2.3. El caso brasileño: la paradoja de la gran periferia

En la actualidad, las materias primas agropecuarias, minerales y energéticas concentran alrededor del 70 % del valor total de las exportaciones brasileñas, dominadas por la soja y sus derivados, el mineral de hierro, el petróleo crudo, la celulosa, el azúcar, el maíz y los productos cárnicos. Desde mediados de la década de 2000, el descubrimiento y la explotación de los yacimientos del presal consolidaron a Brasil como un importante productor y exportador de petróleo en aguas ultraprofundas, reforzando el peso del complejo minero-energético en su estructura productiva. A pesar de conservar una base industrial diversificada y un mercado interno de gran escala, la inserción internacional de Brasil continúa sustentada en la valorización de la renta de los recursos naturales.

La inserción de Brasil en la economía mundial se consolidó en el siglo XIX a partir de un patrón agroexportador dominado por el café, que estructuró una élite terrateniente estrechamente vinculada al capital comercial y financiero extranjero (Furtado, 1959). Al

igual que en Argentina, la industrialización más profunda fue impulsada por el agotamiento del ciclo del café y por los efectos de la Gran Depresión y la Segunda Guerra Mundial, que estimularon la sustitución de importaciones y la expansión de la demanda interna (Baer, 1979). En este contexto, la abundancia de recursos energéticos y minerales —hierro, manganeso, petróleo y energía hidroeléctrica— proporcionó la base material para la conformación de una estructura industrial pesada, funcional al despliegue del paradigma tecnoeconómico fordista sustentado en el acero, el petróleo y la energía eléctrica.

Bajo el liderazgo del Estado, se promovió la creación de empresas públicas y mixtas en sectores estratégicos, articuladas a una política de desarrollo nacional orientada a la integración territorial y a la autonomía tecnológica relativa. La fundación de la Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) en 1941 y de Petrobras en 1953 representó un salto cualitativo en la capacidad del país para controlar segmentos clave del complejo minero-energético, integrando producción, refinación y provisión de insumos industriales. En paralelo, el Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE, luego BNDES) canalizó la renta derivada de las exportaciones primarias hacia la industrialización, reforzando la coordinación estatal del proceso (Suzigan, 1988).

Durante la posguerra, Brasil avanzó hacia una industrialización por sustitución de importaciones más integrada y sostenida que la argentina, profundizando el desarrollo de ramas ya presentes en ambos países —metalmecánica, química y automotriz— e incorporando además sectores de bienes de capital y energía de base pesada. Las EMN desempeñaron un papel crucial en la expansión de la producción manufacturera, especialmente en los bienes durables y en el complejo automotor. Sin embargo, la fuerte intervención estatal —a través de incentivos fiscales, financiamiento subsidiado y protección arancelaria— permitió desarrollar mayores capacidades locales en ingeniería, siderurgia y petroquímica, lo que dio lugar a una estructura industrial más integrada y de mayor escala (Baer, 1979). En este marco, las filiales extranjeras actuaron como vehículos de modernización subordinada (Evans, 1979; Grinberg, 2011, 2016), aportando capital y tecnología intermedia, pero manteniendo el control de los segmentos de mayor contenido tecnológico y de la apropiación del excedente.

La crisis de la deuda en los años ochenta y las reformas liberalizadoras de los noventa debilitaron ese entramado, pero Brasil conservó instituciones clave —como el BNDES, Petrobras, Eletrobras y Embraer— que sostuvieron capacidades industriales básicas y

permitieron mantener una base científico-tecnológica mínima en plena transición hacia el nuevo PTE de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). En esta etapa, el país no logró insertarse en los segmentos centrales del paradigma —microelectrónica, hardware, semiconductores—, pero desarrolló competencias en software, telecomunicaciones y automatización industrial, impulsadas por la expansión de la informática pública y la demanda de servicios tecnológicos de grandes empresas estatales. Entre fines del siglo XX y comienzos del XXI, Embraer consolidó su liderazgo en aeronáutica regional mediante el dominio de tecnologías de diseño asistido y sistemas digitales de control, mientras Petrobras alcanzó avances tecnológicos de frontera en exploración offshore, especialmente en aguas profundas, apoyada en una red de ingeniería local y en políticas de contenido nacional.

Con la revolución microelectrónica y la crisis del modelo fordista, Brasil ingresó en una fase de reestructuración que combinó apertura controlada, endeudamiento externo y nuevas estrategias de articulación con el capital transnacional. A diferencia de Argentina, la dictadura instaurada en 1964 no desmanteló el aparato estatal, sino que lo reorientó hacia la promoción de grandes proyectos industriales y de infraestructura —hidroeléctricas, siderurgia, petroquímica, aviación— que consolidaron el complejo de empresas estatales y mixtas (Petrobras, Eletrobras, Embraer). Este entramado permitió sostener la acumulación industrial durante la crisis mundial de los años setenta, aunque a costa de un creciente endeudamiento y una dependencia tecnológica estructural (Evans, 1979; Suzigan, 1988). La difusión de tecnologías asociadas al nuevo paradigma —automatización, electrónica e informática— se concentró en las filiales de EMN, limitando su irradiación hacia el conjunto del sistema productivo. Iniciativas como la *Lei da Informática* (1984) buscaron desarrollar un sector nacional de hardware, pero enfrentaron la oposición de los Estados Unidos y de las grandes corporaciones del sector, lo que condujo a su desarticulación en los años noventa.

Durante la década de 1990, la apertura comercial y las reformas liberalizadoras transformaron la estructura productiva sin provocar un colapso industrial. El proceso de privatizaciones fue selectivo y coexistió con la preservación de un núcleo estatal en energía, minería y transporte, mientras el BNDES continuó desempeñando un papel central en la financiación del empresariado nacional. Este modelo, caracterizado por Grinberg (2011, 2016) como una rearticulación dependiente, combinó la inserción subordinada en las cadenas globales de valor con una base industrial densa y

diversificada. La producción manufacturera se concentró en sectores de media tecnología —automotriz, siderúrgico, petroquímico y aeronáutico— integrados a redes transnacionales, mientras las actividades de ingeniería y servicios tecnológicos mantuvieron una posición relevante en torno al complejo minero-energético.

Entre comienzos de los años 2000 y 2013, el auge de los precios internacionales de las materias primas y la incorporación de China a la Organización Mundial del Comercio (OMC) inauguraron una nueva fase de expansión del capitalismo periférico brasileño. La demanda asiática de mineral de hierro, soja y petróleo convirtió a China en su principal socio comercial, desplazando a Estados Unidos y a la Unión Europea. Este proceso reforzó la especialización exportadora en recursos naturales e intensivos en energía, al tiempo que la industria manufacturera perdió participación en el producto y el empleo (Hiratuka, 2022).

El nuevo ciclo de acumulación impulsó la expansión de complejos agro-minero-energéticos con una densa red de encadenamientos productivos y tecnológicos. En el agro, el liderazgo de grandes multinacionales brasileñas —como JBS, BRF, Ambev o Cosan— se combinó con la presencia de firmas extranjeras en alimentos y bebidas, conformando una agroindustria integrada aguas abajo. Aguas arriba, se consolidó una industria de maquinaria agrícola con empresas locales de equipos especializados y filiales de multinacionales como AGCO, CNH y John Deere, apoyadas en las innovaciones de la empresa pública de investigación Embrapa, clave en la adaptación tecnológica al bioma tropical (Vieira Filho, 2022). Sin embargo, los insumos estratégicos —fertilizantes, agroquímicos y semillas— continúan dominados por proveedores extranjeros (Gasques et al., 2020; Bombardi, 2017).

En hidrocarburos, la estatal Petrobras articuló un entramado de proveedores locales y lideró la formación de un complejo petroquímico donde Braskem ocupa un rol central. Las políticas de contenido local promovieron la participación de firmas brasileñas en ingeniería y servicios offshore, aunque los equipos de mayor complejidad —FPSOs, sistemas de perforación y sísmica avanzada— permanecen bajo control de corporaciones extranjeras (Rocha, 2015; Lima-de-Oliveira, 2019). En minería, pese a la presencia de grandes siderúrgicas (Vale, Gerdau, CSN) y de industrias vinculadas al aluminio, la estructura exportadora sigue dominada por minerales en bruto, mientras los segmentos de maquinaria pesada y automatización permanecen controlados por EMN (Figueiredo y Piana, 2021).

Durante el período 2003-2016, los gobiernos del Partido de los Trabajadores (PT) retomaron una agenda de política industrial orientada a combinar crecimiento con inclusión social. Se implementaron sucesivamente la Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior (PITCE, 2004), la Política de Desarrollo Productivo (PDP, 2008) y el Plano Brasil Maior (PBM, 2011), que buscaron fortalecer sectores estratégicos —petróleo y gas, biocombustibles, TIC, salud y defensa— mediante instrumentos de crédito del BNDES, incentivos fiscales, apoyo a la innovación (FINEP) y programas de compras públicas (Hiratuka, 2022; Medeiros y Majerowicz, 2025).

El sistema científico-tecnológico público amplió su escala de intervención: organismos como FINEP, CNPq y las fundaciones estaduais de fomento —en particular FAPESP— promovieron la cooperación entre universidades, centros de investigación y empresas, consolidando capacidades en biocombustibles, aeronáutica y salud. En este marco, empresas líderes como Embraer, Petrobras y Embrapa actuaron como nodos de difusión tecnológica hacia proveedores nacionales, articulando un entramado de innovación público-privado inédito en la región.

Sin embargo, los resultados fueron parciales. Si bien se lograron avances en ciertos sectores intensivos en conocimiento, la apreciación cambiaria, la desindustrialización relativa y la dependencia de las rentas de commodities limitaron la efectividad de las políticas. Como advierte Grinberg (2016), el neo-desarrollismo brasileño coexistió con un patrón de acumulación basado en la expansión del complejo agro-minero-energético, reproduciendo tensiones estructurales entre activismo estatal y especialización primaria.

En la actualidad, la transición energética global ha reforzado el papel de Brasil como proveedor estratégico de energías limpias y minerales críticos —litio, níquel, cobre y tierras raras—, apoyado en una matriz eléctrica mayormente renovable y en el desarrollo de biocombustibles de segunda generación. En los últimos años, el país comenzó a promover proyectos de hidrógeno de bajo carbono y movilidad eléctrica, aunque aún en etapas iniciales y con fuerte participación de capital extranjero. Esta nueva fase combina oportunidades de diversificación productiva con tensiones en torno a la apropiación de la renta verde, en un contexto en el que el control de los recursos naturales vuelve a ocupar un lugar central en la disputa por el desarrollo.

En el sentido de Fajnzylber (1983), puede decirse que Brasil logró conformar un núcleo endógeno de innovación parcial, resultado de la confluencia entre el liderazgo estatal, la

escala del mercado interno y la densidad de su estructura industrial. Este núcleo se expresa en la existencia de empresas públicas y privadas con capacidades tecnológicas avanzadas —como Petrobras, Embraer y Embrapa— y en una institucionalidad de apoyo a la innovación que permitió sostener aprendizajes acumulativos en sectores estratégicos. Sin embargo, tales experiencias permanecen fragmentadas y desarticuladas del resto del sistema productivo, configurando un patrón dual en el que conviven “islas de frontera” con un entramado industrial dependiente de bienes de capital y tecnologías importadas. En el sistema tecnoeconómico global, Brasil ocupa así una posición semiperiférica, caracterizada por su capacidad de adaptación tecnológica sin control pleno sobre los núcleos de innovación.

4.3.2.4. El caso canadiense: la semiperiferia atrapada en la integración continental

En la actualidad, los recursos naturales representan cerca del 17 % del PIB canadiense y más del 60 % del valor total de las exportaciones de bienes, integrando una canasta dominada por los productos energéticos —petróleo crudo, gas natural, electricidad e hidrocarburos refinados—, seguidos por los minerales y metales como el oro, el cobre, el níquel, el potasio y el uranio, además de los productos forestales y agroalimentarios.

Desde fines del siglo XIX, Canadá estructuró su desarrollo económico en torno a la explotación de recursos naturales abundantes y a una temprana industrialización orientada al mercado interno. La *National Policy* de 1879 combinó aranceles protectores, expansión ferroviaria y estímulos a la manufactura en las provincias centrales, consolidando un modelo de industrialización por protección. Aunque el Imperio Británico mantuvo influencia política y comercial, el peso del capital estadounidense creció de manera sostenida: hacia la Primera Guerra Mundial ya predominaba en los sectores minero, energético y manufacturero, desplazando a Gran Bretaña como principal fuente de inversión y destino de exportaciones (Dieguez, 1981; Platt y Di Tella, 1985). El Estado canadiense actuó como mediador entre ambos polos, garantizando la estabilidad macroeconómica y la expansión de infraestructura, pero sin asumir un rol empresario directo, lo que dio lugar a una estructura de acumulación “mixta” donde la conducción tecnológica permaneció en manos del capital extranjero (Drache, 1982).

A diferencia de las economías latinoamericanas, Canadá mantuvo desde temprano una canasta exportadora diversificada —minerales, trigo, papel, energía e industria forestal—

, lo que le permitió sostener altos niveles de ingreso y mitigar el impacto de la Gran Depresión mediante el acceso preferencial a los mercados imperiales (Solberg y Seibert, 1981; Pomfret, 2000). La disponibilidad de energía hidroeléctrica abundante y barata desempeñó un papel decisivo en la expansión de las industrias de proceso —metalurgia, papel, aluminio y química—. La renta derivada de los recursos naturales fue canalizada por el Estado hacia obras de infraestructura y servicios públicos, en particular energía, transporte y telecomunicaciones, que fortalecieron capacidades locales en ingeniería, planificación y servicios técnicos (Chudnovsky et al., 2000).

Durante la Segunda Guerra Mundial, Canadá se transformó en un centro productivo estratégico del bloque aliado, expandiendo su capacidad en acero, aeronáutica, maquinaria y química, y consolidando un aparato estatal de planificación que perduró en la posguerra. Sin embargo, este desarrollo no dio lugar a un núcleo industrial autónomo: las manufacturas más dinámicas quedaron bajo control de filiales estadounidenses, y el Estado limitó su intervención a la regulación y provisión de infraestructura. El resultado fue un patrón de crecimiento que combinó industrialización avanzada y dependencia estructural, característico de un capitalismo “blando” (*soft capitalism*) en el que la planificación pública y la inversión en infraestructura convivían con la hegemonía del capital extranjero en los sectores de mayor contenido tecnológico (Drache, 1982). A diferencia de Argentina o Brasil, donde los hidrocarburos y la petroquímica ocuparon un rol articulador en la industrialización sustitutiva, en Canadá el petróleo tuvo una función principalmente energética y exportadora, mientras las capacidades tecnológicas se concentraron en servicios de ingeniería, transporte y comunicaciones.

A partir de la década de 1970, el país contaba con una densa red de empresas públicas y privadas en energía, transporte e ingeniería, junto con centros de investigación consolidados como el *National Research Council* (NRC) y el *Communications Research Centre* (CRC), que facilitaron la adaptación temprana a las nuevas tecnologías microelectrónicas e informáticas (Pomfret, 2000; McFetridge, 1993). Por otro lado, la liberalización comercial y la desregulación de los años setenta y ochenta institucionalizaron la anexión a la economía estadounidense. El *Auto Pact* de 1965 había abierto el camino a la especialización regional en el complejo automotriz, profundizada luego por el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos (1989) y el NAFTA (1994). Estas reformas promovieron una mayor inserción en las cadenas norteamericanas de valor y una creciente dependencia tecnológica respecto del vecino del sur, al tiempo que

reconfiguraron la estructura productiva en torno a sectores competitivos en energía, transporte y telecomunicaciones.

En paralelo, en esta etapa emerge el complejo de telecomunicaciones y electrónica, articulado en torno al conglomerado Bell-Northern Research y las firmas Nortel, Mitel y Newbridge, que configuraron el denominado Silicon Valley North en la región de Ottawa. Este clúster combinó *spin-offs* de laboratorios estatales con la formación de ingenieros locales y una activa cooperación con universidades y agencias públicas (Mallett, 2004; McFetridge, 1993).

Durante la primera década del siglo XXI, el alza sostenida de los precios internacionales de la energía y los minerales impulsó un nuevo ciclo de expansión exportadora en Canadá. El boom de los commodities (2003–2014) elevó los términos de intercambio y reposicionó al país como proveedor global de recursos naturales. El petróleo —en especial el extraído de las arenas bituminosas de Alberta— pasó a liderar las exportaciones, desplazando a la industria automotriz y manufacturera, mientras las empresas minero-energéticas concentraban más de la mitad del valor transado en la Bolsa de Toronto (Stanford, 2008; Haley, 2011). Este auge provocó una apreciación cambiaria significativa y efectos de “enfermedad holandesa” que redujeron la competitividad de la manufactura y los servicios transables. En conjunto, el ciclo consolidó un patrón de crecimiento basado en rentas de recursos naturales y en la especialización extractiva, acompañado por fuertes disparidades territoriales (Fast, 2014).

No obstante, Canadá ha desarrollado encadenamientos productivos y tecnológicos de cierta relevancia. Por ejemplo, en el sector energético, la expansión del *oil sands* en Alberta impulsó una fuerte presencia de capital extranjero y orientó la mayor parte del crudo pesado hacia Estados Unidos, donde se concentran las etapas de *upgrading* y refinación. Los encadenamientos aguas abajo se generaron así principalmente en el exterior, mientras que a nivel doméstico se consolidó un entramado de servicios de ingeniería, consultoría y tecnologías ambientales con proyección internacional desde Calgary (Stanford, 2020). En la minería, el país combina ciertos eslabones industriales —como la producción de aluminio en Quebec y la siderurgia en Ontario— con una alta proporción de exportaciones en bruto de oro, potasa, uranio y carbón metalúrgico. Su principal fortaleza radica en los encadenamientos aguas arriba: en torno a Toronto y Vancouver se concentra un ecosistema global de exploración, servicios geológicos y financiamiento minero que articula numerosas firmas jóvenes (DeBresson, 1996). Sin

embargo, las tecnologías nucleares del paquete minero —maquinaria pesada, perforación y automatización integrada— permanecen bajo control de corporaciones extranjeras.

Durante las últimas dos décadas, el Estado canadiense ha mantenido un papel relevante en la consolidación de capacidades científicas y tecnológicas asociadas a la explotación eficiente de los recursos naturales. Organismos como el NRC y el *Natural Resources Canada* sostuvieron una amplia red de laboratorios y centros de investigación aplicada, orientados a la innovación en materiales, energía, geología y servicios tecnológicos extractivos. En paralelo, el programa de incentivos fiscales a la I+D se consolidó como uno de los más amplios del mundo, impulsando la inversión privada y la cooperación público-privada en sectores de ingeniería, software y servicios ambientales (OECD, 2023).

No obstante, la política industrial y tecnológica canadiense ha permanecido fragmentada y orientada al mercado, sin una estrategia integral de diversificación productiva. Los gobiernos recientes combinaron estímulos a la innovación empresarial con una débil intervención directa sobre las cadenas de valor, manteniendo un modelo de desarrollo fuertemente dependiente de las rentas energéticas y mineras. La estructura de encadenamientos sigue dominada por filiales de corporaciones multinacionales, y la ausencia de políticas de contenido local limitó la emergencia de un núcleo industrial autónomo. En el plano tecnológico, los avances en inteligencia artificial, automatización y software conviven con una pérdida de capacidades manufactureras y con una débil articulación entre ciencia, Estado y producción.

En los últimos años, la transición energética global ha planteado un escenario ambivalente para Canadá. Por un lado, su fuerte especialización en hidrocarburos lo expone a tensiones entre la necesidad de descarbonización y la defensa de la renta petrolera, especialmente en las provincias de Alberta y Saskatchewan. Por otro, el país se encuentra bien posicionado para aprovechar la creciente demanda de minerales críticos —níquel, cobre, litio, cobalto, uranio y tierras raras—, abundantes en su territorio y estratégicos para las nuevas tecnologías de almacenamiento y movilidad eléctrica (Natural Resources Canada, 2024). Los programas recientes del gobierno federal, como la *Critical Minerals Strategy* y los incentivos a proyectos de hidrógeno y baterías, buscan reorientar la política industrial hacia una minería verde y digitalizada, articulando universidades, agencias públicas y empresas privadas. Sin embargo, el avance de estas iniciativas convive con la

persistencia del modelo extractivo tradicional, dominado por capitales extranjeros y con escasa capacidad de retención de valor agregado doméstico.

En función de este recorrido histórico, puede plantearse que Canadá logró conformar un núcleo endógeno de innovación parcial y articulado, sustentado en la densidad de su infraestructura científica y en la fortaleza de sus servicios tecnológicos. Este núcleo se expresa en la existencia de capacidades nacionales en ingeniería, software, telecomunicaciones y servicios extractivos avanzados, sostenidas por instituciones como el NRC, las universidades y un sólido entramado de cooperación público-privada. Sin embargo, el fuerte e histórico peso de las empresas de capital estadounidense y la integración a cadenas comandadas por estas implican que el control de las tecnologías críticas permanezca en manos de corporaciones extranjeras, limitando el alcance del aprendizaje endógeno.

Comparado con el caso argentino, no obstante, Canadá presenta un grado de integración tecnológica significativamente mayor y una base institucional más robusta, pese a que su inserción en el sistema tecnoeconómico global continúa marcada por una dependencia estructural en los bienes de capital y en la propiedad tecnológica. El resultado es un patrón de desarrollo semiperiférico alto: innovador en conocimiento aplicado y servicios tecnológicos, pero sin control pleno sobre los núcleos materiales de la transformación productiva contemporánea.

En síntesis, las trayectorias de Argentina, Australia, Brasil y Canadá presentan una base común en la explotación temprana de recursos naturales, pero sus procesos de industrialización y, sobre todo, las modalidades de salida de esos modelos productivos dieron lugar a configuraciones tecnoeconómicas muy diferentes. Argentina y Brasil compartieron una inserción internacional dependiente de un conjunto reducido de recursos primarios —agrícolas y minero-energéticos—, aunque sus experiencias de industrialización sustitutiva tuvieron alcances y continuidades distintas. Mientras en Argentina el proceso fue más fragmentario y su desmantelamiento más abrupto, en Brasil la mayor escala de su mercado interno, la persistencia de instituciones de fomento y la temprana conformación de industrias de base —en particular la siderurgia y la petroquímica— permitieron sostener una estructura industrial más integrada y con mayores capacidades de adaptación tecnológica.

Australia y Canadá, en cambio, lograron industrializaciones más tempranas y estables, apoyadas en la diversificación de sus recursos naturales y en condiciones geopolíticas favorables. A diferencia de las economías latinoamericanas, no enfrentaron episodios críticos de restricción externa ni colapsos de balanza de pagos, lo que les otorgó un margen sostenido para financiar políticas de infraestructura, ciencia y educación. En el caso australiano, la proximidad con Asia oriental y su dotación de minerales e insumos industriales consolidaron un modelo de inserción “periférica próspera”, mientras que Canadá se benefició de su temprana integración a la economía estadounidense y de la expansión manufacturera derivada de la Segunda Guerra Mundial, aunque ese mismo vínculo reforzó su dependencia tecnológica del capital norteamericano.

Las diferencias en las formas de salida de la industrialización marcaron de manera decisiva los resultados contemporáneos. El proyecto neoliberal argentino implicó una ruptura mucho más abrupta del tejido industrial, con efectos desarticuladores sobre las ramas pivote —bienes de capital, química, metalmecánica— y una reprimarización temprana de su inserción externa. En contraste, Brasil preservó un conjunto de empresas públicas, bancos de desarrollo y agencias de innovación que aseguraron cierta continuidad institucional, mientras Australia y Canadá reconvirtieron sus estructuras productivas sin desmantelarlas, integrando conocimiento aplicado y servicios tecnológicos a sus complejos extractivos.

El resultado de estas trayectorias es una diferenciación clara en los sistemas tecnoeconómicos actuales. Argentina mantiene un núcleo endógeno desarticulado, con capacidades innovativas sectoriales pero sin articulación sistémica; Brasil conserva un entramado industrial diversificado y un conjunto de polos tecnológicos de frontera, aunque fragmentados; Australia consolidó un sistema adaptativo basado en ingeniería y servicios tecnológicos aplicados a la minería; y Canadá logró una articulación institucional avanzada entre ciencia, empresas y Estado, aunque con el control de los bienes de capital complejos aún en manos extranjeras. En todos los casos persiste un grado estructural de dependencia tecnológica, pero bajo configuraciones diversas: mientras en las economías latinoamericanas predominan la vulnerabilidad externa y la desarticulación industrial, en las semiperiferias altas del mundo anglosajón esa dependencia coexiste con densas capacidades institucionales y tecnológicas que permiten sostener núcleos endógenos parciales de innovación.

Tabla 5. Elementos histórico-materiales e institucionales destacados de los países seleccionados

País	Recursos naturales	Evolución de inserción	Periodo de industrialización / Encadenamientos	Rol del Estado	Núcleo endógeno (síntesis)
Argentina	Agro (cereales/oleaginosas), carne; hidrocarburos; minería selectiva (litio, metales)	XIX: agroexportador (carne/granos) bajo capital británico → XX: ISI con EMN “filial-réplica” → XXI: reprimarización con paquetes biotecnológicos y agroindustria de 1ª transformación	ISI metalmecánica-química-farma; petroquímica vía YPF; encadenamientos aguas arriba (insumos, maquinaria agrícola); aguas abajo débiles en alimentos elaborados/bioproductos	Estado empresario (YPF), protección e instituciones CTI; ciclos de liberalización que desarticulan bienes de capital y profundizan dependencia	Desarticulado: capacidades en química/farma, biotec, software y satelital, pero sin integración ni control de bienes de capital complejos; alta dependencia externa
Australia	Mineral de hierro, carbón, GNL; oro, bauxita/aluminio; agro (lana, carne, cereales)	XIX: agro+oro para Imperio Británico → XX: exportador de recursos con protección industrial → XXI: “ <i>mining boom</i> ” y reprimarización; fuerte vínculo Asia	Encadenamientos tecno-extractivos (METS: ingeniería, automatización, software); manufactura nicho para minería/energía; petroquímica no integrada	Estado con protección, regulación laboral e inversión en CTI (CSIRO); apertura gradual conservando capacidades	Parcial: fuerte en ingeniería y servicios aplicados; dependencia en equipos pesados/automatización integral de EMNs
Brasil	Soja/complejo agro; mineral de hierro/bauxita; petróleo (offshore); celulosa; carnes	XIX: agroexportador (café) → XX: ISI profunda y de escala → XXI: especialización agro-minero-energética con industria aún relevante	Encadenamientos densos aguas arriba y abajo: petroquímica (Petrobras/Braskem), bienes de capital, automotriz, aeronáutica (Embraer); agricultura con maquinaria e I+D (Embrapa)	Estado desarrollista (CSN, Petrobras, BNDES, FINEP); políticas industriales reiteradas (PITCE, PDP, PBM)	Parcial en polos robustos (petróleo, aeronáutica, agro) pero con “islas de frontera” y dependencia en hardware/automatización
Canadá	Petróleo y gas (oil sands), hidroeléctrica; minerales/metales (aluminio, potasa, uranio); forestal; agroalimentos	XIX: recursos + industria protegida → XX: industrialización avanzada subordinada a capital/mercado de EE.UU. → XXI: boom de commodities y mayor especialización extractiva	Encadenamientos fuertes aguas arriba (exploración, ingeniería, servicios geológicos/financieros); manufactura de nicho (maquinaria adaptativa); legado en transporte y telecomunicaciones/electrónica	Estado como infraestructura y ciencia (NRC/CRC), incentivos fiscales I+D; política industrial fragmentada, alta integración continental (Auto Pact, TLC/NAFTA)	Parcial: ingeniería, software y servicios extractivos/telecom articulados; dependencia en bienes de capital complejos y control tecnológico de EMNs (EE.UU.)

Fuente: Elaboración propia

4.4. Estudio comparativo de las estructuras tecnoeconómicas de países abundantes en recursos naturales: los casos de Argentina, Australia, Brasil y Canadá

Hasta acá se han presentado de forma exploratoria algunas especificidades histórico-materiales y trayectorias político-institucionales que han sido determinantes en la configuración de los flujos tecnoeconomicos de los países seleccionados. Aquí se despliega el análisis de las estructuras de estos flujos a partir de diferentes métricas que representa el volumen, las fuentes y el perfil (inter)sectorial de las mismas.

4.4.1. Aspectos macro de los sistemas tecnoeconómicos de los países seleccionados

Detrás del perfil primario-exportador de las economías seleccionadas, el primer aspecto a considerar es la densidad de sus encadenamientos tecnoeconómicos, esto es, una estimación de cuantos encadenamientos tecnológicos (de todos los potenciales) están efectivamente operando. Para ello, el gráfico 4 describe la distancia relativa de la densidad de cada país frente a Estados Unidos⁵⁴, empleando un continuo de valores de corte que permite superar el problema de la arbitrariedad en su elección (véase sección 2.5.4). El gráfico de la izquierda —red doméstica— describe la densidad únicamente contemplando el I+D incorporado de cada país de fuentes domésticas, mientras que el grafico de la derecha —red total— agrega a los flujos domésticos aquellos de origen importado.

En línea con lo discutido en la sección anterior, lo que allí se observa es que Argentina siempre se ubica como el país con menor grado de articulación tecnológica de su sistema productivo. También es cierto que la brecha con Brasil tiende a achicarse cuando se pasa de analizar la red doméstica a la red total, lo cual se puede atribuir a la mayor dependencia tecnológica de Argentina de tecnologías foráneas, mientras que la mayor escala brasileña vis a vis su industrialización más profunda le estaría permitiendo reducir su dependencia de insumos y bienes de capital externos.

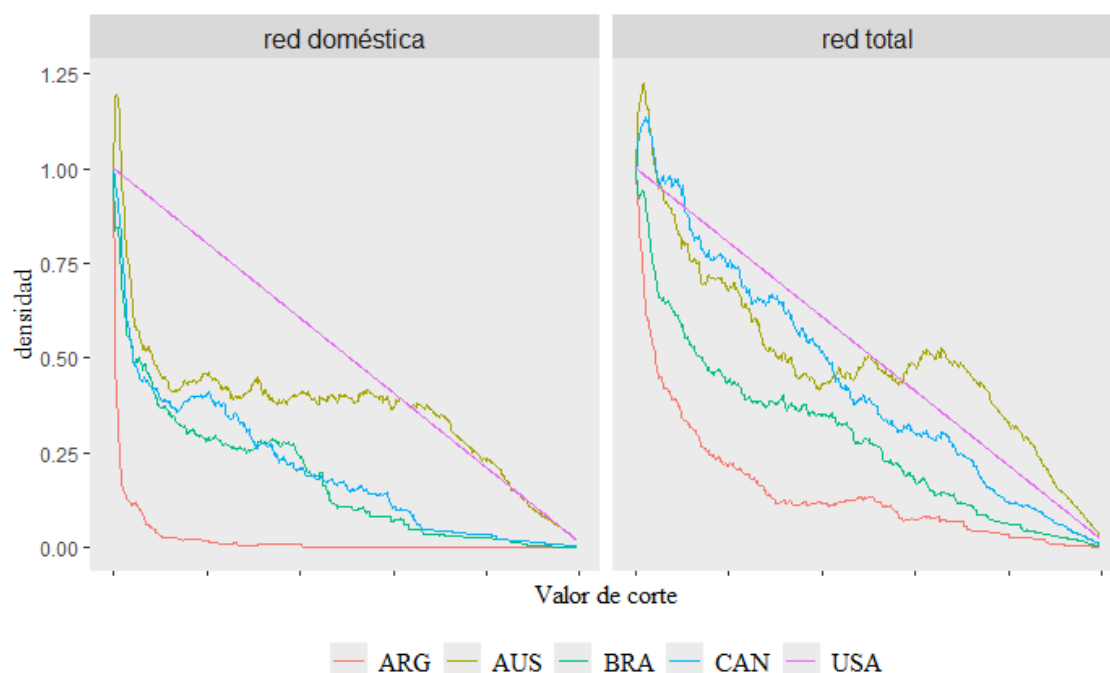
En el caso de Australia y Canadá, la densidad también aumenta de manera sensible al incorporar los flujos importados de I+D. Se puede plantear que este resultado es esperable

⁵⁴ Se utiliza a Estados Unidos como referencia para la normalización, asumiendo que su estructura es representativa —o próxima a serlo— de la frontera tecnológica global, lo que permite comparar estructuras relativas sin que el tamaño absoluto de cada economía distorsione los resultados.

para toda economía “pequeña y abierta” de altos ingresos, ya que su base tecnológica depende en gran medida de la articulación con los centros mundiales de innovación. En el caso canadiense, esa articulación adopta una forma de integración estructural con Estados Unidos, que hace de Canadá un caso singular de economía de altos ingresos con semejante nivel de integración/dependencia de una economía central. Australia, por su parte, exhibe una apertura más diversificada hacia Asia Oriental, donde la difusión tecnológica se canaliza a través del comercio y la inversión en sectores vinculados a los recursos naturales.

Vale aclarar que no es inocuo, para interpretar la función que puede ocupar el I+D importado en el desenvolvimiento de un STN, considerar la densidad de la red tecnoeconómica doméstica en la que estos flujos se insertan. Aunque en muchos casos las importaciones de tecnología operan como factores de desarticulación de los encadenamientos locales —al sustituir capacidades productivas y de aprendizaje interno—, diversas experiencias, como las de Japón y Corea del Sur, han mostrado que pueden constituirse en fuentes de absorción, adaptación y recombinación tecnológica, siempre que existan estructuras nacionales capaces de internalizar y difundir dichos conocimientos. Justamente, la diferencia central que debe tenerse en cuenta al comparar el caso argentino con los de Australia y Canadá radica en que, en estos últimos, la importancia relativa de los flujos importados se inscribe dentro de redes domésticas de alta densidad, donde la apertura tecnológica se articula con capacidades internas de absorción, mientras que en Argentina tienden a operar de manera más exógena y desarticulada, reforzando la dependencia estructural del sistema productivo.

Gráfico 8. Densidad (relativa a Estados Unidos) del STN de Argentina, Australia, Brasil, y Canadá



Fuente: Elaboración propia

Una medida alternativa sobre el desempeño tecnoeconómico agregado de los países se presenta en el gráfico 5- Allí se describe para cada país el grado de intensidad total de I+D, el peso relativo de cada uno de sus componentes y el valor de su MTECM.

En línea con el planteo de la ausencia de un núcleo endógeno de dinamización tecnológica de Argentina se observa que su estructura de su intensidad revela una composición claramente sesgada hacia componentes de I+D generados en el exterior: más del 60% de la I+D incorporada proviene de fuentes foráneas. Luego, eso se expresa en su elevado MTECM, superior al índice del resto de los países.

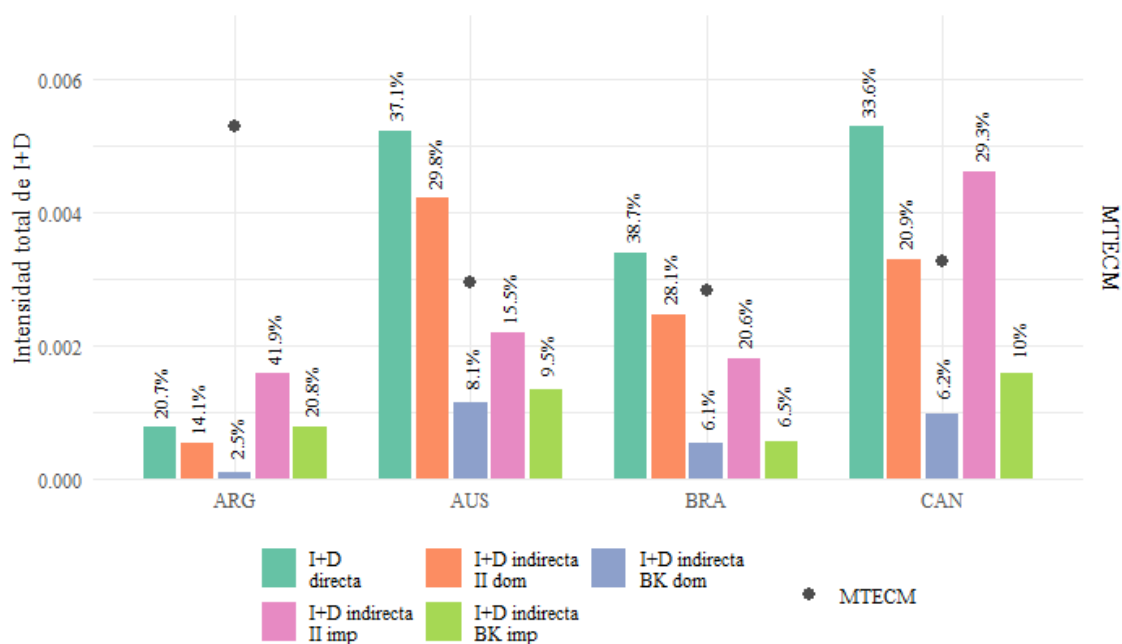
El caso australiano registra el STN más balanceado de las 4 economías, esto es, niveles altos de intensidad tecnológica con una dependencia tecnológica de importación similar al caso brasileño, no tan elevada como el caso canadiense y, mucho menos, en relación al caso argentino. Es interesante el resultado contrastado con Brasil si se tiene en consideración que, como arriba se señaló, que la economía oceánica tiene un grado de apertura sensiblemente mayor comparado con este (véase sección 4.3.1).

Por su parte, Brasil representa un STN que combina una baja dependencia de importación de tecnologías —registra el menor MTECM, apenas por debajo de Australia— con débiles niveles de intensidad total tecnológica, aunque mayor al de Argentina para todos sus componentes. Este patrón cuantitativo es consistente con lo discutido más arriba: Brasil tuvo una industrialización más profunda durante la ISI y, durante el proceso de privatizaciones la destrucción de capacidades productivas y tecnológicas no fue tan abrupta como en Argentina. La escala del país le ha permitido desarrollar industrias escala-intensiva y algunas “islas de innovación”, incluyéndose un fuerte peso del capital extranjero, pero bajo el formato de filiales replicas con bajos niveles de inversión en I+D.

Finalmente, Canadá es el país que recibe un mayor influjo de I+D importado en valores absolutos, alineado con el importante grado de apertura de su economía y su estrecha integración con una economía central como Estados Unidos. El patrón canadiense refleja una inserción altamente dependiente de su vecino, lo que potencia la densidad de su red total pero, al mismo tiempo, genera fuertes condicionamientos sobre la autonomía tecnológica nacional.

Un comentario final amerita la comparación del nivel y peso relativo del componente del I+D incorporado vía bienes y servicios de capital. Argentina no solamente es el país con menor nivel de intensidad tecnológica adquirido vía flujos de inversión domésticos, sino además aquel donde dicho componente tiene un peso relativamente más bajo (2,5%) y, en cambio, donde el mismo componente, pero de origen importado, es mayor (20,8%). De hecho, este último es el único componente cuya intensidad supera en niveles al de otro país (Brasil). Se resalta esto porque durante la sección 4.3.2 se ha puesto particular énfasis en la industria de bienes de capital como fuente de conformación y desarrollo de un núcleo endógeno de tecnología. El breve análisis histórico de dicha sección ha diferenciado que, si bien Australia, Brasil y Canadá registran un núcleo endógeno fragmentado, en el caso argentino ese núcleo se encuentra ausente, y estos resultados dan soporte a dicha hipótesis.

Gráfico 9. Nivel y composición de intensidad total en I+D y MTECM en industrias primarias según países seleccionados



Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Perfil sectorial de los STN: análisis comparado de la centralidad de las redes tecnoeconómicas

El perfil intersectorial de los flujos de tecnología puede examinarse a partir del grado de centralidad que alcanza cada industria, tanto en su función como proveedora como usuaria de I+D incorporado. Este ejercicio permite identificar qué sectores actúan como principales núcleos difusores y cuáles como traccionadores de conocimiento tecnológico, aportando una visión más precisa sobre la estructura jerárquica de los STN en cada país.

Para el análisis se adoptó un valor de corte calibrado,⁵⁵ que en el caso argentino arroja una densidad del 22 % para la red doméstica y del 57 % para la red total (que incorpora los flujos importados). A continuación, se aplicó ese mismo umbral a los demás países, de modo de obtener un nivel equivalente de densidad en sus redes totales.

Este procedimiento tiene dos implicancias analíticas relevantes:

⁵⁵ El anexo 4 describe este ejercicio de calibración y justifica el valor seleccionado.

- a. Al eliminar las diferencias de escala tecnoeconómica entre países en términos de tamaño y volumen de flujos, el criterio permite resaltar jerarquías relativas dentro de cada economía. De este modo, la comparación se centra en el peso estructural de cada rama en su propio sistema tecnoeconómico, sin que intervengan efectos de magnitud absoluta.
- b. Al homogeneizar la densidad de las redes totales, pero no la de las domésticas, se preservan las asimetrías estructurales en la capacidad de generar y difundir I+D internamente. Ello permite observar con mayor nitidez los grados de dependencia tecnológica externa o autonomía relativa de cada país, según la densidad y el entrelazamiento de sus flujos domésticos de conocimiento incorporado.

La mayor dependencia argentina de importaciones, aquí se expresa por las diferencias de las magnitudes entre el índice de densidad de las redes domésticas y las totales. Argentina pasa de una densidad en su red doméstica del 22% a un 57% ($\Delta 35$ p.p.) en su red total, lo cual es una diferencia sensiblemente mayor a lo que ocurre en Canadá ($\Delta 25$ p.p.), Australia ($\Delta 16$ p.p.) y Brasil ($\Delta 16$ p.p.). De nuevo, el hecho de que la brecha de densidad sea menor con Canadá es producto de la histórica estrechez comercial que tienen las importaciones de origen estadounidense en esta economía.⁵⁶

Por otro lado, el sistema tecnoeconómico argentino también se distingue frente al resto por tener la distribución sectorial más jerarquizada en términos de generación y difusión de I+D ($H^{OUT} = 0,77$), seguido por la economía brasileña ($H^{OUT} = 0,70$). Esto puede interpretarse como una limitación estructural “clásica” de las economías duales para la formación de sinergias tecnológicas intersectoriales. En la tradición cepalina, este fenómeno remite a la noción de “heterogeneidad estructural”, vinculados a la coexistencia de sectores modernos altamente productivos junto con otros tradicionales de baja productividad. En este sentido, la alta jerarquización del sistema argentino refleja una medida alternativa de esa heterogeneidad, donde un reducido núcleo de sectores

⁵⁶ Entre varios acuerdos se destacan el Auto Pact de 1965, que integró verticalmente las industrias automotrices de ambos países; el Tratado de Libre Comercio entre Canadá y Estados Unidos (CUSFTA) de 1989, que fue luego ampliado con México en el NAFTA (1994), y su versión más reciente, el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC o USMCA), vigente desde 2020.

modernos concentra la difusión de I+D mientras la mayoría permanece en posiciones periféricas.

En razón de cada país está desagregado en 32 ramas productivas cabe señalar que el máximo valor de centralidad que puede asumir una industria en cualquiera de las dos funciones (emisor y receptor) es de 31 debido a que no agregamos los flujos intrasectoriales. Esto incluye tanto en la medida de la red doméstica como en la red total, por lo cual, cuando una industria se encuentra más cerca de “saturar” el máximo grado de centralidad posible en la red doméstica, menos posibilidades tiene de sumar grados de centralidad en la red total, aun cuando las importaciones sean muy importantes.

4.4.2.1. Perfil difusor de los STN

La jerarquía intersectorial de difusores de tecnología incorporada de estos países es semejante con aquella que revelamos a escala global solamente si nos centramos en las medidas que describen la red total. Lo que estos resultados expresan es que, únicamente si los flujos de origen importado se agregan a los domésticos, las industrias clasificadas como motrices y vectoras desempeñan un rol predominante en la generación y difusión de tecnologías para el sistema productivo de estas economías y, en ese sentido, reproducen un perfil tecnoeconómico similar.

Cuando el análisis se traslada hacia la red doméstica, en cambio, emergen los contrastes más importantes.

En Argentina, las industrias difusoras domésticas más relevantes se concentran en servicios profesionales, científicos y técnicos ($c_{PCyT}^{out} = 30$), química ($c_{QM}^{out} = 24$), farmacéutica ($c_{FC}^{out} = 20$) y servicios digitales ($c_{DIG}^{out} = 19$). La centralidad de la química y la farmacéutica refleja un proceso histórico de acumulación de capacidades derivado del periodo ISI: la protección del mercado interno, la ausencia de patentes internacionales y la acción estatal a través de YPF, INTI y el sistema universitario permitieron conformar un entramado químico-farmacéutico con capacidad de aprendizaje y adaptación tecnológica. Estas ramas se beneficiaron además de la demanda proveniente del agro y de las manufacturas alimentarias, lo que estimuló la producción local de insumos, agroquímicos y medicamentos genéricos.

Por otro lado, las ramas que dejan de ser relevantes al excluir los flujos importados son precisamente aquellas que conforman el bloque metalmecánico-electrónico —otro equipo

de transporte ($\Delta c_{OT}^{out} = -26$), la industria electrónica ($\Delta c_{EL}^{out} = -23$), maquinaria y equipo ($\Delta c_{MYE}^{out} = -23$)—, además de servicios publicitarios ($\Delta c_{PUB}^{out} = -23$). La pérdida de centralidad de estas ramas expresa uno de los rasgos estructurales más persistentes de la economía argentina: la incapacidad histórica para consolidar un núcleo de bienes de capital y de equipamiento industrial con base tecnológica propia. Durante la etapa de industrialización sustitutiva se registraron avances parciales —particularmente en maquinaria agrícola, metalmecánica liviana e instrumental—, pero el país nunca completó el eslabón de producción de bienes de capital complejos ni desarrolló una base electrónica autónoma. Las reformas neoliberales de las décadas de 1970 y 1990 profundizaron este desmantelamiento, provocando la pérdida de capacidades de ingeniería y diseño acumuladas. En consecuencia, la electrónica argentina se configuró principalmente como un segmento ensamblador, de lógica similar a la maquila, dependiente de la importación de componentes y de la integración subordinada en cadenas globales de valor.

En Australia, las ramas más difusoras a nivel doméstico son servicios profesionales, científico y tecnológicos ($c_{PCYT}^{out} = 31$), finanzas ($c_{FIN}^{out} = 31$), comercio ($c_{CM}^{out} = 30$), maquinaria y equipo ($c_{MYE}^{out} = 25$), electrónica ($c_{EL}^{out} = 19$) y minería ($c_{MIN}^{out} = 19$). A diferencia del caso argentino, el núcleo difusor australiano integra actividades manufactureras y servicios avanzados orientados a la resolución de problemas tecnológicos de la minería y la energía. Este patrón refleja una articulación estrecha entre sectores de base natural y tecnológica, donde la demanda de las grandes corporaciones extractivas impulsó la consolidación del complejo METS, conformado por empresas locales de ingeniería, automatización y software que desarrollan soluciones adaptadas a las condiciones geológicas y logísticas del país. Pese a la dependencia de equipamiento pesado y sistemas integrados de automatización provistos por corporaciones multinacionales, la industria de maquinaria y equipo mantiene un papel destacado dentro del sistema tecnoeconómico australiano, funcionando como difusor doméstico de innovaciones aplicadas y como vector de aprendizaje tecnológico hacia otros sectores.

Las principales pérdidas se observan en química ($\Delta c_{QM}^{out} = -15$), automotriz ($\Delta c_{AUT}^{out} = -13$), equipamiento eléctrico ($\Delta c_{EE}^{out} = -13$) y farmacéutico ($\Delta c_{FC}^{out} = -10$). La menor difusión doméstica de la química responde a la ausencia de un complejo petroquímico integrado, pese a la disponibilidad de petróleo y gas natural. A diferencia de Brasil o

Argentina, Australia orientó la valorización de sus recursos energéticos hacia la exportación, sin desarrollar un entramado de transformación aguas abajo. En el caso automotriz, la apertura comercial y la desregulación iniciadas en los años setenta condujeron al progresivo desmantelamiento del sector, que culminó con el cierre de las últimas plantas de ensamblaje en la década de 2010. Estos procesos explican la pérdida de densidad industrial en ramas manufactureras tradicionales y el desplazamiento del núcleo difusor hacia servicios tecnológicos y actividades vinculadas a los recursos naturales.

En Brasil, el perfil difusor doméstico aparece mucho más diversificado. Se destacan servicios profesionales, científico y tecnológicos ($c_{PCYT}^{out} = 31$), química ($c_{QM}^{out} = 30$), digital ($c_{DIG}^{out} = 30$), automotriz ($c_{AUT}^{out} = 28$), maquinaria y equipo ($c_{MYE}^{out} = 23$), electrónica ($c_{EL}^{out} = 23$) y equipamiento eléctrico ($c_{EE}^{out} = 22$). A estas ramas debe sumarse la difusión doméstica desde ramas de enclave como son petróleo y gas ($c_{PTR}^{out} = 30$) y plástico y caucho ($c_{PYC}^{out} = 25$), que evidencian la capacidad de Petrobras y del complejo petroquímico para generar efectos difusores hacia el resto del sistema.

La fuerte presencia de ramas metalmecánicas y químicas dentro del núcleo difusor doméstico se corresponde con la densidad industrial alcanzada durante el ciclo de sustitución de importaciones y el desarrollo de una industria de bienes de capital relativamente robusta, sostenida por la acción del Estado y la banca pública de desarrollo.

Las pérdidas más marcadas se concentran en farmacéutica ($\Delta c_{FC}^{out} = -15$), otros equipos de transporte ($\Delta c_{OT}^{out} = -13$) y servicios publicitarios ($\Delta c_{PUB}^{out} = -23$). Resulta especialmente significativo que “otros equipos de transporte” —una rama que incluye tanto la producción aeronáutica (Embraer) como la fabricación de equipos para la explotación offshore de hidrocarburos— pierda centralidad doméstica al excluir las importaciones. Ello refuerza la idea de que Brasil combina núcleos altamente sofisticados pero sectorialmente aislados, verdaderas “islas de innovación”, donde el liderazgo tecnológico se sostiene sobre cadenas de aprovisionamiento globalizadas y una difusión interna limitada hacia el resto del entramado industrial.

Por último, Canadá exhibe una configuración intermedia. El núcleo difusor doméstico combina ramas motrices y vectoras — servicios profesionales, científico y tecnológicos ($c_{PCYT}^{out} = 30$), servicios digitales ($c_{DIG}^{out} = 30$), otros equipos de transporte ($\Delta c_{OT}^{out} = 23$),

maquinaria y equipo ($c_{MyE}^{out} = 19$), electrónica ($c_{EL}^{out} = 18$)— junto con comercio ($c_{CM}^{out} = 31$), y minería ($c_{MIN}^{out} = 18$). Este perfil es coherente con la trayectoria histórica del país, donde la ingeniería, los servicios tecnológicos y las manufacturas avanzadas han constituido los principales canales de difusión del conocimiento aplicado. Los servicios profesionales reúnen el amplio entramado de empresas de ingeniería y consultoría surgidas en torno a la minería y la energía, mientras que los servicios digitales heredan las capacidades del antiguo complejo de telecomunicaciones y electrónica desarrollado desde la posguerra. La maquinaria y equipo refleja la especialización en nichos manufactureros orientados a la adaptación tecnológica y los “otros equipos de transporte” y la electrónica conservan la impronta de las trayectorias vinculadas a la aeronáutica y la comunicación.

Por su parte, su mayor “fuga” tecnológicas se da en el sector automotriz ($\Delta c_{AUT}^{out} = -28$), lo cual se alinea con la inserción subordinada en CGV coordinadas desde Estados Unidos, donde el ensamble y partes no alcanzan para sostener difusión doméstica amplia. En sentido inverso, la persistencia difusora de bienes de capital especializados, los servicios de ingeniería para minería y las tecnologías asociadas al petróleo y gas no convencional muestran capacidades adaptativas que anclan parte de la difusión tecnológica dentro del SNI canadiense, aun bajo alta integración continental.

4.4.2.2. Perfil usuario de los STN

Al igual que lo se destacará para el análisis de los flujos de difusión tecnológica, las jerarquías de usuarios tecnológicos de las redes totales de los países seleccionados expresan con fuertes similitudes los patrones globales del cambio tecnológico. Esto es, se confirma en estos países que las industrias clasificadas como inducidas registran los grados de centralización más altos como usuarios de I+D. No obstante, aparece una diferencia importante respecto del escenario global lo cual era esperable para el recorte de los países analizados: las ramas primarias, entre otras ramas de enclave, ocupan un lugar destacado como usuarias de tecnología incorporada.

Si el análisis se centra sobre la centralidad de las ramas inducidas, en esta ocasión no hay una gran diferencia entre lo que ocurre con la centralización en la red doméstica y la red total y, por ende, este registro no da cuenta de diferencias relevantes entre los países. Por ello vale centrarse en lo que ocurre en otras ramas productivas.

Un escalón por debajo de las ramas inducidas, en Argentina destacan (aunque con valores muchos más bajos que en el resto de los países) el papel como usuario de automotriz ($c_{AUT}^{in} = 12$) y maquinaria y equipo ($c_{M\&E}^{in} = 9$) —del grupo de ramas vectoras— y hoteles y restaurantes ($c_{HYR}^{in} = 12$), agricultura ($c_{AGR}^{in} = 9$) y minería ($c_{MIN}^{in} = 9$) —del grupo de ramas de enclave—. No obstante, la diferencia de la centralidad usuaria de estas ramas comparada a sus valores cuando se agregan las tecnologías importadas es significativa. En particular, es llamativo el bajo peso de la agricultura siendo, después de química y plástico y caucho, la que registra una mayor “fuga” tecnológica vía importaciones ($\Delta c_{AGR}^{out} = -15$). En otras palabras, El bajo peso de la agricultura como usuaria de I+D doméstico, pese a su centralidad exportadora, evidencia la dependencia de insumos y equipamiento importado: biotecnología, maquinaria, semillas y agroquímicos provienen mayormente de corporaciones transnacionales. Este patrón refuerza la idea de un SNI orientado al agro pero tecnológicamente exógeno, donde la demanda innovadora se canaliza hacia el exterior en lugar de fortalecer proveedores locales.

En el caso australiano destacan como usuarios de tecnologías domésticas el sector de minería ($c_{MIN}^{in} = 27$), servicios profesionales, científicos y tecnológicos ($c_{PCYT}^{in} = 24$), agricultura ($c_{AGR}^{in} = 20$), finanzas ($c_{FIN}^{in} = 19$) y servicios administrativos ($c_{ADM}^{in} = 18$). Además de que lo destacado aquí frente al caso argentino está en una escala muy superior de valores de centralidad, conviene resaltar lo que ocurre con minería: a diferencia del caso argentino, en este caso el sector primario-exportador más destacado del país no solo sí se convierte en un centro demanda de tecnologías domésticas relevante sino el de mayor importancia. Esto refleja la existencia de un ecosistema tecnoeconómico articulado en torno a recursos naturales, donde empresas locales de ingeniería, software y maquinaria proveen soluciones adaptadas a la geología y logística minera. A diferencia del caso argentino, la alta centralidad usuaria de la minería muestra que la renta de los recursos retroalimenta el aprendizaje interno, impulsando encadenamientos aguas arriba y una demanda de innovación que alimenta el desarrollo de capacidades domésticas.

Para Brasil las principales industrias usuarias de tecnología domésticas son la química ($c_{QM}^{in} = 19$), la agricultura ($c_{AGR}^{in} = 18$), hoteles y restaurantes ($c_{HYR}^{in} = 18$), petróleo ($c_{PTR}^{in} = 17$), automotriz ($c_{AUT}^{in} = 16$), metales básicos ($c_{MTB}^{in} = 16$) y minería ($c_{MIN}^{in} = 16$). De nuevo, se resalta la presencia como usuarios de tecnologías domésticas de las

industrias primario-exportadoras que se había advertido históricamente han definido el perfil de inserción del comercio mundial del país. A esto se puede sumar la incidencia de la centralidad usuaria que también adquieren las ramas aguas abajo —petróleo y gas (PyG) y alimentos (ALI)— se da una perspectiva más completa de la centralidad que estas ramas tienen en el traccionamiento de tecnologías domésticas.

Finalmente, las principales ramas usuarias de tecnologías domésticas de Canadá son finanzas ($c_{FIN}^{in} = 15$), minería ($c_{MIN}^{in} = 15$), automotriz ($c_{AUT}^{in} = 14$), servicios profesionales, científicos y tecnológicos ($c_{PCYT}^{in} = 13$), servicios administrativos ($c_{ADM}^{in} = 12$) y agricultura ($c_{AGR}^{in} = 12$). Nuevamente, el patrón de diferencia que se ha resaltado de Australia y Brasil con respecto al caso argentino se repite: los sectores primario-exportadores que dominan el perfil de inserción comercial del país de América del Norte se convierten en demandantes relevantes de tecnologías producidas domésticamente.

Tabla 6. Densidad, Centralización y Centralidad de la red tecnoeconómica de países seleccionados⁵⁷

Grupo	Industria	ARG				AUS				BRA				CAN			
		dom		tot		dom		tot		dom		tot		dom		tot	
		in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out
Vector	AUT	12	16	25	31	5	17	15	30	16	28	21	30	14	0	22	28
	MyE	9	8	21	31	5	25	11	30	12	23	18	30	7	19	16	29
	PCyT	7	30	19	31	24	31	27	31	13	31	17	31	13	30	21	31
Motor	DIG	1	19	9	28	12	12	16	20	3	30	9	30	5	30	13	31
	EE	2	16	10	30	3	13	8	26	10	22	14	28	4	5	8	27
	EL	5	8	19	31	3	19	7	30	7	23	16	30	3	18	8	31
	FC	2	20	12	29	4	10	8	20	4	13	8	27	4	2	6	27
	MTB	3	9	11	28	8	5	18	20	16	19	19	27	9	7	19	22
	OT	0	0	7	26	6	11	14	21	10	15	11	28	5	23	15	30
	PUB	5	0	15	23	7	15	11	20	7	2	10	27	6	16	12	26
	QM	7	24	24	31	4	15	9	30	19	30	22	31	6	16	16	31
Inducido	ALI	17	3	25	8	22	7	27	10	20	9	24	11	17	3	22	6
	CM	14	6	26	21	27	30	29	31	21	0	25	13	18	31	27	31
	CT	15	0	27	0	30	13	30	13	22	0	26	0	23	6	28	6
	INM	5	0	12	0	25	8	28	8	8	0	14	0	23	0	29	0
	SV	20	0	27	0	30	8	30	8	23	0	26	0	26	0	29	0
	TRyA	15	2	25	6	26	11	29	11	19	0	24	0	19	5	26	7
Enclave	ADM	7	0	21	1	18	14	26	14	15	0	20	2	12	8	20	8
	AGR	9	6	24	12	20	9	25	11	18	7	22	10	12	5	22	17
	FIN	4	5	17	16	19	31	25	31	11	0	19	5	15	10	22	15
	HyR	12	0	23	0	17	0	25	0	18	0	23	0	10	0	22	0
	MAD	1	0	5	2	5	3	11	4	2	2	3	2	6	4	14	5
	MIN	9	5	20	26	27	19	29	25	16	11	21	24	15	18	23	25
	MNM	2	10	12	16	6	13	12	14	11	15	17	18	4	3	10	7
	OMT	2	0	12	13	5	6	9	11	14	19	22	22	5	11	17	20
	PAP	6	5	18	15	4	10	13	12	9	18	17	23	7	9	17	14
	PM	3	3	13	21	7	14	18	19	11	15	16	19	6	15	15	22
	PTR	7	1	18	15	6	4	9	8	17	30	22	31	7	0	18	5
	PyC	3	12	19	27	5	7	10	23	6	25	16	28	5	8	13	24
	SVP	7	12	19	21	17	15	21	16	16	17	19	22	11	16	19	17
	TEX	5	1	18	9	3	2	4	6	11	1	19	6	1	0	5	6
	TLC	5	0	17	22	12	15	16	17	9	9	16	21	5	5	14	20
Centralización		0,44	0,77	0,31	0,44	0,57	0,60	0,41	0,44	0,34	0,60	0,27	0,43	0,53	0,70	0,37	0,44
Densidad		0,22		0,57		0,42		0,57		0,42		0,58		0,33		0,57	

Fuente: Elaboración propia

⁵⁷ Los encadenamientos tecnológicos bilaterales que conforman los grados de centralidad que se describen en la tabla 3 se encuentran representados en mapas de calor en el anexo 5 (figura A4, A5, A6 y A7).

4.5. Resumen y conclusiones

El capítulo 4 articuló el análisis empírico a partir de la MTEI con el propósito de examinar, de forma comparada, los flujos de I+D incorporado de un Sistema Tecnológico Nacional periférico —como el argentino— frente a los de economías semiperiféricas que comparten una inserción primario-exportadora. Más allá de su naturaleza estática, las matrices tecnoeconómicas demostraron ser una herramienta eficaz para captar huellas estructurales de largo plazo, expresando en su configuración actual la sedimentación de trayectorias históricas divergentes.

Partiendo de condiciones iniciales similares —dotación abundante de recursos naturales, industrialización tardía e inserción subordinada en el sistema mundial—, los países analizados desarrollaron configuraciones tecnoeconómicas heterogéneas. En el caso argentino, la red doméstica refleja un STN desarticulado y dependiente de la importación de tecnologías clave: la difusión del conocimiento se concentra en servicios profesionales, químicos y farmacéuticos, con escasa capacidad de arrastre hacia la maquinaria y la electrónica. Este perfil se asocia a una industrialización trunca y, sobre todo, a la desarticulación institucional derivada de sucesivas oleadas de apertura y políticas neoliberales, que debilitaron las capacidades manufactureras acumuladas. No obstante, la persistencia de complejos agroindustriales y químicos evidencia la supervivencia de núcleos parciales de aprendizaje.

En contraste, las economías semiperiféricas —Australia, Brasil y Canadá— muestran mayores grados de integración y densidad tecnológica, aunque con núcleos endógenos de alcance selectivo. En Australia, el entramado METS refleja una especialización en servicios tecnológicos extractivos con capacidades locales en ingeniería, pero con alta dependencia de insumos y demanda externos. En Canadá, la articulación industrial se concentra en complejos de aeronáutica, energía y minería, con fuerte participación de filiales transnacionales que limitan la autonomía nacional sobre la innovación. Brasil exhibe una base industrial más amplia y diversificada, donde conviven polos de alta densidad tecnológica —petroquímica, aeronáutica y agroindustria— con amplios sectores de baja articulación, sostenidos por la acción de empresas públicas y del BNDES, pero tensionados por la internacionalización del capital.

El SNA permitió vincular estas configuraciones actuales con los procesos históricos de industrialización, apertura y reconversión. Argentina y Brasil, pese a su origen común, divergieron por la continuidad institucional y la persistencia de políticas de largo plazo en el segundo caso. Australia y Canadá, por su parte, conservaron estructuras industriales más estables, apoyadas en la diversificación de recursos y en contextos geopolíticos que mitigaron la restricción externa. La salida neoliberal argentina, en cambio, representó la ruptura más abrupta, interrumpiendo la acumulación de capacidades y profundizando la dependencia tecnológica.

Estos hallazgos validan las hipótesis 3 y 4. En primer lugar, confirman que superar una inserción periférica exige la construcción de núcleos endógenos de industrias difusoras capaces de generar encadenamientos domésticos y reducir la dependencia externa (H3). Sin embargo, también muestran que dichos núcleos, incluso en los países semiperiféricos, son parciales y selectivos, y que su consolidación depende de condiciones estructurales e institucionales favorables. En segundo lugar, la evidencia demuestra que las matrices tecnoeconómicas cristalizan trayectorias histórico-materiales (H4): allí donde existieron procesos acumulativos de aprendizaje y coordinación institucional, las redes aparecen densas e integradas; donde prevalecieron rupturas y dependencia, surgen vacíos estructurales y fracturas en la difusión tecnológica.

En síntesis, el capítulo 4 muestra que las desigualdades tecnológicas internacionales no solo se reproducen a través de flujos contemporáneos, sino que expresan la historia acumulada de cada sistema nacional: la interacción entre estructura productiva, política estatal y contexto global. Las matrices tecnoeconómicas permiten, en este sentido, condensar esas trayectorias y ofrecer una representación estructural del cambio, mostrando cómo la historia económica y las jerarquías globales se inscriben en la propia morfología del conocimiento incorporado.

Conclusiones y reflexiones finales

El objetivo central fue explicar la configuración del perfil tecnoeconómico de Argentina a partir de un análisis del carácter estructurado y jerarquizado de la difusión internacional de tecnología, en el marco de las mutaciones contemporáneas del paradigma tecnoeconómico. Para ello, se combinó un esfuerzo por repensar las categorías de distintos abordajes del progreso técnico y el cambio estructural con desarrollos metodológico-empíricos capaces de dar cuenta del fenómeno estudiado. De esta manera, la tesis avanzó entre las potencialidades y los límites de una herramienta estadístico-analítica como la MIP y un conjunto heterogéneo de marcos teóricos integrados bajo un mismo interrogante.

Al igual que las matrices insumo-producto constituyen una fotografía estática de un proceso secuencial —el de la formación y expansión de los encadenamientos productivos—, el objetivo de esta tesis puede entenderse también como la imagen final de un recorrido más amplio y dinámico. En ambos casos, la “foto” condensa una historia: así como las matrices capturan en un único momento los efectos acumulados de interacciones productivas que se desarrollan en el tiempo, el objetivo sintetiza el resultado de un proceso intelectual de construcción y depuración conceptual que avanzó mediante un diálogo constante entre teoría y evidencia, entre las posibilidades técnicas de una herramienta analítica y la búsqueda de un marco teórico capaz de sostenerlas.

El principal aporte de la tesis

El mayor aporte de esta tesis es de naturaleza teórico-metodológica. El punto de partida fue reconocer que existía una herramienta de enorme potencia analítica —la matriz tecnoeconómica— que había sido subutilizada para abordar las preguntas fundamentales sobre el desarrollo desigual de las naciones. Como se discutió en la sección 2.3, buena parte de los estudios previos centrados en matrices de flujos tecnológicos carecía de un anclaje teórico sólido: su marco conceptual se apoyaba superficialmente en el enfoque neoschumpeteriano y rara vez dialogaba con las tradiciones estructuralistas o con las perspectivas de economía política internacional.

El desafío que asumió esta tesis fue precisamente superar ese sesgo, desarrollando una articulación coherente entre diversos marcos conceptuales —neoschumpeterianos, estructuralismo clásico y latinoamericano, y teoría del sistema-mundo— que permitiera construir categorías analíticas operables dentro de la metodología de matrices tecnoeconómicas.

Por un lado, ello supuso un esfuerzo de integración teórica materializado en la arquitectura del capítulo 1. En términos secuenciales, el razonamiento teórico de la tesis parte de la asimetría del espacio económico generada por fuerzas de inducción heterogéneas entre sectores productivos (Hirschman y Perroux), para luego incorporar la dimensión histórico-temporal del cambio técnico a través de los paradigmas tecnoeconómicos (Pérez), que permiten explicar cómo cada revolución tecnológica reconfigura las oportunidades y restricciones del desarrollo. Sobre esa base, se suma la dimensión territorial-nacional mediante los conceptos de SNI y STN, donde el aprendizaje y la difusión se institucionalizan en marcos nacionales específicos. Finalmente, la tesis avanza hacia una comprensión de las relaciones centro-periferia que trasciende las explicaciones puramente tecnoproductivas o deterministas, al situar la desigualdad tecnológica dentro de un sistema de acumulación mundial con dinámicas endógenas que reproducen dichas asimetrías por mecanismos sobre los cuales la especialización productiva de los países se transforma, al mismo tiempo, en causa y efecto. En este recorrido, la formulación del concepto de STN-p constituye una síntesis de este entrelazamiento teórico, al combinar categorías de la economía estructuralista con aportes de la teoría evolucionista y del sistema-mundo.

Por otro lado, la instrumentación empírica de esas categorías exigió, en primer lugar, la construcción de una MTEI con representación verdaderamente mundial, en coherencia con un principio clave del marco conceptual: tanto la noción de paradigma tecnoeconómico de Carlota Pérez como la de centro-periferia comparten la premisa de que su unidad de análisis es global. La tarea implicó un arduo proceso de recolección y homogeneización de bases de datos, combinando matrices insumo-producto internacionales con información sectorial de I+D (véase sección 2.4). El resultado fue una base inédita: la segunda MTEI elaborada hasta la fecha, incorporando 35 economías de distintos niveles de ingreso —incluyendo centros, semiperiferias y periferias como Argentina, Brasil, Chile, México, China, India o Rusia— y 32 sectores de actividad, lo que permite representar con mayor precisión las heterogeneidades estructurales y

tecnológicas del sistema mundial. Esta ampliación no es meramente cuantitativa: constituye la condición necesaria para aplicar de manera consistente la noción de centro-periferia en un marco comparativo, al integrar en un mismo espacio tecnoeconómico países que ocupan posiciones estructurales divergentes dentro de la jerarquía global.

Este ejercicio permitió reorientar el uso analítico de la matriz tecnoeconómica: mientras que los estudios previos se apoyaban principalmente en el enfoque neoschumpeteriano —limitados a la escala doméstica y con escasa atención a los condicionamientos internacionales—, esta tesis propuso una lectura estructural del cambio tecnológico, capaz de captar los flujos de conocimiento incorporado que configuran las interdependencias tecnológicas entre países. En ese sentido, la MTEI no solo cuantifica la intensidad del I+D incorporado en los intercambios sectoriales, sino que visibiliza las formas materiales de la dependencia tecnológica, articulando la tradición estructuralista con la medición contemporánea del cambio técnico.

La instrumentación de categorías teóricas —como centro, semiperiferia y periferia en el plano de los países, o ramas motrices, vectoras, inducidas y de enclave en el plano sectorial— les otorgó una dimensión empírica y comparativa, revitalizando su sentido analítico. En este sentido, el aporte teórico-metodológico de la tesis no se limita a la propuesta de un instrumento empírico, sino que ofrece una nueva forma de pensar y medir la desigualdad tecnológica global desde una perspectiva estructuralista renovada.

Contrastación de hipótesis en la empírea

El análisis desarrollado en los capítulos 3 y 4 constituye la prueba material del enfoque propuesto, al demostrar que la estructura internacional de flujos de I+D incorporado refleja trayectorias históricas diferenciadas y jerarquías persistentes en la difusión de los paradigmas tecnoeconómicos. En esa articulación entre teoría, método y evidencia se asienta la principal contribución de esta tesis, y es precisamente ello lo que da paso al segundo eje de las conclusiones.

Jerarquía mundial de la difusión tecnológica y evaluación de las hipótesis 3 y 4

En una primera escala, el capítulo 3 analizó la red mundial de flujos de tecnología incorporada, permitiendo observar la jerarquía que adopta la difusión del conocimiento en el actual paradigma tecnoeconómico. Los resultados muestran que el núcleo difusor del sistema se concentra en un reducido conjunto de ramas productivas, algunas de las

cuales emergen directamente del paradigma TIC —como la electrónica (EL) y los servicios digitales (DIG)—, mientras que otras deben su centralidad a procesos de rejuvenecimiento tecnológico que reconfiguraron industrias motrices de paradigmas previos, como la maquinaria y equipo (MyE), la química (QM) y la automotriz (AUT). A ellas se suman los servicios profesionales, científicos y tecnológicos (PCyT), cuya expansión acompaña el creciente grado de división social del trabajo incluso en las actividades innovadoras, brindando soporte técnico, ingenieril y de consultoría a sectores industriales y extractivos según la trayectoria tecno-productiva y el SNI de cada país.

Este hallazgo confirma la Hipótesis 1: la llegada y difusión de un nuevo paradigma tecnoeconómico no debe concebirse como un proceso puramente de “destrucción creativa”, sino como una dinámica de creación acumulativa y polarizada, donde conviven industrias heredadas y reconvertidas —renovadas a la luz de las nuevas tecnologías— con sectores emergentes de frontera. Desde el punto de vista del desarrollo, esto demuestra que el perfil sectorial de los países importa: la trayectoria industrial previa y, en particular, la preservación de una base manufacturera diversificada, condicionan la capacidad para absorber y difundir el nuevo conocimiento. Los KIBS cumplen un rol creciente en el soporte de estos procesos, pero su expansión depende de la existencia de una estructura material que los demande y retroalimente. Como se mencionará más adelante, esto último se reforzó al estudiar los casos de Argentina, Australia, Brasil y Canadá.

El análisis empírico también permitió constatar las distancias tecnológicas y las interdependencias materiales que sostienen dichas desigualdades. El ejercicio de clusterización, que definió cuatro grupos funcionales de países, no arrojó una estructura tripartita de manera automática, sino que respondió a una decisión analítica guiada por la interpretación teórica de los indicadores. Aun así, los resultados corroboran parcialmente la Hipótesis 2, que planteaba la persistencia de una jerarquía funcional en la difusión del conocimiento, al identificar dos bloques relativamente homogéneos en su interior y diametralmente opuestos entre sí: el centro y la periferia.

El centro —integrado por economías como China, Alemania, Japón, Corea y Estados Unidos— se caracteriza por un alto nivel de autosuficiencia tecnológica, intensidad en I+D y capacidad difusora, combinando escala productiva y eficiencia en la incorporación y transmisión de tecnología. La periferia —conformada por Argentina, Chile, México, Estonia, Lituania y Rumania— exhibe, en cambio, bajos niveles de intensidad tecnológica

y alta dependencia de importaciones de I+D, con estructuras dominadas por ramas inducidas o de enclave. Entre ambos polos se ubica un conjunto de semiperiferias tecnológicas, con mayor heterogeneidad interna, por lo que se distinguieron dos subconjuntos: una semiperiferia alta, integrada por países con núcleos endógenos parciales y presencia en sectores difusores (Australia, Brasil, Canadá o Rusia), y una semiperiferia baja, compuesta por economías de industrialización intermedia o tardía (India, Polonia, Portugal o Turquía) dependientes de cadenas globales lideradas por los centros. Este estrato intermedio demuestra que existe, para las economías periféricas, un espacio acotado pero real de movilidad estructural dentro del sistema mundial, siempre que logren articular capacidades tecnológicas domésticas en sectores difusores.

Desde una perspectiva agregada, la estructura de flujos muestra que en la mayoría de los países predominan los vínculos tecnológicos nacionales, lo que confirma la persistencia de proximidades territoriales, institucionales y culturales en los procesos de aprendizaje e innovación, como destacaba la literatura sobre SNI. Sin embargo, las excepciones no son anecdóticas: los sectores más internacionalizados —con flujos tecnológicos más intensos entre países— corresponden a la electrónica (EL) y las manufacturas de transporte (AUT y OT), seguidas en un nivel intermedio por maquinaria y equipo (MyE), mientras que los servicios digitales (DIG) y los PCyT exhiben interacciones internacionales más acotadas. Este patrón indica que la interdependencia global se organiza en torno a un núcleo material-industrial, mientras que los servicios intensivos en conocimiento —dependientes de contextos institucionales y organizacionales locales— tienden a mantener una base doméstica. Ello implica que la expansión de estos servicios no rompe con la dependencia estructural, pero sí abre espacios selectivos de aprendizaje basados en capacidades locales.

Al focalizar el análisis sobre las ramas núcleo, los desequilibrios tecnológicos que definen los diferentes grados de autosuficiencia entre países centro y periféricos se concentran en las tecnologías incorporadas en EL, MyE y AUT. A partir de sus encadenamientos se explica la persistencia de asimetrías estructurales entre países con núcleos endógenos consolidados y aquellos cuya estructura productiva no logra reproducir internamente el ciclo de innovación. En otras palabras, los resultados del capítulo corroboran empíricamente lo que en el marco teórico se planteó en términos del “diamante de Pavitt”: los STN-p tienden a caracterizarse por un diamante incompleto o fragmentado, al carecer de una base sólida en las categorías sectoriales que más contribuyen a la difusión

intersectorial de innovaciones —particularmente, las industrias basadas en ciencia (EL) y las proveedoras especializadas (MyE)—. La debilidad de estos pilares limita la articulación funcional entre los sectores motrices, vectoras e inducidos y, con ello, la posibilidad de un proceso sostenido de acumulación tecnológica endógeno.

Trayectorias nacionales y evaluación de las hipótesis 3 y 4

El capítulo 4 trasladó el análisis a la escala nacional, examinando cómo las jerarquías tecnológicas globales se expresan en configuraciones concretas de los STN. A partir del estudio comparado de Australia, Brasil, Canadá y Argentina, se reconstruyeron los procesos históricos y tecnoeconómicos que explican por qué estos países —compartiendo una abundante dotación de recursos naturales y una inserción exportadora basada en ellos— siguieron trayectorias divergentes en la articulación entre recursos, industria y conocimiento. El objetivo fue delimitar hasta qué punto las diferencias acumuladas en industrialización, aprendizaje y política tecnológica configuraron distintos grados de autonomía tecnoeconómica, situando a Australia, Brasil y Canadá en posiciones semiperiféricas, aunque con núcleos endógenos de alcance parcial, y a Argentina en la periferia.

Estas divergencias responden tanto a condiciones estructurales internas —como la escala productiva, la composición sectorial, la dotación y el tipo de recursos naturales, los patrones de inserción internacional y las trayectorias de acumulación de capacidades— como a factores institucionales y geopolíticos que moldearon las posibilidades de aprendizaje y articulación entre Estado, sistema CyT y sector productivo. En Australia y Canadá, la ausencia de una restricción externa severa permitió sostener políticas de largo plazo y estrategias de diversificación exportadora. Sin embargo, sus núcleos endógenos permanecen acotados: en Australia, el entramado METS exhibe alta especialización en servicios tecnológicos extractivos, pero depende de demanda externa y de insumos importados de alta complejidad; en Canadá, la articulación industrial se concentra en complejos específicos —como aeronáutica, energía y minería— con una fuerte participación de filiales extranjeras, lo que limita la autonomía nacional sobre los procesos de innovación. Brasil, pese a haber desarrollado una base industrial más amplia y capacidades tecnológicas en sectores estratégicos (petroquímica, aeronáutica, agroindustria), mantiene una estructura productiva heterogénea, donde conviven polos de alta densidad tecnoeconómica con amplios segmentos dependientes y de baja articulación.

Argentina, en cambio, exhibe los rasgos típicos de un STN-p desarticulado: una industrialización incompleta, una apertura temprana y una alta dependencia tecnológica que debilitan los vínculos entre sectores motrices y vectoras. Aunque existen polos dinámicos —como el complejo químico-farmacéutico o ciertos segmentos agroindustriales—, estos operan de manera fragmentada y sin la conformación de un núcleo endógeno articulador.

El SNA permite visualizar esta morfología: las economías semiperiféricas presentan una mayor densidad y coherencia en sus vínculos de I+D incorporado, con ramas pivote —en el sentido de Fajnzylber— que difunden tecnología aguas abajo y retroalimentan la acumulación de capacidades en la base productiva. En Argentina, la red doméstica muestra baja conectividad y una marcada dependencia de flujos externos, lo que evidencia que la innovación se internaliza principalmente a través de importaciones.

Estos resultados validan la Hipótesis 3, al mostrar que superar una inserción periférica depende de la capacidad de construir núcleos endógenos de industrias difusoras capaces de reducir la dependencia tecnológica y generar encadenamientos innovativos domésticos. Sin embargo, también revelan que dichos núcleos, incluso en los países semiperiféricos, tienen un alcance selectivo y restringido: no abarcan al conjunto del sistema productivo, sino que se concentran en complejos puntuales y dependen de condiciones externas favorables.

Asimismo, el análisis contrasta la Hipótesis 4, al evidenciar que las matrices tecnoeconómicas cristalizan las trayectorias histórico-materiales de los países: donde la historia dejó circuitos de aprendizaje densos y coordinación institucional sostenida, la matriz exhibe redes tecnológicas integradas; donde prevalecieron rupturas, desindustrialización y dependencia, se observan fracturas y vacíos estructurales. En este sentido, la MTEI opera como una síntesis estructural del cambio tecnoeconómico, revelando tanto las fortalezas —difusión doméstica, densidad de encadenamientos— como las debilidades —difusión exógena, dependencia— heredadas de los procesos históricos de industrialización, apertura y recomposición institucional.

En conjunto, la validación de las hipótesis 3 y 4 refuerza la hipótesis general de la tesis: la posición de un país en la jerarquía mundial resulta de la articulación histórica entre su estructura material —ramas pivote, encadenamientos y base manufacturera— y sus arreglos institucionales —política productiva, científica y tecnológica, y rol del Estado—

. Las matrices tecnoeconómicas constituyen, por tanto, una herramienta adecuada para medir y comparar esas articulaciones, reflejando en su estructura empírica los procesos históricos de formación, ruptura y recomposición del desarrollo.

Emergencia de interrogantes de investigación y agenda futura

La tesis desarrolló un instrumento analítico robusto —la MTEI— que articula el análisis insumo-producto con las tradiciones estructuralista y evolucionista. Su aplicación abre nuevas preguntas sobre las dimensiones institucionales, históricas y de poder que configuran los flujos tecnológicos, invitando a extender la investigación hacia los actores y procesos que los sostienen.

Se delinean a continuación tres dimensiones de investigación futura que buscan ampliar el potencial explicativo de la metodología desarrollada, orientadas hacia una comprensión más integral del desarrollo desigual y de los encadenamientos tecnológicos.

Recursos naturales, encadenamientos tecnológicos y núcleo endógeno

La primera línea de investigación se orienta hacia un enfoque aplicado y busca profundizar el análisis de los encadenamientos tecnológicos de base natural, temática ya abordada en el plan de investigación posdoctoral. En el contexto argentino, el potencial mundial de los hidrocarburos no convencionales y del litio plantea nuevos interrogantes sobre el papel de los recursos naturales en la construcción de capacidades industriales y tecnológicas.

A la luz de los hallazgos de la tesis, resulta particularmente relevante comparar los encadenamientos que se forman en torno a estos complejos emergentes con los ya consolidados en el ámbito agroindustrial, donde la Argentina logró articular —aunque de manera parcial— un entramado de proveedores locales de maquinaria e insumos con cierto grado de autonomía tecnológica. Dadas las diferencias entre las actividades extractivas (minería, hidrocarburos, etc.) y las de base agropecuaria —en cuanto a las condiciones naturales de los recursos, los requerimientos tecnológicos e institucionales, los horizontes de inversión y los mercados que atienden—, su potencial para generar encadenamientos de distinto alcance y perfil también es desigual.

Explorar esas diferencias constituye un debate necesario para pensar estrategias de desarrollo en países periféricos. Al mismo tiempo, un mayor foco sobre cadenas de valor específicas permitirá incorporar una perspectiva de sociología económica e institucional

que amplíe la comprensión de los (des)encadenamientos tecnoeconómicos más allá de sus condiciones materiales. En este marco, el estudio de los bienes de capital y los servicios tecnológicos extractivos ofrece un terreno fértil para examinar empíricamente las condiciones bajo las cuales los recursos naturales pueden transformarse en motores de desarrollo y para analizar el papel del Estado —nacional y subnacional— en la orientación de dichos procesos.

Profundización tecno–metodológica, dinámica temporal y geopolítica tecnológica

La segunda línea surge del propio potencial del enfoque teórico y metodológico desarrollado. La MTEI elaborada en la tesis ofrece una representación estructural sólida, aunque estática, correspondiente al año 2016. En un contexto de aceleradas transformaciones —marcado por el avance de la inteligencia artificial, la industria 4.0, la automatización y el reposicionamiento tecnológico de China—, una continuidad natural consiste en desarrollar una serie temporal de matrices tecnoeconómicas con cobertura bienal o decenal, que permita analizar la evolución dinámica de los vínculos intersectoriales y las jerarquías internacionales.

Este desarrollo posibilitaría observar la reconfiguración de los núcleos difusores, mejorar la precisión de las mediciones mediante técnicas de análisis de redes más sofisticadas (intermediación, modularidad, resiliencia) y aprovechar los avances en la cobertura y calidad de las estadísticas sectoriales de I+D.

A su vez, la profundización del análisis de los flujos tecnoeconómicos a escala internacional abre el camino para incorporar una lectura geopolítica de la jerarquía tecnológica mundial. La distribución internacional de las actividades con mayor capacidad de captura de excedente no depende solo de diferencias de productividad o capacidades, sino también de las formas de gobernanza global que estructuran el sistema económico internacional. Siguiendo la lectura de Arrighi y Drangel (1986), la estructura centro-semiperiferia-periferia refleja tanto la localización diferenciada de capacidades como la posición de cada país en el sistema de reglas que define quién captura y quién transfiere el excedente global.

Desde esta perspectiva, resulta pertinente indagar cómo los regímenes de gobernanza tecnológica, comercial y financiera —como los sistemas de propiedad intelectual, los estándares internacionales, las redes de financiamiento de la innovación y las cadenas globales de valor— condicionan la localización de las actividades estratégicas y la

distribución internacional de la renta tecnológica. Integrar estos elementos al análisis permitirá vincular los resultados de la MTEI con una lectura geoestratégica del poder, reintroduciendo en el debate sobre los STN la dimensión política de la competencia tecnológica mundial.

La industria de bienes de capital en países de inserción primario-exportadora

Uno de los hallazgos más significativos de la tesis radica en la constatación de que la principal diferencia entre la Argentina y el resto de los países analizados reside en la ausencia de una industria doméstica de bienes de capital con capacidad difusora de tecnologías incorporadas. Retomar el debate sobre la relación entre bienes de capital y desarrollo económico, a la luz de los resultados obtenidos y desde la perspectiva de los paradigmas tecnoeconómicos contemporáneos, permite reinterpretar el papel de las industrias vectoras en la formación de núcleos endógenos de dinamización tecnológica, en un contexto de globalización productiva y profundización del paradigma TIC, que da lugar a la Industria 4.0 como forma de modernización de los espacios de producción de bienes.

Esta línea de trabajo se abre en dos direcciones complementarias.

En primer lugar, en el plano teórico, invita a repensar la jerarquía entre las ramas motrices y vectoras dentro de los sistemas tecnoeconómicos nacionales. Para los países periféricos y semiperiféricos, podría resultar más estratégico consolidar una base vectora sólida —capaz de adaptar, reproducir y difundir el progreso técnico— antes que aspirar a competir directamente en las ramas motrices, donde la brecha tecnológica con los centros es cada vez más amplia. Ello implicaría concebir la industria de bienes de capital no solo como soporte material del cambio técnico, sino como un vehículo de autonomía relativa dentro del sistema mundial de innovación.

En segundo lugar, en el plano histórico-comparado, se propone profundizar el estudio de los condicionantes estructurales e institucionales que influyen en el desarrollo de la industria doméstica de bienes de capital en países con inserción primario-exportadora. Dado que la Argentina constituye un caso donde esta industria mostró una fragilidad persistente frente a otras economías de recursos naturales (como Brasil, Canadá o Australia), resulta relevante identificar las configuraciones productivas, políticas e institucionales que explican la emergencia —o el bloqueo— de sectores difusores de tecnología en contextos periféricos.

En definitiva, el trabajo deja planteado un programa de investigación que trasciende la mera descripción de los flujos tecnológicos y avanza hacia una comprensión integral del sistema tecnoeconómico mundial —y, en particular, de los STN de los países periféricos— como una estructura histórica, política y material, en la cual las desigualdades en la producción y difusión del conocimiento reflejan trayectorias acumuladas, estrategias nacionales y relaciones de poder que continúan configurando la economía global del siglo XXI.

Bibliografía

- Abeles, M., Lavarello, P., & Montagu, H. (2018). Brechas tecnológicas y restricción externa en Argentina durante los tempranos 2000: un análisis heurístico. *Semestre Económico*, 21(47), 123–146.
- Abernathy, W. J., & Utterback, J. M. (1978). Patterns of industrial innovation. *Technology Review*, 80(7), 40–47.
- Akhabbar, A. (2008). La matrice russe—Les origines soviétiques de l'analyse input-output, 1920-1929 (The Russian Matrix—About the Soviet Origins of Input-Output Analysis, 1920-1929). *Courrier Des Statistiques*, 123, 23–26.
- Allen, R. C. (2003). *A Reinterpretation of the Soviet Industrial Revolution* (Vol. 29). Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1mjqt0>
- Amsden, A. H. (1977). The division of labour is limited by the type of market: The case of the Taiwanese machine tool industry. *World Development*, 5(3), 217–233.
- Amsden, A. H. (1992). *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0195076036.001.0001>
- Andersen, A. D., Johnson, B., Marín, A., Kaplan, D., Stubrin, L. I., Lundvall, B. Å., & Kaplinsky, R. (2015). *Natural resources innovation and development*. Aalborg University.
- Andersen, E. S. (1996). From Static Structures to Dynamics: Specialization and Innovative Linkages. In C. DeBresson (Ed.), *Economic Interdependence and Innovative Activity* (pp. 333–355). Edward Elgar.
- Anzolin, G. (2021). *Productive development policies in the mining value chain: policy opportunity and alignment*.
- Archibugi, D. (2016). Blade Runner economics: will innovation lead the economic recovery? *Research Policy*, 46(3), 535–543.
- Arora, A., Branstetter, L. G., & Drev, M. (2013). Going Soft: How the Rise of Software-Based Innovation Led to the Decline of Japan's IT Industry and the Resurgence of Silicon Valley.

The Review of Economics and Statistics, 95(3), 757–775.
https://doi.org/10.1162/REST_a_00286

- Arrighi, G., & Drangel, J. (1986). The stratification of the world-economy: an exploration of the semiperipheral zone. *Review (Fernand Braudel Center)*, 10(1), 9–74.
- Baer, W. (1979). *The Brazilian Economy*. University of Florida. Press.
- Bekerman, M., & Dalmasso, G. (2014). Políticas productivas y competitividad industrial: El caso de Argentina y Brasil. *Brazilian Journal of Political Economy*, 34, 158–181.
- Bell, S. (1995). The politics of economic adjustment: explaining the transformation of industry-state relationships in Australia. *Political Studies*, 43(1), 22–47.
- Belykh, A. A. (1989). A note on the origins of input-output analysis and the contribution of the early soviet economists: Chayanov, Bogdanov and Kritsman. *Soviet Studies*, 41(3), 426–429.
- Block, F. L., & Keller, M. R. (2011). *State of Innovation The U.S. Government's Role in Technology Development*. Routledge.
- Blomström, M., & Meller, P. (1991). *Diverging Paths: Comparing a Century of Scandinavian and Latin American Economic Development*. Inter-American Development Bank; Johns Hopkins University Press.
- Bombardi, L. M. (2019). *Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia*. Universidade de São Paulo, Laboratório de Geografia Agrária (FFLCH-USP).
- Braun, O., & Joy, L. (1968). A model of economic stagnation—a case study of the Argentine economy. *The Economic Journal*, 78(312), 868–887.
- Breschi, S., Lissoni, F., & Malerba, F. (2003). Knowledge-relatedness in firm technological diversification. *Research Policy*, 32(1), 69–87.
- Breschi, S., Malerba, F., & Orsenigo, L. (2000). Technological regimes and Schumpeterian patterns of innovation. *The Economic Journal*, 110(463), 388–410.
- Brookfield, H. (2012). *Interdependent development*. Routledge.
- Butlin, N. G. (1962). *Australian domestic product, investment and foreign borrowing: 1861-1938/39*. Cambridge University Press.

- Cardozo, F. H., & Faletto, E. (1969). *Dependencia y desarrollo en América Latina: Ensayo de interpretación sociológica*. Siglo XXI Editores.
- 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.
- Ceceña, A. E., Palma, L., & Amador, E. (1995). La electroinformática: núcleo y vanguardia del desarrollo de las fuerzas productivas. In *Producción estratégica y hegemonía mundial* (pp. 52–140). Siglo XXI.
- Chandler, A. D. (1990). *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. Harvard University Press.
- Chang, H.-J. (1994). *The Political Economy of Industrial Policy*. Palgrave Macmillan.
- 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.
- Chesnais, F. (1988). *Multinational Enterprises and the International Diffusion of Technology*. OECD.
- Chudnovsky, D., Niosi, J., & Bercovich, N. (2000). Sistemas nacionales de innovación, procesos de aprendizaje y política tecnológica: una comparación de Canadá y la Argentina. *Desarrollo Económico*, 40(158), 213–252.
- Connolly, E., & Orsmond, D. (2011). The Mining Industry: From Bust to Boom. In H. Gerard & J. Kearns (Eds.), *The Australian Economy in the 2000s* (pp. 111–156).
- Cooney, P. (2016). Reprimarization: Implications for the environment and development in Latin America: The cases of Argentina and Brazil. *Review of Radical Political Economics*, 48(4), 553–561.
- Corden, W. M., & Neary, J. P. (1982). Booming sector and de-industrialisation in a small open economy. *The Economic Journal*, 92(368), 825–848.
- Coriat, B. (2000). *El taller y el robot: ensayos sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica*. siglo XXI.
- Dahmén, E. (1988). ‘Development blocks’ in industrial economics. *Scandinavian Economic History Review*, 36(1), 3–14.

- David, A. P., & Wright, G. (1997). Increasing returns and the genesis of American resource abundance. *Industrial and Corporate Change*, 6(2), 203–245.
- De Liso, N., & Metcalfe, S. (1996). On technological systems and technological paradigms: some recent developments in the understanding of technological change. In *The Understanding of Technological Change in Behavioural Norms, Technological Progress and Economic Dynamics: Studies in Schumpeterian Economics* (pp. 71–95). Michigan Press.
- DeBresson, C. (1996a). Economic interdependence and innovative activity: an input–output analysis. In *Economic Interdependence and Innovative Activity*. Edward Elgar Publishing.
- DeBresson, C. (1996b). Long-term Innovative Clusters in a Small, Open, Industrialized Economy: Canada (1945-79) . In *Economic interdependence and innovative activity : an input-output analysis* (pp. 205–215). Edward Elgar.
- Della Paolera, G., Amorocho, X. H. D., & Musacchio, A. (2018). *The Industrialization of South America Revisited: Evidence from Argentina, Brazil, Chile and Colombia, 1890-2010*. National Bureau of Economic Research.
- Diéguez, H. L. (1981). Argentina y Canadá: Un comentario. *Desarrollo Económico*, 21(82), 271–276.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11(3), 147–162.
- Downes, P., & Stoeckel, A. (2006). *Drivers of structural change in the Australian Economy*.
- Drache, D. (1982). Harold Innis and Canadian capitalist development. *Canadian Journal of Political and Social Theory*, 6(1–2), 35–60.
- Drahokoupil, J. (2009). *Globalization and the State in Central and Eastern Europe: The Politics of Foreign Direct Investment*. Routledge.
- 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.
- Evangelista, R. (2000). Sectoral patterns of technological change in services. *Economics of Innovation and New Technology*, 9(3), 183–222.
- Evangelista, R., Perani, G., Rapiti, F., & Archibugi, D. (1997). Nature and impact of innovation in manufacturing industry: some evidence from the Italian innovation survey. *Research Policy*, 26(4–5), 521–536.
- Evans, P. (1979). *The alliance of multinational, state, and local capital in Brazil*. Princeton University Press.
- Evenson, R. E., & Johnson, D. (1997). Introduction: invention input–output analysis. *Economic Systems Research*, 9(2), 149–160.
- Fajnzylber, F. (1983). *La industrialización trunca de América Latina*. Editorial Nueva Imagen.
- Fernandes, F. (1975). *A revolução burguesa no Brasil: Ensaio de interpretação sociológica*. Zahar Editores.
- Figueiredo, P. N., & Piana, J. (2021). Technological learning strategies and technology upgrading intensity in the mining industry: evidence from Brazil. *The Journal of Technology Transfer*, 46(3), 629–659.
- Freeman, C. (1987). *Technology, policy, and economic performance: lessons from Japan*. Pinter Publisher.
- Frobel, F., Heinrichs, J., & Kreye, O. (1980). The new international division of labour. In *Cambridge: Cambridge*. Cambridge University Press.
- Furtado, C. (1959). *A formação econômica do Brasil*. Fondo de Cultura.
- Fusillo, F., Montresor, S., & Marzetti, G. V. (2024). The global network of product-embodied R&D flows: Have national boundaries really faded away? *Structural Change and Economic Dynamics*, 68, 43–61.
- Gallagher, K. P., & Zarsky, L. (2007). *The Enclave Economy: Foreign Investment and Sustainable Development in Mexico's Silicon Valley*. The MIT Press.
- Garnaut, R. (2013). *Dog days: Australia after the boom*. Black Inc.

- Gasques, J. G., Bastos, E. T., Bacchi, M., Vieira Filho, J., & Valdes, C. (2023). Productividade da agricultura brasileira. In *Agropecuária Brasileira: evolução, resiliência e oportunidades* (pp. 21–35). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).
- Gentili, M. (2023). Estudio comparado de las matrices tecnoeconómicas de Argentina y Canadá: un acercamiento desde el análisis insumo-producto. *Revista Desarrollo y Sociedad*, 94, 191–234.
- Gerchunoff, P., & Fajgelbaum, P. (2006). *¿Por qué Argentina no fue Australia? Una hipótesis sobre un cambio de rumbo*. Siglo XXI.
- Gereffi, G. (1996). Global commodity chains: new forms of coordination and control among nations and firms in international industries. *Competition & Change*, 1(4), 427–439.
- Gerschenkron, A. (1962). *Economic backwardness in historical perspective: A book of essays*. Harvard University Press.
- Gonçalves, E., & Neto, A. B. F. (2016). Intersectoral flows of technological knowledge in emerging countries: an input-output analysis. *Cepal Review*, 118, 139–155.
- Grinberg, N. (2011). *Transformations in the Korean and Brazilian Processes of Capitalist Development between the mid-1950s and the mid-2000s: The Political Economy of Late Industrialisation*. London School of Economics.
- Grinberg, N. (2016). From populist developmentalism to liberal neodevelopmentalism: The specificity and historical development of Brazilian capital accumulation. *Critical Historical Studies*, 3(1), 65–104.
- Grinberg, N. (2023). From the British to the Chinese periphery: capital accumulation through primary-commodity production in Australia and Argentina. *Comparative Economic Studies*, 65(2), 288–323.
- Gruen, D. (2011). *The resources boom and structural change in the Australian economy*.
- Haley, B. (2011). From staples trap to carbon trap: Canada's peculiar form of carbon lock-in. *Studies in Political Economy*, 88(1), 97–132.
- 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.

- Herrigel, G. (1996). *Industrial constructions: The sources of German industrial power*. Cambridge University Press.
- Higgins, B. (1983). From growth poles to systems of interactions in space. *Growth and Change*, 14(4), 3–13.
- Hiratuka, C. (2020). *Why Brazil Sought Chinese Investments to Diversify Its Manufacturing Economy*.
- Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development*. Yale University Press.
- Hirschman, A. O. (1977). A generalized linkage approach to development, with special reference to staples. *Economic Development and Cultural Change*, 25, 67.
- Holmes, J. (1986). The organization and locational structure of production subcontracting. *Production, Work, Territory: The Geographical Anatomy of Industrial Capitalism*, 80–106.
- Humphrey, J., & Schmitz*, H. (2001). Governance in global value chains. *IDS Bulletin*, 32(3), 19–29.
- Jaffe, A. B. (1986). Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms' patents, profits and market value. *The American Economic Review*, 76(5), 984–1001.
- Jasny, N. (1962). The Russian economic 'balance' and input-output analysis: A historical comment. *Soviet Studies*, 14(1), 75–80. <https://doi.org/10.1080/09668136208410307>
- Johnson, C. (1982). *MITI and the Japanese miracle: The growth of industrial policy, 1925–1975*. Stanford University Press.
- Juhász, R., Squicciarini, M. P., & Voigtländer, N. (2024). Technology adoption and productivity growth: Evidence from industrialization in France. *Journal of Political Economy*, 132(10), 3215–3259.
- Kaggerman, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industr.*
- Katz, J. (2000). *Reformas estructurales, productividad y conducta tecnológica en América Latina*. Fondo de Cultura Económica.

- Katz, J. (2006). Cambio estructural y capacidad tecnológica local. *Revista de La CEPAL*, 2006(89), 59–73.
- Katz, J., & Kosacoff, B. (2000). Import-substituting industrialization in Argentina, 1940–80: Its achievements and shortcomings. In *An Economic History of Twentieth-Century Latin America: Volume 3: Industrialization and the State in Latin America: The Postwar Years* (pp. 282–313). Springer.
- Kennedy, S. (2017). *Made in China 2025*.
- Kitson, M., & Michie, J. (2014). *The deindustrial revolution: the rise and fall of uk manufacturing, 1870-2010* (459; Enterprise and Innovation).
- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (2010). An overview of innovation. *Studies on Science and the Innovation Process: Selected Works of Nathan Rosenberg*, 173–203.
- 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.
- Lavarello, J. P., Gutman, G., & Grossi, J. C. (2006). La biotecnología y las Industrias de Ingredientes Alimentarios en Argentina. *Journal of Technology Management & Innovation*, 1(3), 121–130.
- Lavarello, P. J., Robert, V., & Vázquez, D. (2023). Global value chains and national innovation systems: a strained integration. *Revista de Economia Contemporânea*, 27, e232706.
- Lavarello, P., & Sarabia, M. (2015). *La política industrial en la Argentina durante la década de 2000* (45; Estudios y Perspectivas).
- Lechevalier, S. (Ed.). (2014). *The Great Transformation of Japanese Capitalism*. Routledge.
- Lee, C. (2017). Taiwan and China in a Global Value Chain: The Case of the Electronics Industry. In *Taiwan's Impact on China* (pp. 125–148). Palgrave Macmillan.
- Leoncini, R. (1998). The nature of long-run technological change: innovation, evolution and technological systems. *Research Policy*, 27(1), 75–93.
- 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.
- Lewis, W. A. (1954). Economic development with unlimited supplies of labour. *The Manchester School*, 22(2), 139–191.
- Lima-de-Oliveira, R. (2019). Resource-led industrial development in the oil and gas global value chain: the case of Brazil. In *Innovation in Brazil* (pp. 282–302). Routledge.
- Los, B., & Verspagen, B. (2000). R&D spillovers and productivity: evidence from US manufacturing microdata. *Empirical Economics*, 25(1), 127–148.
- Lundvall, B. A. (1992). National systems of innovation: An analytical framework. In *London: Pinter*. Anthem Press.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247–264.
- Malerba, F., & Orsenigo, L. (1997). Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. *Industrial and Corporate Change*, 6(1), 83–118.
- Mallent, J. G. (2004). Silicon Valley North: The formation of the Ottawa innovation cluster. In , *Silicon Valley North: A high-tech cluster of innovation and entrepreneurship* (pp. 21–32). Elsevier.
- Marengo, L., & Sterlacchini, A. (1990). Intersectoral technology flows. Methodological aspects and empirical applications. *Metroeconomica*, 41(1), 19–39.
- Marx, K. (2008). El Capital. Tomo I. El proceso de producción del capital. In *México: Siglo XXI*. Siglo XXI.
- Matsuyama, K. (1992). Agricultural productivity, comparative advantage, and economic growth. *Journal of Economic Theory*, 58(2), 317–334.
- Mazzucato, M. (2013). *The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths*. Anthem Press.
- McFetridge, D. G. (1993). The Canadian System of Industrial Innovation. In R. R. Nelson (Ed.), *National innovation systems: a comparative analysis* (pp. 299–323). Oxford University Press.

- McLean, I. W. (2013). *Why Australia prospered: The shifting sources of economic growth*. Cambridge University Press:
- Michalet, C.-A. (1985). *Le capitalisme mondial*. PUF.
- 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. (2008). Innovation clusters in technological systems: A network analysis of 15 OECD countries for the mid-1990s. *Industry and Innovation*, 15(3), 321–346.
- Mowery, D. C., & Rosenberg, N. (1991). *Technology and the pursuit of economic growth*. Cambridge University Press.
- Natural Resources Canada. (2024). *Canadian Critical Minerals Strategy Annual Report 2024*.
- Naughton, B. J. (2007). *The Chinese economy: Transitions and growth*. MIT Press.
- Nelson, R. R. (1959). The simple economics of basic scientific research. *Journal of Political Economy*, 67(3), 297–306.
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press.
- Nicholas, T. (2011). The origins of Japanese technological modernization. *Explorations in Economic History*, 48, 272–291.
- Nolan, P. (2004). *Is China Buying the World?* Polity Press.
- Nurkse, R. (1953). Formación de capital y desarrollo económico. Notas sobre el estudio de Furtado. *El Trimestre Económico*, 20(78), 292–305.
<https://www.eltrimestreeconomico.com.mx/index.php/te/article/view/2306>
- Odagiri, H., & Goto, A. (1993). The Japanese system of innovation: Past, present, and future. In *National Innovation Systems*. Oxford University Press.
- Papaconstantinou, G., Sakurai, N., & Wyckoff, A. (1998). Domestic and international product-embodied R&D diffusion. *Research Policy*, 27(3), 301–314.

- Paus, E., & Gallagher, K. P. (2007). Missing Links: Foreign Investment and Industrial Development in Costa Rica and Mexico. *Studies in Comparative International Development*, 43(1), 53–80.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343–373.
- Pavitt, K. (1990). What we know about the strategic management of technology. *California Management Review*, 32(3), 17–26.
- Pavlínek, Petr. (2004). Regional Development Implications of Foreign Direct Investment in Central Europe. *European Urban and Regional Studies*, 11(1), 47–70.
<https://doi.org/10.1177/0969776404039142>
- Pérez, C. (1986). Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto. In C. Ominami (Ed.), *a tercera revolución industrial: impactos internacionales del actual viraje tecnológico* (pp. 441–463). Grupo Editor Latinoamericano.
- Pérez, C. (2004). Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change. In *Globalization, economic development and inequality: An alternative perspective* (pp. 217–242). Edward Elgar.
- Pérez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185–202.
- 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 Pôle de Croissance. *Economie Appliquée*.
- Perroux, F. (1973). L'effet d'entraînement: de l'analyse au repérage quantitatif. *Economie Appliquée*, 2(4), 647–674.
- Platt, D. C. M., & Di Tella, G. (1985). *Argentina Australia And Canada: Studies In Comparative Development 1870-1965* (D. C. M. Platt & G. Di Tella, Eds.). Macmillan.
- Prebisch, R. (1950). *The economic development of Latin America and its principal problems*.
- Radosevic, S. (1999). Transformation of science and technology systems into systems of innovation in central and eastern Europe: the emerging patterns and determinants.

Structural Change and Economic Dynamics, 10(3), 277–320.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0954-349X\(99\)00016-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0954-349X(99)00016-8)

Ranestad, K. (2018). *Knowledge-based growth in natural resource intensive economies: Mining, knowledge development and innovation in Norway 1860–1940*. Springer.

Reyes, C. (2025). Dependencia tecnológica y relaciones económicas internacionales. A medio siglo de la teoría marxista de la dependencia. *Páginas (Rosario): Revista Digital de La Escuela de Historia*, 17(43), 7.

Rocha, F. (2015). *Recursos naturales como alternativa para la innovación tecnológica: petróleo y gas en Brasil*. CIEPLAN.

Rosenberg, N. (1963). Technological change in the machine tool industry, 1840-1910. *Journal of Economic History*, 414–443.

Rosenberg, N. (1976). Perspectives on Technology. In *Perspectives on Technology*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511561313>

Rosenstein-Rodan, P. N. (1943). Problems of industrialisation of eastern and south-eastern Europe. *The Economic Journal*, 53(210/211), 202–211.

Sabatini Marques, J., Yigitcanlar, T., & da Costa, E. M. (2015). Australian innovation ecosystem: A critical review of the national innovation support mechanisms. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 9(2), 3–28.

Sábato, J., & Botana, N. (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina. *Revista de La Integración*, 3.

Sachs, J. D., & Warner, A. M. (1995). *Natural resource abundance and economic growth* (5398; NBER Working Papers Series).

Santarcángelo, J. E., Schteingart, D., & Porta, F. (2018). Industrial policy in Argentina, Brazil, Chile and Mexico: A comparative approach. *Revue Interventions Économiques. Papers in Political Economy*, 59.

Scherer, F. M. (1982). Inter-industry technology flows and productivity growth. *Research Policy*, 11(4), 227–245.

- Schorr, M., & Wainer, A. G. (2020). Financiarización y dinámica inversora de las grandes empresas en la Argentina durante el ciclo de gobiernos kirchneristas. *Realidad Económica*, 49(332), 39–72.
- Schumpeter, J. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. McGraw hill.
- Scott-Kemmis, D. (2013). *How about those METS? Leveraging Australia's mining equipment, technology and services sector*.
- Shi, X., & Wu, Y. (2019). Evolution of Product-embodied R&D in China. *Structural Change and Economic Dynamics*, 49, 324–333.
- Singer, H. W. (1950). The distribution of gains between investing and borrowing countries. In *Milestones and Turning Points in Development Thinking* (pp. 265–277). Springer.
- Smith, A. (1958). *Investigación sobre la naturaleza y las causas de la riqueza de las naciones* (E. Cannan, Ed.). Fondo de Cultura Económica.
- Smith, K. (2007). Innovation and growth in resource-based economies. In *Competing from Australia* (pp. 50–57). CEDA.
- Solberg, C. E., & Seibert, S. E. (1981). Argentina y Canadá: una perspectiva comparada sobre su desarrollo económico, 1919-1939. *Desarrollo Económico*, 191–211.
- Soofi, A. S., & Ghazinoory, S. (2011). The network of the Iranian techno-economic system. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(4), 591–609.
- Stanford, J. (2008). Staples, deindustrialization, and foreign investment: Canada's economic journey back to the future. *Studies in Political Economy*, 82(1), 7–34.
- Stanford, J. (2020). *The Staple Theory @ 50: Reflections on the Last Fifty Years and Future Prospects*. CCPA.
- Stigler, G. J. (1951). The Division of Labor is Limited by the Extent of the Market. *Journal of Political Economy*, 59(3), 185–193.
- Suzigan, W. (1988). Estado e industrialização no Brasil. *Brazilian Journal of Political Economy*, 8(4), 493–504.
- Sztulwark, S. (2019). The center and the periphery in the structural logic of the new capitalism. In *Development in Latin America* (pp. 47–64). Springer.

- Terleckyj, N. E. (1974). *Effects of R&D on the productivity growth of industries: An exploratory study* (Issue 140). National Planning Association.
- Torres, M., & Ahumada, J. M. (2022). Las relaciones centro-periferia en el siglo XXI. *El Trimestre Económico*, 89(353), 151–195.
- van der Ploeg, F. (2011). Natural resources: curse or blessing? *Journal of Economic Literature*, 49(2), 366–420.
- Vernon, R. (1966). International investment and international trade in the product cycle. In *International economic policies and their theoretical foundations* (pp. 415–435). Elsevier.
- Verspagen, B. (1997). Measuring intersectoral technology spillovers: estimates from the European and US patent office databases. *Economic Systems Research*, 9(1), 47–65.
- Vieira Filho, J. (2022). *O desenvolvimento da agricultura do Brasil e o papel da Embrapa* (2748; , Texto Para Discussão).
- Ville, S., & Wicken, O. (2013). The dynamics of resource-based economic development: evidence from Australia and Norway. *Industrial and Corporate Change*, 22(5), 1341–1371.
- Ville, S., & Withers, G. (2014). *The Cambridge economic history of Australia*. Cambridge University Press.
- Wallerstein, I. (1979). *The Capitalist World-Economy*. Cambridge University Press.
- Young, A. A. (1928). Increasing returns and economic progress. *The Economic Journal*, 38(152), 527–542.

Anexo 1. Clasificaciones industriales y de países

Tabla A1. Países y regiones (o bloques)

Región o bloque	País	País (sigla)
1. NAFTA	Canadá	CAN
1. NAFTA	México	MEX
1. NAFTA	Estados Unidos	USA
2. Europa Occidental	Bélgica	BEL
2. Europa Occidental	Alemania	DEU
2. Europa Occidental	Francia	FRA
2. Europa Occidental	Reino Unido	GBR
2. Europa Occidental	Países Bajos	NLD
3. Europa del Sur	España	ESP
3. Europa del Sur	Italia	ITA
3. Europa del Sur	Portugal	PRT
4. Europa del Norte	Dinamarca	DNK
4. Europa del Norte	Finlandia	FIN
4. Europa del Norte	Islandia	ISL
4. Europa del Norte	Noruega	NOR
4. Europa del Norte	Suecia	SWE
5. Europa del Este	República Checa	CZE
5. Europa del Este	Estonia	EST
5. Europa del Este	Hungría	HUN
5. Europa del Este	Lituania	LTU
5. Europa del Este	Polonia	POL
5. Europa del Este	Rumania	ROU
5. Europa del Este	Rusia	RUS
5. Europa del Este	Eslovenia	SVN
5. Europa del Este	Turquía	TUR
6. Asia Oriental & Oceanía	Australia	AUS
6. Asia Oriental & Oceanía	China (República Popular de)	CHN
6. Asia Oriental & Oceanía	India	IND
6. Asia Oriental & Oceanía	Japón	JPN
6. Asia Oriental & Oceanía	Corea del Sur	KOR
6. Asia Oriental & Oceanía	Singapur	SGP
6. Asia Oriental & Oceanía	Taiwán	TWN
7. Sudamérica	Argentina	ARG
7. Sudamérica	Brasil	BRA
7. Sudamérica	Chile	CHL

Fuente: Elaboración propia

Tabla A2. Desagregación industrial y clasificación por grupo industrial

CIIU (Rev. 4)	Industrias	siglas
01T03	Agricultura, caza, silvicultura y pesca	AGR
05T09	Minería y explotación de canteras	MIN
19	Coque y productos de petróleo refinado	PTR
35T39	Energía, agua y servicios de gestión de residuos	SVP
16	Madera y productos de madera y corcho	MAD
17T18	Productos de papel e impresión	PAP
20	Productos químicos y sustancias químicas	QM
22	Productos de caucho y plástico	PyC
23	Otros productos minerales no metálicos	MNM
24	Metales básicos	MTB
25	Productos metálicos manufacturados	PM
26	Equipos informáticos, electrónicos y ópticos	EL
27	Equipos eléctricos	EE
28	Maquinaria y equipo, n.c.p. (no clasificados en otra parte)	MyE
29	Vehículos de motor, remolques y semirremolques	AUT
30	Otros equipos de transporte	OT
10T12	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	ALI
13T15	Textiles, productos textiles, cuero y calzado	TEX
21	Productos farmacéuticos, químicos medicinales y botánicos	FC
31T33	Manufactura n.c.p.; reparación e instalación de maquinaria y equipo	OMT
41T43	Construcción	CT
45T47	Comercio mayorista y minorista; reparación de vehículos de motor	CM
49T53	Transporte y almacenamiento	TRyA
58T60	Actividades editoriales, audiovisuales y de radiodifusión	PUB
61	Telecomunicaciones	TLC
62T63	TI y otros servicios de información	DIG
69T75	Actividades profesionales, científicas y técnicas	PCyT
64T66	Actividades financieras y de seguros	FIN
68	Actividades inmobiliarias	INM
55T56	Alojamiento y servicios de comida	HyR
77T82	Servicios administrativos y de apoyo	ADM
84T98	Otros servicios	SV

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Fuentes de informaciones adicionales

Ante la falta de apertura y/o apertura industrial de la base BERD-OECD fue necesario recurrir a las siguientes fuentes adicionales de información:

- **Argentina** (ENDEI II - Encuesta Nacional sobre Dinámica de Empresas e Innovación)
 - Publicada por el *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación* de Argentina, mide la dinámica de innovación empresarial en el país.
 - Incluye información sobre actividades innovadoras, fuentes de financiamiento, vinculación con universidades y barreras a la innovación.
- **Australia** ([ABS - Research and Experimental Development, Businesses, Australia](#))
 - Publicada por la *Australian Bureau of Statistics (ABS)*, esta base de datos proporciona información sobre el gasto en I+D de las empresas en Australia.
 - Contiene datos sobre el financiamiento de la I+D, la distribución sectorial, el número de investigadores y el esfuerzo en innovación dentro del sector empresarial.
- **China** ([National Bureau of Statistics of China - Annual Data](#))
 - Publicada por la *Oficina Nacional de Estadísticas de China*, esta base de datos proporciona estadísticas anuales sobre diferentes sectores económicos, incluyendo I+D.
 - Incluye datos sobre el gasto en I+D, el número de investigadores, la distribución sectorial y la contribución del gobierno y empresas privadas a la innovación.
- **India** ([Department of Science and Technology - Research and Development Statistics](#), páginas 101-102)
 - Publicada por el *Department of Science and Technology (DST)* del gobierno de India, esta base ofrece estadísticas sobre la inversión en I+D en distintos sectores.
 - Proporciona datos desglosados por fuente de financiamiento, sector institucional (universidades, empresas, gobierno) y distribución regional.
 - Incluye indicadores de personal dedicado a I+D y comparaciones con otras economías emergentes.
- **Rusia** ([HSE - Primary Data](#))
 - Administrada por la *Higher School of Economics (HSE)* de Rusia, esta base contiene datos detallados sobre la actividad de I+D en el país.
 - Proporciona información sobre inversión en I+D, estructura del sistema de innovación, colaboración entre sectores y el papel del estado en la financiación de la ciencia y tecnología.
- **Suecia** ([SCB - Research and Development in Sweden](#))

- Publicada por *Statistics Sweden (SCB)*, esta base ofrece información sobre la inversión en I+D en universidades, empresas y el sector público sueco.
- Incluye datos sobre gasto en I+D, fuentes de financiamiento, empleo en actividades de investigación y comparaciones con otros países europeos.

Anexo 3. Información adicional para la interpretación del capítulo 3

Tabla A3. Estructura productiva y tecnológica de los grupos sectoriales: aportes al VAB, VBP e I+D

Grupo	Industria	VAB		VBP		I+D empresarial		Intensidad I+D
		MM USD	(% total)	MM USD	(% total)	MM USD	(% total)	
Motor	QM	1,068,096	2.33%	3,393,321	1.46%	44,656	4.34%	0.0132
	FC	590,945	0.92%	1,333,819	0.81%	102,623	9.98%	0.0769
	MTB	807,062	2.30%	3,346,851	1.10%	20,072	1.95%	0.0060
	EL	1,124,078	2.30%	3,346,008	1.53%	189,970	18.47%	0.0568
	EE	543,262	1.22%	1,780,606	0.74%	34,047	3.31%	0.0191
	OT	388,702	0.76%	1,111,363	0.53%	64,574	6.28%	0.0581
	PUB	854,513	1.10%	1,604,207	1.16%	39,595	3.85%	0.0247
	DIG	1,516,108	1.71%	2,480,748	2.07%	57,546	5.60%	0.0232
Vector	MyE	1,006,300	2.00%	2,914,323	1.37%	63,468	6.17%	0.0218
	AUT	1,137,536	2.81%	4,079,193	1.55%	116,258	11.30%	0.0285
	PCyT	3,665,638	4.34%	6,313,010	5.00%	88,083	8.56%	0.0140
Inducido	ALI	1,776,812	4.48%	6,518,138	2.42%	22,774	2.21%	0.0035
	CT	4,182,271	7.19%	10,451,324	5.70%	8,175	0.79%	0.0008
	CM	8,134,859	9.12%	13,265,237	11.09%	13,550	1.32%	0.0010
	TRyA	3,417,438	4.76%	6,926,633	4.66%	2,457	0.24%	0.0004
	INM	7,147,120	6.47%	9,402,884	9.74%	763	0.07%	0.0001
	SV	14,248,205	14.56%	21,168,781	19.42%	3,763	0.37%	0.0002
Enclave	AGR	3,184,739	3.97%	5,769,006	4.34%	17,367	1.69%	0.0030
	MIN	2,122,558	2.57%	3,741,391	2.89%	10,302	1.00%	0.0028
	TEX	698,165	1.72%	2,498,241	0.95%	10,457	1.02%	0.0042
	MAD	207,190	0.46%	662,155	0.28%	1,371	0.13%	0.0021
	PAP	477,844	0.99%	1,437,411	0.65%	5,600	0.54%	0.0039
	PTR	644,045	1.80%	2,612,462	0.88%	4,925	0.48%	0.0019
	PyC	488,459	1.11%	1,613,868	0.67%	16,188	1.57%	0.0100
	MNM	588,645	1.20%	1,737,935	0.80%	9,350	0.91%	0.0054
	PM	780,979	1.53%	2,217,978	1.06%	12,853	1.25%	0.0058
	OMT	673,914	1.16%	1,686,894	0.92%	11,528	1.12%	0.0068
	SVP	1,877,734	2.95%	4,292,984	2.56%	5,356	0.52%	0.0012
	HyR	1,812,556	2.51%	3,648,011	2.47%	835	0.08%	0.0002
	TLC	1,090,661	1.50%	2,177,423	1.49%	34,567	3.36%	0.0159
	FIN	4,590,437	5.24%	7,618,088	6.26%	13,703	1.33%	0.0018
	ADM	2,530,085	2.93%	4,262,421	3.45%	1,715	0.17%	0.0004

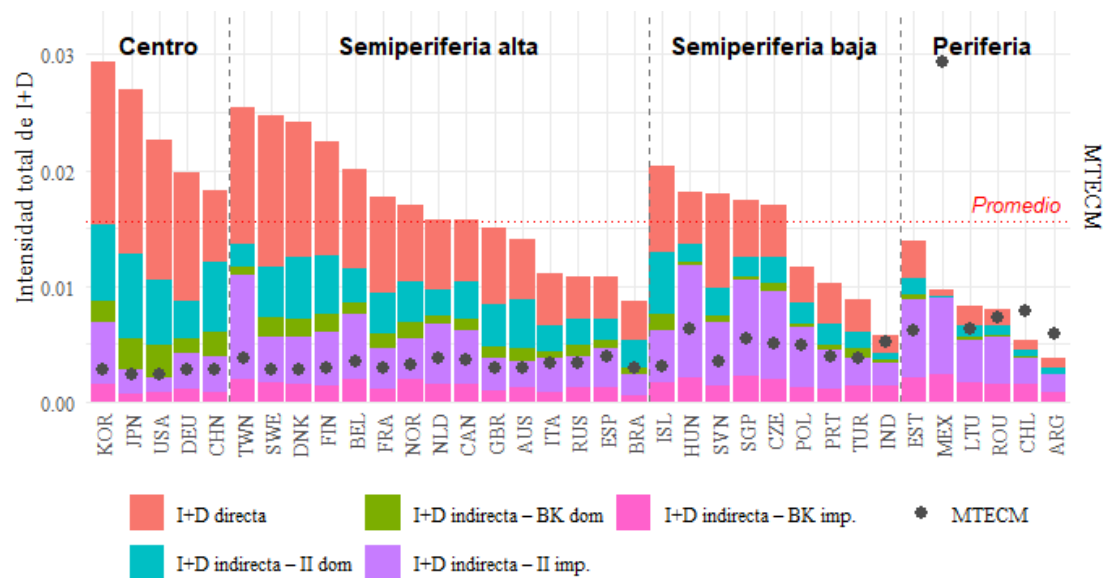
Fuente: Elaboración propia en base a ICIO-OECD y BERD-OECD

Figura A1. Mapa de calor de los flujos intersectoriales de I+D incorporado, según grupo funcional de ramas (Motores, Vectores, Inducidos y Enclaves)

		Vector			Motor								Inducido						Enclave															
		AUT	MyE	PCyT	DIG	EE	EL	FC	MTB	OT	PUB	QM	ALI	CM	CT	INM	SV	TRyA	ADM	AGR	FIN	HyR	MAD	MIN	MNM	OMT	PAP	PM	PTR	PyC	SVP	TEX	TLC	
Vector	AUT	-	14%	7%	4%	6%	9%	6%	6%	8%	5%	6%	5%	14%	5%	-	4%	16%	10%	5%	3%	5%	6%	5%	7%	9%	6%	6%	4%	5%	6%	6%	3%	
	MyE	16%	-	4%	3%	11%	12%	5%	14%	11%	4%	9%	5%	5%	10%	5%	4%	6%	5%	8%	2%	4%	8%	23%	13%	11%	7%	13%	10%	6%	8%	7%	3%	
	PCyT	7%	7%	-	20%	6%	10%	22%	9%	8%	20%	13%	12%	19%	11%	20%	11%	11%	18%	9%	28%	17%	9%	12%	8%	7%	10%	8%	11%	8%	13%	8%	12%	
Motor	DIG	3%	3%	17%	-	2%	6%	6%	3%	3%	16%	4%	4%	10%	-	8%	10%	6%	13%	3%	23%	8%	4%	5%	-	3%	5%	3%	4%	3%	6%	3%	10%	
	EE	7%	9%	4%	3%	-	16%	-	5%	7%	2%	3%	-	3%	8%	4%	-	3%	4%	-	1%	-	3%	4%	4%	4%	-	4%	3%	2%	8%	3%	4%	
	EL	30%	29%	28%	39%	35%	-	13%	17%	39%	26%	19%	10%	16%	13%	12%	17%	12%	17%	9%	12%	10%	14%	14%	20%	17%	18%	10%	13%	18%	15%	39%		
	FC	-	-	5%	2%	-	-	-	-	-	2%	5%	4%	-	-	-	15%	-	-	7%	2%	-	3%	-	-	3%	-	-	3%	-	3%	1%		
	MTB	6%	10%	-	-	13%	7%	-	-	5%	-	3%	-	-	10%	-	-	2%	-	-	-	-	-	5%	6%	4%	3%	19%	3%	2%	4%	-	1%	
	OT	3%	3%	3%	2%	-	3%	-	-	-	-	-	-	-	3%	-	9%	16%	2%	3%	-	-	-	3%	-	10%	-	-	2%	-	2%	-	-	
	PUB	-	-	9%	8%	-	-	3%	-	-	-	-	-	7%	-	4%	5%	-	5%	-	8%	8%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15%	
	QM	6%	6%	5%	3%	8%	11%	19%	9%	4%	4%	-	10%	4%	8%	5%	4%	4%	5%	23%	2%	6%	15%	8%	14%	8%	18%	8%	11%	39%	6%	25%	2%	
Inducido	ALI	-	-	-	-	-	-	2%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9%	-	11%	-	-	-	-	-	-	-	-	3%	-		
	CM	-	-	-	-	-	-	2%	-	-	-	-	3%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	CT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	INM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	SV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	TRyA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Enclave	ADM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	AGR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24%	-	-	-	-	-	-	-	-	4%	12%	-	-	-	3%	-	-	-	-	-		
	FIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	HyR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	MAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	MIN	-	-	-	-	2%	-	-	11%	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%	-	3%	26%	-	7%	-	-		
	MNM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	OMT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	PAP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	PM	4%	4%	-	-	3%	3%	-	3%	3%	-	-	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	3%	3%	-	-	-	-	2%	-	-		
	PTR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	PyC	5%	3%	-	-	4%	5%	3%	-	2%	-	5%	4%	-	3%	-	-	-	-	3%	-	3%	-	3%	4%	5%	3%	-	-	-	4%	-		
	SVP	-	-	-	-	-	-	-	3%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	TEX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	TLC	-	-	4%	5%	-	-	-	-	-	4%	-	-	4%	-	5%	4%	-	4%	-	6%	4%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Subtotal		88%	88%	85%	89%	88%	82%	81%	79%	90%	86%	74%	81%	85%	79%	73%	83%	79%	82%	79%	89%	77%	76%	82%	80%	82%	76%	84%	83%	83%	78%	78%	91%	

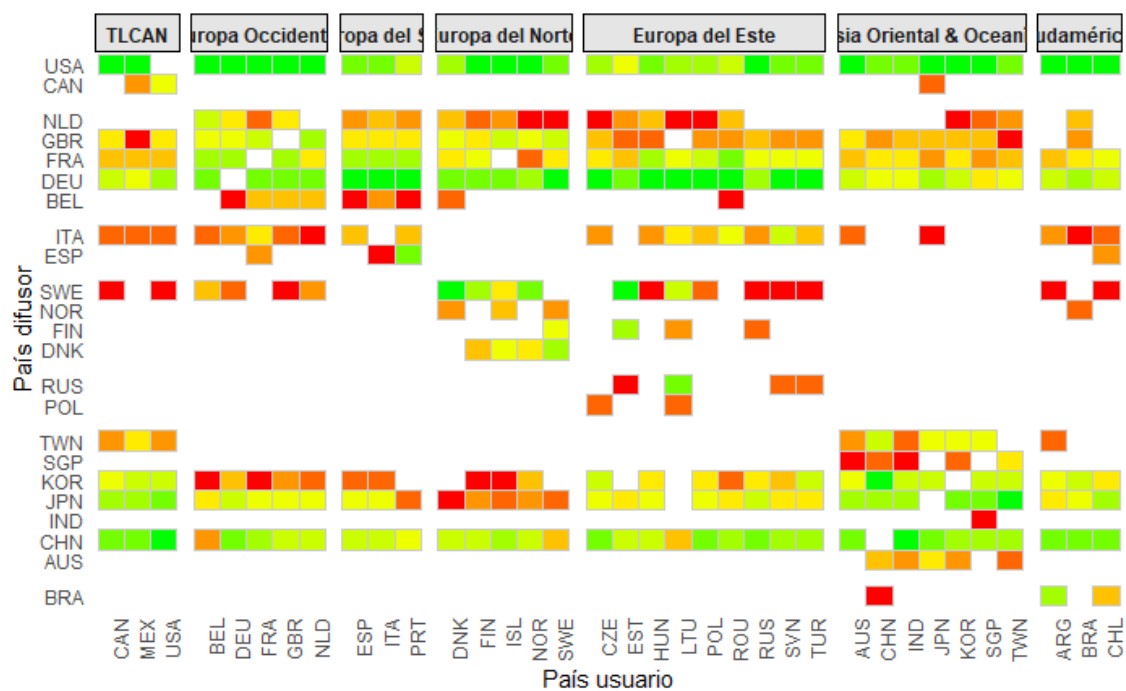
Fuente: Elaboración propia en base a ICIO-OECD y BERD-OECD

Gráfico A1. Intensidad de I+D incorporado y multiplicador tecnológico medio (MTECM) por país



Fuente: Elaboración propia en base a ICIO-OECD y BERD-OECD

Figura A2. Mapa de calor de los flujos internacionales de I+D incorporado, según región de países



Fuente: Elaboración propia

Tabla A4. Estructura productiva y tecnológica de los bloques de países: aportes al VAB, VBP e I+D

Bloque	país	VAB		VBP		I+D empresarial		Intensidad I+D
		MM USD	(% total)	MM USD	(% total)	MM USD	(% total)	
Centro	CHN	10,908,138	17.73%	29,543,294	23.99%	182,765	17.77%	0.0062
	DEU	3,293,592	5.35%	6,262,401	5.09%	69,530	6.76%	0.0111
	JPN	4,787,769	7.78%	8,645,057	7.02%	122,399	11.90%	0.0142
	KOR	1,436,431	2.33%	3,281,108	2.66%	46,480	4.52%	0.0142
	USA	18,332,162	29.79%	32,170,150	26.12%	390,336	37.95%	0.0121
Semiperiferia alta	AUS	1,224,900	1.99%	2,386,721	1.94%	12,460	1.21%	0.0052
	BEL	454,282	0.74%	961,882	0.78%	8,239	0.80%	0.0086
	BRA	1,677,034	2.73%	3,019,514	2.45%	10,221	0.99%	0.0034
	CAN	1,462,770	2.38%	2,675,410	2.17%	14,122	1.37%	0.0053
	DNK	287,556	0.47%	536,288	0.44%	6,302	0.61%	0.0118
	ESP	1,167,909	1.90%	2,163,089	1.76%	7,886	0.77%	0.0036
	FIN	222,672	0.36%	437,520	0.36%	4,318	0.42%	0.0099
	FRA	2,324,985	3.78%	4,309,055	3.50%	35,775	3.48%	0.0083
	GBR	2,538,033	4.12%	4,549,608	3.69%	30,122	2.93%	0.0066
	ITA	1,767,413	2.87%	3,498,653	2.84%	15,592	1.52%	0.0045
	NLD	744,106	1.21%	1,508,053	1.22%	9,124	0.89%	0.0061
	NOR	345,664	0.56%	618,003	0.50%	4,017	0.39%	0.0065
	RUS	1,213,532	1.97%	2,287,560	1.86%	8,288	0.81%	0.0036
	SWE	484,121	0.79%	889,774	0.72%	11,652	1.13%	0.0131
	TWN	522,298	0.85%	1,100,987	0.89%	12,993	1.26%	0.0118
Semiperiferia baja	CZE	183,860	0.30%	443,797	0.36%	2,004	0.19%	0.0045
	HUN	116,962	0.19%	253,947	0.21%	1,125	0.11%	0.0044
	IND	2,206,835	3.59%	4,162,652	3.38%	6,482	0.63%	0.0016
	ISL	19,566	0.03%	37,704	0.03%	283	0.03%	0.0075
	POL	444,727	0.72%	944,356	0.77%	2,986	0.29%	0.0032
	PRT	190,674	0.31%	359,705	0.29%	1,280	0.12%	0.0036
	SGP	312,237	0.51%	788,174	0.64%	3,833	0.37%	0.0049
	SVN	41,404	0.07%	83,353	0.07%	680	0.07%	0.0082
	TUR	815,449	1.33%	1,626,187	1.32%	4,431	0.43%	0.0027
Periferia	ARG	504,546	0.82%	890,699	0.72%	695	0.07%	0.0008
	CHL	236,700	0.38%	430,353	0.35%	359	0.03%	0.0008
	EST	22,604	0.04%	47,656	0.04%	154	0.01%	0.0032
	LTU	40,178	0.07%	73,683	0.06%	127	0.01%	0.0017
	MEX	1,029,859	1.67%	1,803,487	1.46%	929	0.09%	0.0005
	ROU	179,378	0.29%	360,172	0.29%	500	0.05%	0.0014

Fuente: Elaboración propia en base a ICIO-OECD y BERD-OECD

Figura A3. Mapa de calor de saldos deficitarios de flujos de I+D según país destino y sector origen

		Centro					Semiperiferia alta															Semiperiferia baja										Periferia						Deficit	
		CHN	DEU	JPN	KOR	USA	AUS	BEL	BRA	CAN	DNK	ESP	FIN	FRA	GBR	ITA	NLD	NOR	RUS	SWE	TWN	CZE	HUN	IND	ISL	POL	PRT	SGP	SVN	TUR	ARG	CHL	EST	LTU	MEX	ROU	USD	en %	
Vector	AUT	-	-	-	-	-	210	639	-	1842	201	882	108	-	-	-	586	195	444	-	306	526	296	-	16	651	188	321	40	-	123	128	30	45	1211	135	9124	22%	
	MyE	-	-	-	-	-	-	-	355	-	271	-	-	-	-	-	-	214	-	373	43	186	773	-	347	66	37	2	206	178	160	28	25	1351	149	4765			
	PCyT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	206	-	440				
Motor	DIG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	328	-	-	-	0	-	-	118	-	447	64%		
	EE	-	-	-	-	-	-	4	-	296	9	-	-	-	87	-	-	19	259	-	-	-	107	381	8	108	17	163	-	-	29	118	17	9	633	69		2333	
	EL	-	-	-	-	-	1213	-	781	2486	-	1144	-	-	306	149	1335	147	1154	-	-	673	655	2053	37	851	198	1007	26	-	447	206	100	34	5781	322		21104	
	FC	-	-	-	-	-	-	-	199	-	-	-	-	-	83	-	-	27	151	-	-	31	-	-	4	63	-	129	-	46	-	14	10	11	196	45		1010	
	MTB	-	-	-	-	289	-	-	-	-	47	110	-	98	36	89	2	-	73	-	150	86	45	488	2	133	12	102	8	142	34	45	9	7	300	36		2345	
	OT	-	-	1065	103	-	418	67	-	-	140	-	48	-	-	-	223	375	530	-	413	-	87	969	31	124	53	626	7	7	139	244	11	21	986	44		6731	
	PUB	827	-	510	-	-	-	105	240	-	-	93	-	-	-	-	115	389	-	-	135	26	32	115	-	41	8	173	3	51	55	31	3	3	150	-		3104	
	QM	-	-	-	-	-	-	-	-	416	-	237	-	-	-	37	-	-	277	-	390	206	142	-	5	444	68	-	10	356	98	68	17	29	860	120		3778	
Inducido	ALI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	3	15	2%			
	CM	870	-	-	-	-	-	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	123	0	-	-	-	-	-	-	4	-	98	8		1174		
	CT	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5				
	INM	-	1	2	-	-	-	1	-	-	-	0	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0	-	-	-	0	0	-	-	0	0	7				
	SV	16	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-		25		
	TRyA	-	-	-	-	-	-	17	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	6	1	4	1	9	-	-	1	-	-	-	-	11	3		63		
Enclave	ADM	100	-	-	-	39	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	3	2	-	20	-	-	-	-	-	-	3	-	1	-	5	3	205	12%		
	AGR	483	-	242	109	-	-	22	-	132	8	-	3	-	28	36	-	-	-	-	48	-	-	-	-	0	-	16	1	24	-	-	1	2	257	-		1411	
	FIN	293	-	83	-	-	-	-	41	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	-	-	11	75	0	-	-	-	2	-	-	-	-	-	32	8	583			
	HyR	14	10	4	-	-	-	3	2	-	4	-	6	4	-	-	2	7	2	-	0	1	1	3	-	1	-	1	0	-	0	0	1	0	1	0		68	
	MAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	10	0	-	-	3	-	0	-	-	0	-	8	2		27	
	MIN	-	321	391	288	-	-	99	-	-	12	66	28	121	-	-	123	-	-	58	121	39	33	221	2	103	8	44	-	46	10	-	-	20	230	9		2391	
	MNM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	27	-	9	52	-	1	-	24	-	-	-	8	-	-	-	11		136	
	OMT	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	6	7	3	2	58	18		185	
	PAP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	14	-	2	1	29	-	24	-	-	-	6	2	-	42	7		141	
	PM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	25	124	-	-	-	-	-	-	20	19	5	5	180	23		405	
	PTR	-	-	-	-	-	-	9	-	3	21	-	-	-	-	27	-	17	-	-	-	15	-	-	-	14	-	37	2	33	8	11	1	3	54	7		263	
	PyC	-	-	-	-	-	10	-	-	100	14	12	-	-	-	-	48	11	109	28	-	49	47	107	2	104	-	78	-	42	9	36	6	6	295	47		1160	
	SVP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	-	-	1	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	25	5		43	
	TEX	-	-	-	-	-	2	-	-	39	2	-	-	-	11	-	-	-	34	-	-	-	6	16	1	26	-	20	-	-	-	11	1	1	78	15		262	
	TLC	-	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	-	-	58	-	-	8	4	7	-	-	93	4	-	32	10	-	3	90	-		536	
n° deficit		8	4	8	3	3	5	8	10	10	12	8	6	3	6	6	10	10	16	3	13	16	18	22	18	18	10	19	13	12	18	19	20	19	29	25			

Fuente: Elaboración propia en base a ICIO-OECD y BERD-OECD

Anexo 4. Ejercicio de calibración de valores de corte en las redes tecnoeconómicas

La Tabla A1 describe la red tecnoeconómica argentina obtenida al emplear dos valores de corte alternativos (“bajo” y “alto”). Como era de esperar, la red con corte bajo muestra un mayor número de vinculaciones que la del corte alto. Dado que toda elección de umbral conlleva cierto grado de arbitrariedad, el ejercicio de sensibilidad presentado en este anexo permite evaluar la robustez de los resultados y justificar el valor finalmente adoptado en el análisis principal (véase sección 4.4.2).

Con el valor de corte bajo, la red doméstica alcanza una densidad del 54%, equivalente a 535 flujos intersectoriales activos sobre un total potencial de 992. Sin embargo, al incorporar los flujos importados la densidad sube al 82%, un nivel que sobre-representa la difusión tecnológica: prácticamente todas las ramas aparecen como difusoras de I+D, reduciendo la capacidad de discriminar posiciones relativas dentro de la red.

Con el valor de corte alto, en cambio, la densidad doméstica se reduce al 22% y la total al 57%. Esta mayor parsimonia permite identificar con mayor claridad las jerarquías funcionales: la centralización en torno a los difusores aumenta a 0,77, destacando un conjunto acotado de ramas estratégicas. Ello habilita distinguir sectores pivote de aquellos con participación periférica o meramente receptiva.

En síntesis, este ejercicio confirma que el corte alto resulta más adecuado para el análisis comparado, en tanto combina un nivel de densidad manejable con la posibilidad de resaltar la centralidad de sectores funcionalmente relevantes. Por este motivo, en la sección 4.4.2 y en el resto del capítulo se utilizan matrices calibradas con $k \approx 0,57$.

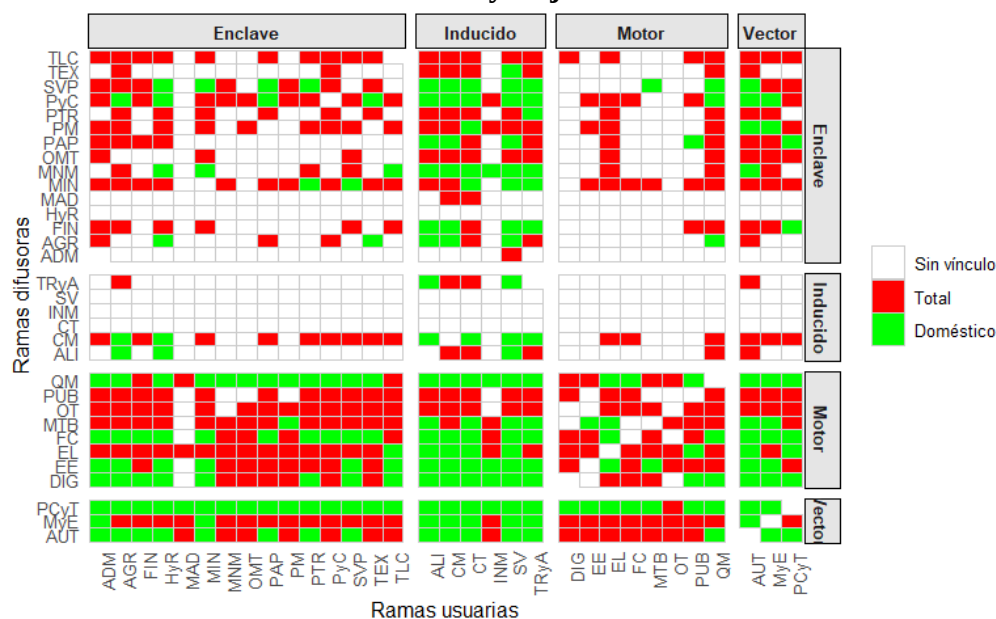
Tabla A5. Densidad, Centralización y Centralidad de la red tecnoeconómica argentina según valores de corte

Grupo	Industria	Valor de corte "bajo"				Valor de corte "alto"			
		red doméstica		red total		red doméstica		red total	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
Vector	AUT	22	30	27	31	12	16	25	31
	MyE	18	27	27	31	9	8	21	31
	PCyT	19	31	26	31	7	30	19	31
Motor	DIG	8	29	19	31	1	19	9	28
	EE	10	29	24	31	2	16	10	30
	EL	15	24	25	31	5	8	19	31
	FC	13	30	25	31	2	20	12	29
	MTB	10	26	25	31	3	9	11	28
	OT	1	3	18	31	0	0	7	26
	PUB	15	0	25	31	5	0	15	23
	QM	21	30	26	31	7	24	24	31
Inducido	ALI	23	14	27	28	17	3	25	8
	CM	23	22	28	31	14	6	26	21
	CT	24	2	28	3	15	0	27	0
	INM	12	0	26	0	5	0	12	0
	SV	26	0	29	0	20	0	27	0
	TRyA	24	20	28	28	15	2	25	6
Enclave	ADM	19	0	26	13	7	0	21	1
	AGR	21	24	27	29	9	6	24	12
	FIN	17	23	26	29	4	5	17	16
	HyR	21	0	27	0	12	0	23	0
	MAD	7	6	20	9	1	0	5	2
	MIN	20	14	25	31	9	5	20	26
	MNM	13	25	25	29	2	10	12	16
	PAP	18	24	25	29	6	5	18	15
	PM	12	10	25	31	3	3	13	21
	PTR	18	9	25	29	7	1	18	15
	PyC	18	27	25	31	3	12	19	27
	SVP	18	29	25	30	7	12	19	21
	TEX	17	14	25	28	5	1	18	9
	TLC	16	0	26	31	5	0	17	22
Centralización		0,31	0,48	0,12	0,19	0,44	0,77	0,31	0,44
Densidad		0,54		0,82		0,22		0,57	

Fuente: Elaboración propia

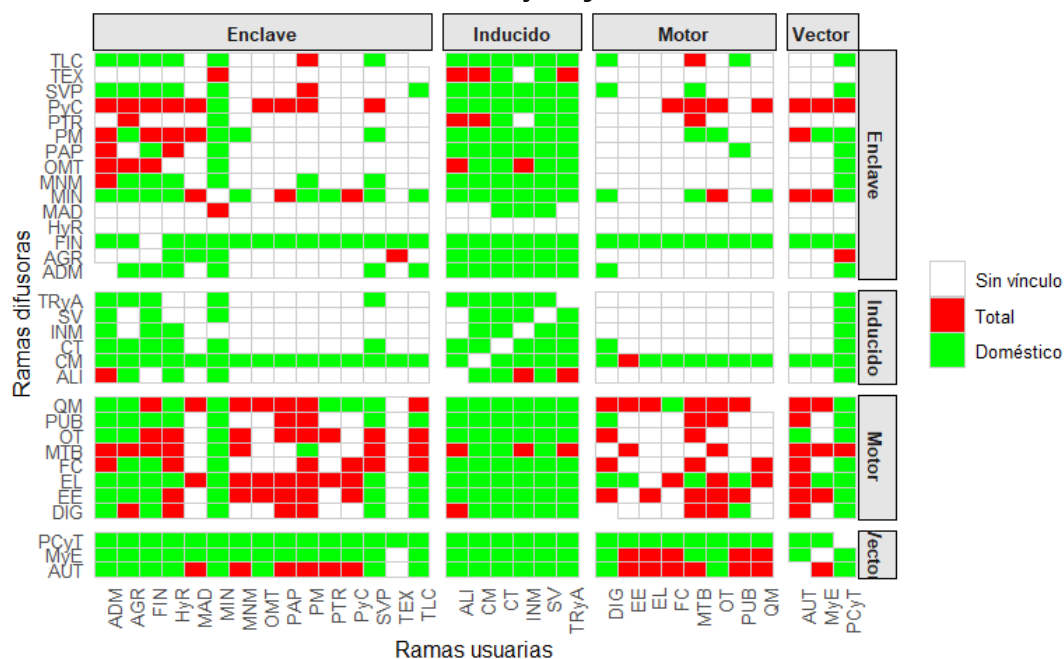
Anexo 5. Mapas de calor de las redes tecnoeconómicas de Argentina, Australia, Brasil y Canadá

Figura A4. Mapa de calor de la red tecnoeconómica de Argentina de flujos domésticos y flujos totales



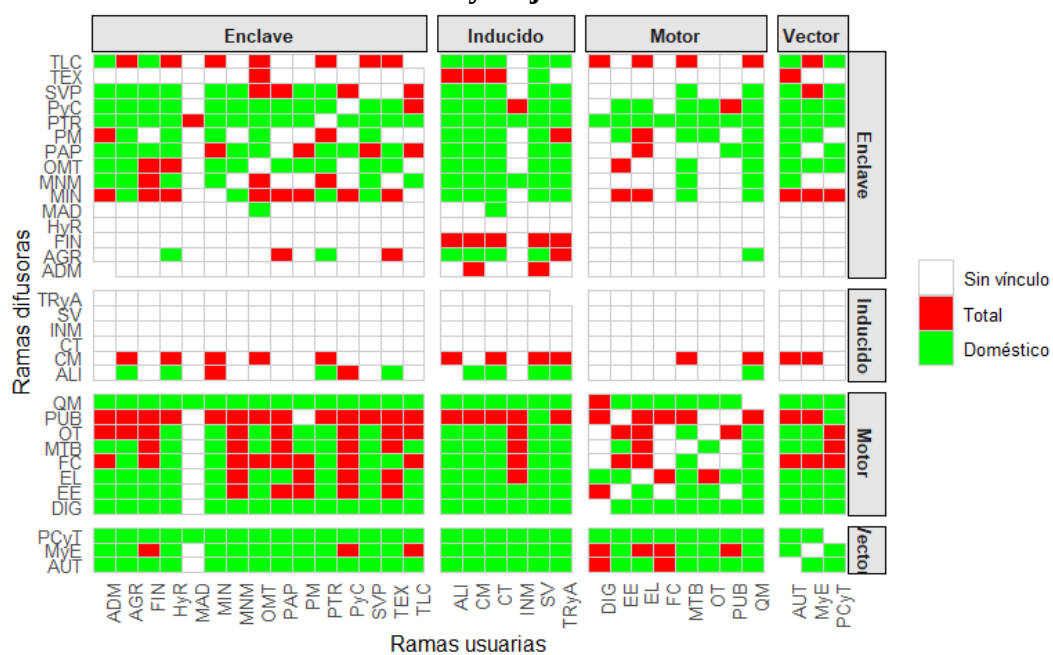
Fuente: Elaboración propia

Figura A5. Mapa de calor de la red tecnoeconómica de Australia de flujos domésticos y flujos totales



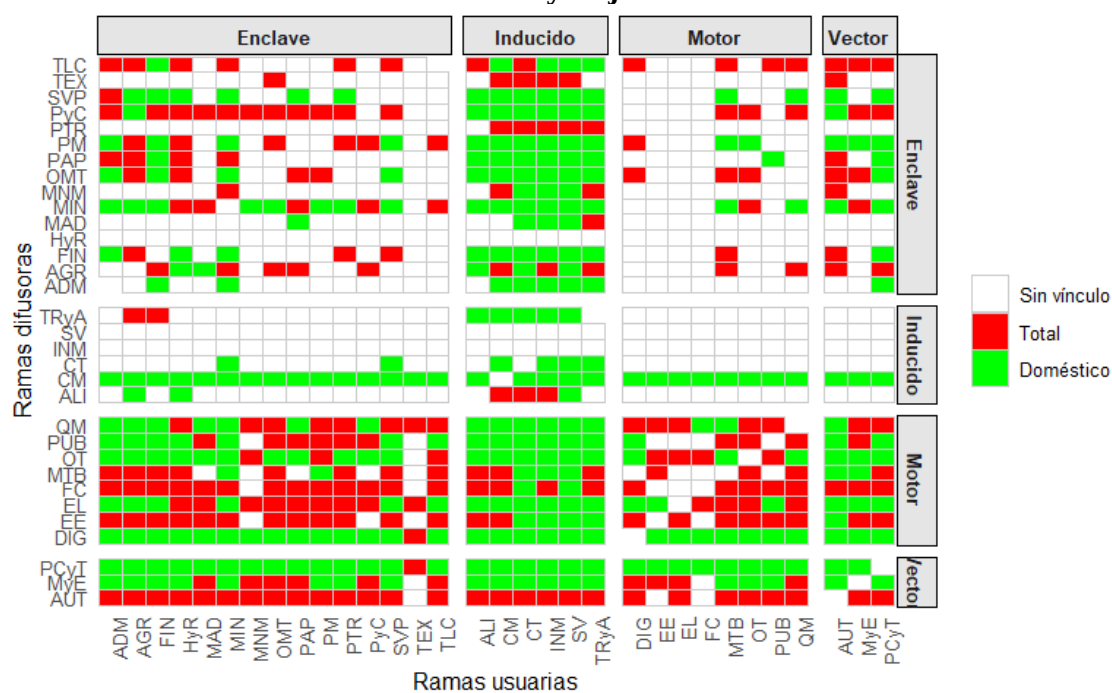
Fuente: Elaboración propia

Figura A6. Mapa de calor de la red tecnoeconómica de Brasil de flujos domésticos y flujos totales



Fuente: Elaboración propia

Figura A7. Mapa de calor de la red tecnoeconómica de Canadá de flujos domésticos y flujos totales



Fuente: Elaboración propia