



CIECTI

Centro Interdisciplinario
de Estudios en Ciencia,
Tecnología e Innovación

RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

CIECTI

Impacto de la inversión en I+D en la industria manufacturerera argentina

*Una aproximación a partir de la encuesta nacional
de dinámica de empleo e innovación*

Autores:

Grosso, María Josefina (economista UBA, magíster en Economía y Desarrollo Industrial - UNGS con mención en pymes)

mjgrosso78@gmail.com

Montagu, Haroldo (economista UBA, magíster en Economía del Desarrollo - ISS, docente UNM)

hmontagu@gmail.com

Grosso, María Josefina

Impacto de la inversión en I+D en la industria manufacturera argentina: una aproximación a partir de la encuesta nacional de dinámica de empleo e innovación / María Josefina Grosso; Haroldo Montagu. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CIECTI, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4193-69-8

1. Innovaciones. 2. Exportaciones. 3. Industria Farmacéutica. I. Montagu, Haroldo.
II. Título.

CDD 338.064

Índice

Contenido

Índice	2
Resumen ejecutivo.....	3
Introducción	4
Marco teórico.....	7
Breve caracterización de la actividad innovativa en la Argentina	9
Metodología y resultados preliminares	12
Aspectos metodológicos.....	12
Multiplicadores hacia atrás.....	13
Multiplicadores hacia adelante	13
Estimación de los multiplicadores	14
Impacto en la actividad económica y en las exportaciones sectoriales	15
Impacto de la ley de financiamiento del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación.....	16
Conclusiones	18
Bibliografía	20
Anexo metodológico/estadístico	21

Resumen ejecutivo

El siguiente documento analiza el impacto de la inversión en actividades de innovación (AI) en la industria manufacturera de Argentina. El objetivo del estudio es evaluar la contribución innovativa de la actividad manufacturera al valor agregado sectorial y a la economía argentina en su conjunto.

El análisis se realizó mediante la metodología insumo-producto aplicada a los resultados de la segunda Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación. Se destaca la importancia de dimensionar el impacto de la actividad innovativa de las diferentes industrias a través de los multiplicadores hacia atrás y hacia adelante. Los multiplicadores hacia atrás permiten identificar los sectores que generan los mayores efectos en términos de gasto en AI, mientras que los multiplicadores hacia adelante identifican qué sectores producen el mayor efecto en la demanda agregada o en alguno de sus componentes (consumo, inversión o exportaciones) de una unidad monetaria invertida en AI.

Los resultados obtenidos muestran que la industria farmacéutica es el sector que posee mayores requerimientos (directos e indirectos) de AI por unidad de demanda final, seguido por los sectores productores de bienes de capital como instrumentos médicos y maquinaria y equipo. Los multiplicadores hacia adelante muestran resultados similares.

Finalmente, el impacto agregado del gasto en AI de la industria manufacturera sobre el PBI es significativo. Por cada punto porcentual de incremento del gasto en AI, el valor agregado total de la economía crece 0,02%. Se estima que, siguiendo la pauta de aumento de CyT sobre el PBI, alcanzar el 1% en 2032 reportaría un crecimiento acumulado del PBI del 0,43% en los próximos 10 años.

Estos resultados tienen implicancias en términos de política pública ya que permiten identificar los sectores que podrían tener mayores impactos en otros sectores o en la demanda final mediante políticas focalizadas en la promoción y asistencia de actividades innovativas.

Introducción¹

La investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) han sido fundamentales en la generación de avances tecnológicos e innovaciones producidas en las actividades productivas, impulsando una mayor productividad mediante la mejora continua de los procesos, mayores estándares de calidad y valor agregado en los productos y servicios, favoreciendo la satisfacción de necesidades sociales y mejores estándares de vida. Como consecuencia de ello, constituyen herramientas determinantes para la transformación de las estructuras productivas, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, el cuidado de la salud, la alimentación, la educación y otras necesidades sociales.

En ese marco, las sociedades con mayores niveles de productividad y mejores condiciones de vida son las que destinan una mayor proporción de recursos a la I+D+i para un proceso sostenido de generación y acumulación de capacidades tecnológicas que interactúan con la producción de bienes y servicios. Esto produce ventajas competitivas que trascienden el agente innovador particular o su sector productivo (CEP XXI, 2021).

A nivel mundial, la media del gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB rondó el 2,6% en 2020, según datos del Banco Mundial, evidenciado un importante avance en los últimos cinco años (en 2017 se ubicó en 2,1%). No obstante, la distribución de ese gasto se encuentra fuertemente concentrado: alrededor del 90% lo explican los países integrantes del G20. Estos países evidencian una elevada participación del sector empresarial², superando en la mayoría de los casos el 50% del total (Instituto de Estadísticas de la UNESCO, 2020), si bien el gasto público en I+D también es relevante. Corresponde aclarar que la preponderancia del sector privado con respecto al Estado es el resultado de un proceso previo en el que el sector público realizó una inversión amplia y sostenida en el tiempo, asumiendo riesgos mayores a los que el sector empresarial estaba dispuesto a tomar (Mazzucato, 2013, CEP XXI, 2021;)

La industria manufacturera constituye el principal sector productivo en términos de inversión en I+D, proveyendo los medios de producción e insumos a las actividades primarias (agro, minería e hidrocarburos), de generación de energía y de telecomunicaciones y servicios informáticos. De esta forma, la innovación en el sector manufacturero ha generado, en mayor o menor medida, una incidencia positiva en el desempeño y la productividad del resto de las actividades. Según la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), que recaba información de los centros de estadísticas nacionales de los países miembros de este organismo y algunos otros que no forman parte (China, Rumania, Singapur y Argentina, entre otros) las

¹ Los autores agradecen a los participantes del taller interno del CIECTI realizado el día 10/4/2023 para discutir una versión preliminar del documento. Asimismo, se agradece la colaboración del Lic. Hernán Costa Vila para el cálculo matricial.

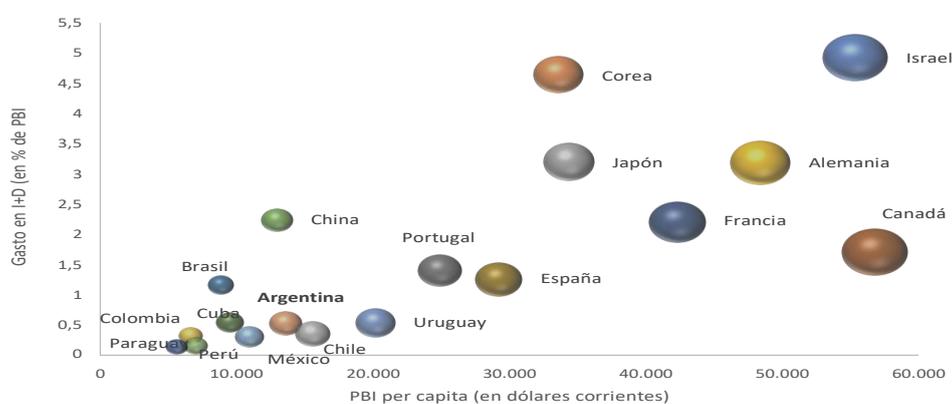
² El sector empresarial comprende a todas las sociedades residentes, incluidas no sólo las empresas legalmente constituidas, independientemente de la residencia de sus accionistas; las sucursales no constituidas en sociedad de empresas no residentes se consideran residentes porque se dedican a la producción en el territorio económico a largo plazo; todas las instituciones sin fines de lucro residentes que son productores de bienes o servicios en el mercado o sirven a empresas. La definición corresponde a la OECD (2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development.

principales actividades que invierten en I+D son la industria farmacéutica y el sector de informática, electrónica y productos ópticos. Le siguen en importancia el sector automotor y otros equipos de transporte.

Complementariamente, el Joint Research Centre (JRC) de la Unión Europea realiza un relevamiento anual a 2.500 empresas (públicas, privadas y mixtas) basado en los balances publicados compilando la información sobre inversión en I+D, ventas y empleo. A partir de estos datos es posible determinar la dinámica innovativa sectorial asociada a ese panel de empresas. De la misma surge que en 2019 el sector tecnológico³, el de salud⁴ y el de bienes y servicios (incluye insumos para la industria y bienes de capital)⁵ representaron casi un 70% del total invertido en I+D. Otros sectores relevantes fueron el automotriz y el de bienes y servicios finales.

En Argentina, la inversión en I+D representa el 0,52% del PBI (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2020), en línea con los países de ingresos medios. Por su parte, dentro del grupo de países de ingresos altos, se destacan Israel y Corea, en los cuales los ratios superan el 4,5% del PBI.

Gráfico 1: Gasto en I+D/PIB y PBI per cápita



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Fondo Monetario Internacional y OCDE.

El sector privado (fundamentalmente empresas⁶) explica el 25% de esa inversión⁷ y, de manera similar a lo evidenciado a nivel mundial, la industria manufacturera ocupa un lugar preponderante en términos de inversión en I+D, representando el 47% del total de la inversión privada. Los sectores que mayores recursos destinan a actividades de I+D son la industria farmacéutica, automotriz y otros equipos de transporte, productos químicos y alimentos y bebidas. Por su parte, el sector de servicios también ocupa un lugar destacado, impulsado

³ Incluye la producción tanto de hardware informático (componentes electrónicos, semiconductores, computadoras y servidores) como de servicios informáticos (softwares para distintas empresas y actividades de grandes empresas de plataforma, incluyendo redes sociales).

⁴ Incluye a proveedores de servicios de atención médica, productores de insumos y equipo médico, y empresas farmacéuticas y biotecnológicas.

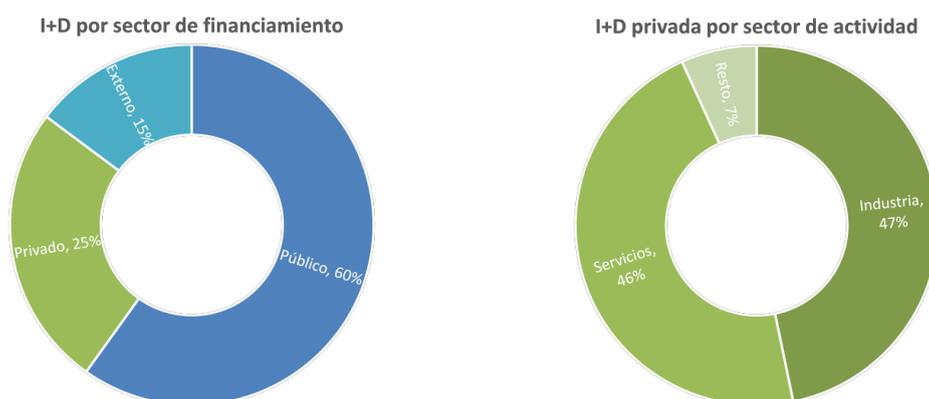
⁵ Incluye empresas de insumos generales para la industria (como químicos, pinturas, containers), equipamiento eléctrico y electrónico, aeroespaciales y de defensa, de servicios profesionales e ingeniería para la industria, de servicios de transporte comercial y de carga, y de maquinaria industria

⁶ Incluye también universidades y entidades privadas sin fines de lucro.

⁷ El sector público (gobierno nacional, provincial y municipal y universidades públicas) constituye la principal fuente de financiamiento, explicando el 60% del total. El restante 15% corresponde al sector externo (organizaciones internacionales, empresas y otras organizaciones extranjeras). (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2022).

fundamentalmente por software y servicios informáticos y los proveedores de servicios de I+D, según la Encuesta I+D al sector empresario (ESID) del MINCYT (2020). Corresponde aclarar que la ESID es un relevamiento anual a 2000 empresas pertenecientes a diferentes sectores industriales y de servicios, que realizan o podrían estar realizando actividades de I+D.

Gráfico 2: Inversión en I+D por sector de financiamiento e I+D privada por sector de actividad. Año 2020. En % sobre monto.



Fuente: Elaboración propia en base a ESID – MINCYT (2020).

Por su parte, los datos de la Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación II (ENDEI II) correspondiente al sector manufacturero para el período 2014-2016, aportan información respecto a la inversión en I+D en relación con las ventas totales y desagregadas por sector. Las actividades mencionadas en el párrafo anterior aparecen por encima del nivel medio general de la industria (1,35%).

Corresponde aclarar que los universos de empresas utilizados en la ESID y en la ENDEI son diferentes. Mientras la ENDEI representa el esfuerzo que realiza las empresas manufactureras de 10 empleados, la ESID da cuenta del gasto realizado por el conjunto de empresas de un panel que respondió que hace actividades de I+D.

En este marco, un aspecto poco indagado en la literatura y en los trabajos empíricos es el incremento en el valor agregado de la economía como resultado de un aumento en la inversión en I+D de la industria manufacturera, teniendo en cuenta que dicha inversión es un componente de la inversión total y, por ende, de la demanda final. A partir de los resultados reportados por las encuestas de gasto en I+D de las empresas, se puede obtener una aproximación a la relevancia que tiene la innovación en el desempeño de la economía y simular el impacto de un incremento de dicha inversión.

Por otro lado, en las últimas décadas se consolidó en nuestro país un relativo consenso respecto de la relevancia de las políticas públicas en el ámbito de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTI), que se cristalizó en la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MINCYT) a finales de 2007 y en el aumento progresivo – aunque con algunas discontinuidades – de los recursos públicos destinados a financiar a las actividades de CTI durante las dos últimas décadas (Bernat, 2022).

En ese marco, otro paso relevante ha sido la Ley N° 27.614 de Financiamiento del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, sancionada en 2021, que eleva el Presupuesto Nacional destinado a la ciencia y la tecnología hasta alcanzar, en el año 2032, el 1% del PBI. A partir de esa pauta es posible estimar el impacto

del presupuesto proyectado y/o ejecutado sobre la actividad productiva. Esto último cobra especial relevancia teniendo en cuenta el peso que tiene el Estado en su rol de financiador de la inversión privada (esto es porque una parte de los proyectos privados son financiados con fondos públicos mediante diferentes programas).

El objetivo general de este documento es estimar el impacto que tiene la actividad innovativa de la industria manufacturera en el agregado de la actividad económica. Constituye una primera aproximación a la contribución innovativa de un sector al valor agregado, que podrá luego ser complementada con otros trabajos que incluyan a los sectores agropecuarios y de servicios (en especial, de servicios basados en el conocimiento).

Para dicho análisis se construyeron, a partir de la metodología insumo-producto, los multiplicadores de los encadenamientos hacia adelante y hacia atrás del gasto en I+D de los sectores industriales identificados en la ENDEI II complementados con información del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCYT)⁸. Se utilizarán los datos de la ENDEI II debido a que poseen una mayor representatividad en términos de los esfuerzos de innovación realizados por la industria.

Se utilizará también para realizar dicho ejercicio una versión actualizada de la Matriz de Insumo Producto de la Argentina para el año 2015. A partir del cálculo de los multiplicadores se simuló el impacto en el valor agregado de un aumento generalizado del gasto en I+D de la industria, teniendo en cuenta la suba proyectada por parte del Estado en ciencia y tecnología y su rol dinamizador en el financiamiento privado mencionado anteriormente.

El documento se estructura de la siguiente manera. Luego de esta introducción, en la segunda sección se presenta una revisión de la bibliografía en relación con el impacto en la actividad económica del gasto en I+D realizado por la industria manufacturera mediante el análisis de los multiplicadores. En la tercera sección se realiza una breve descripción de la inversión en I+D en Argentina, con foco en la actividad manufacturera a partir de la ENDEI II e información complementaria suministrada por el MINCYT. En la cuarta sección, se presenta el abordaje metodológico para la estimación de los multiplicadores hacia adelante y hacia atrás del gasto en I+D de los sectores industriales identificados por la ENDEI II y se estimará el posible impacto de un aumento en el presupuesto público en ciencia y tecnología en la actividad económica. Por último, se presentan las conclusiones.

Marco teórico

En las últimas décadas la teoría económica ha reconocido el rol fundamental de la investigación y desarrollo como motor de crecimiento de la economía, utilizando para ello diferentes marcos conceptuales. Así, esta temática ha sido abordada desde la perspectiva de los modelos de crecimiento económico keynesianos que enfatizan la relevancia que posee el cambio tecnológico en los procesos de desarrollo (Romer, 1990, Rivera-Batiz y Romer, 1991, y Aghion y Howitt, 1992) hasta el enfoque de la teoría evolucionista y neoschumpeteriana de la innovación que entiende al proceso de desarrollo a partir de las actividades de innovación emprendidas por las

⁸ La información surge de la base de microdatos del 2^a operativo de la Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo y la innovación (ENDEI), la cual fue procesada por técnicos de la Dirección Nacional de Información Científica (DNIC) a partir de un pedido de información específico de los autores, asegurando el cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia de secreto estadístico y confidencialidad de los datos suministrados.

firmas dentro del contexto tecnológico y productivo en el que operan (Nelson y Winter, 1982; Nelson, 1993, Lundvall, 2009).

Un aspecto que ha sido menos indagado por la literatura es la difusión intersectorial de la actividad innovativa cuando esta se encuentra embebida en un bien. En otras palabras, la difusión embebida supone que la innovación inicial está incorporada en un producto y que este producto es utilizado por otros sectores como insumo intermedio. De esta forma, la innovación se encuentra embebida en otros productos, incluyendo aquellos cuyo destino final es el consumo, la inversión o las exportaciones. Este tipo de difusión intersectorial es generalmente analizada mediante el uso matrices de insumo-producto y/o de flujos de inversión (Terleckyj, 1980; Griliches and Lichtenberg, 1984; Sakurai et al, 1997; Papaconstantinou et al, 1998; Greenhalgh and Gregory, 2000).

Este enfoque difiere al de difusión no embebida, el cual se relaciona con la transmisión de ideas, conocimiento y experiencias. En un entorno caracterizado por transacciones intersectoriales, este tipo de difusión es estudiado mediante el análisis de matrices de flujos de información de patentes o matrices de patentes (Verspagen, 1997) o matrices de proximidad tecnológica (Jaffe, 1986; Goto and Suzuki, 1989).

Autores como Erik Dietzenbacher y Bart Los (2000) profundizaron la temática de difusión embebida en su trabajo "Analyzing R&D Multipliers" y constituye la base metodológica que sirvió de guía para la realización de este documento. Al estudiar la difusión embebida de los gastos en I+D los autores asumen que dichos gastos pueden ser considerados como un *proxy* del progreso tecnológico, incluyendo mejoras en la calidad del producto y/o proceso productivo. Esto supone, también, que los bienes y servicios intermedios actúan como transmisores de la mejora tecnológica. Luego, las transacciones intersectoriales transmiten esas mejoras a través de las diferentes industrias.

En forma resumida, las preguntas que intentan responder Dietzenbacher y Los son las siguientes:

- ¿Qué proporción de I+D está embebida en el producto final?
- ¿Qué proporción del gasto en I+D de un sector está embebido en la demanda final o en alguno de sus componentes (consumo, inversión y exportaciones)?

La primera pregunta cae en la categoría de problemas que en el marco de la matriz de insumo producto son aproximaciones típicas mediante relaciones hacia atrás y los multiplicadores obtenidos por los coeficientes de inputs (matriz de Leontief). En otras palabras, la estimación de los multiplicadores hacia atrás de I+D mide cuánto gasto en I+D es requerido o traccionado para producir una unidad del producto final de un sector.

La segunda pregunta se responde mediante los multiplicadores hacia adelante que se obtienen de los coeficientes de productos (matriz de Ghosh). Refleja cuánto gasto en I+D de un sector está contenido y/o empuja en las diferentes categorías de la demanda final.

De esta forma el análisis de los multiplicadores hacia atrás y hacia adelante de I+D reflejan dos caras de una misma moneda. La diferencia está en el impulso y en cómo se transmite.

Desde la perspectiva de la política pública, permite dimensionar el impacto de la actividad innovativa (AI) de una determinada industria ya sea porque tracciona determinado gasto de AI de otros sectores productivos para producir una unidad de producto final (multiplicadores hacia atrás) como porque su gasto en

AI está contenido en o empuja dicho gasto hacia la demanda final o la de sus distintos componentes (consumo, inversión y exportaciones).

La información que proveen los multiplicadores permite a los hacedores de política identificar a los sectores “ganadores” en función de hacia dónde se quiere dirigir el impulso. En tal sentido, si se quiere estimular el gasto en AI mediante un shock de demanda en una determinada industria, los multiplicadores hacia atrás determinan cuáles son los sectores que mayores efectos generan. Por su parte, si se decide, por ejemplo, subsidiar el gasto en AI en un sector a fin de lograr una ventaja competitiva en relación con otros países, el multiplicador hacia adelante distingue qué sectores producen el mayor efecto en las exportaciones de una unidad monetaria invertida en AI.

En definitiva, para los hacedores de política pública, los multiplicadores hacia atrás y hacia adelante conforman un “mapa” de posibles impactos en el dinamismo de los sectores que componen a la industria manufacturera argentina a partir de la inversión en actividades de innovación.

Breve caracterización de la actividad innovativa en la Argentina

A partir de los datos de la última ENDEI correspondiente al período 2014-2016, es posible tener una aproximación de los gastos en actividades de innovación (AI) de las empresas manufactureras de Argentina en forma agregada y por sector de actividad. Los datos aquí presentados fueron provistos por los técnicos de la Dirección Nacional de Información Científica (DNIC) del MINCYT con base en los microdatos del segundo operativo de la encuesta mencionada.

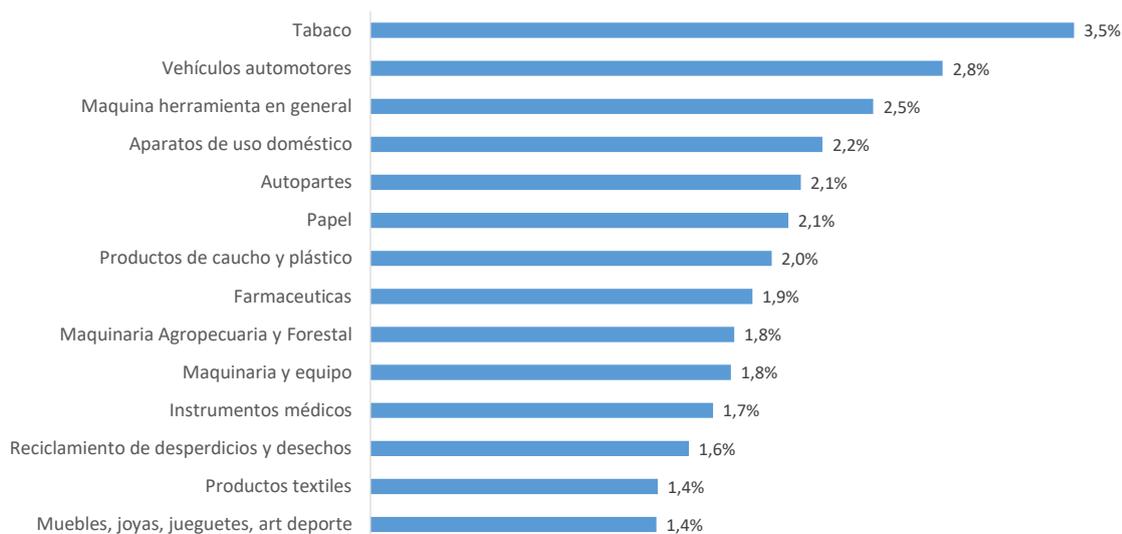
De esta encuesta surge que, en promedio, la industria destina un 1,35% de sus ingresos en AI. Las actividades de innovación incluyen la adquisición de maquinaria y equipo, hardware y software, I+D (interna y externa⁹), diseño industrial e ingeniería interna y otras actividades innovativas. Asimismo, la principal actividad innovativa es la compra de equipamiento (representa el 70% del total), seguida de lejos por los esfuerzos en I+D (14,3%).

En términos sectoriales, de los 30 sectores desagregados a 3 dígitos del Clasificador Internacional Industrial Uniforme (CIIU), 14 presentan un ratio de gasto en AI sobre ventas por encima de la media. Los cinco principales son tabaco, vehículos automotores, máquina-herramienta, aparatos de uso doméstico y autopartes. Los restantes 16 sectores se ubican por debajo del promedio, siendo los sectores que menos recursos destinan son confecciones, los productos refinados de petróleo, vinos, frigoríficos, productos químicos y otros equipos de transporte (grafico 3).

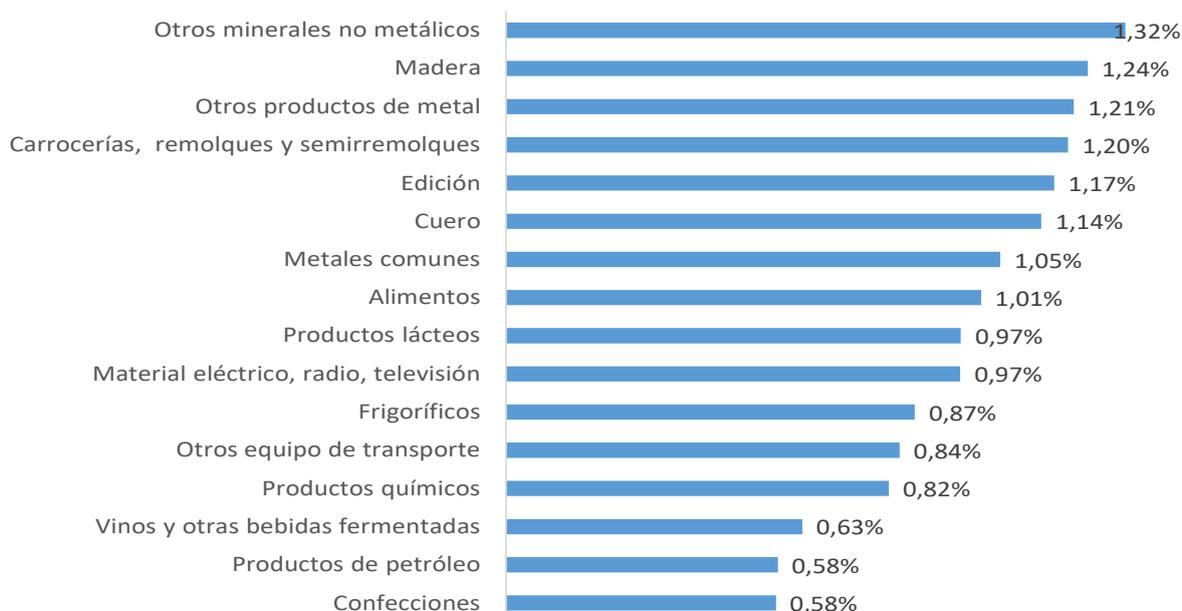
Gráfico 3: Gasto en AI como proporción de las ventas por sector de actividad, ordenados por encima y por debajo de la media de la industria. Promedio 2014-2016. En %.

⁹ Se refiere a si fue realizado por la propia empresa o con personal de la empresa o contrató a un tercero (grupo de investigación, institución o empresa).

Sectores con gasto en AI por encima de la media



Sectores con gasto en AI por debajo de la media



Fuente: Elaboración propia con base en ENDEI II (MINCYT).

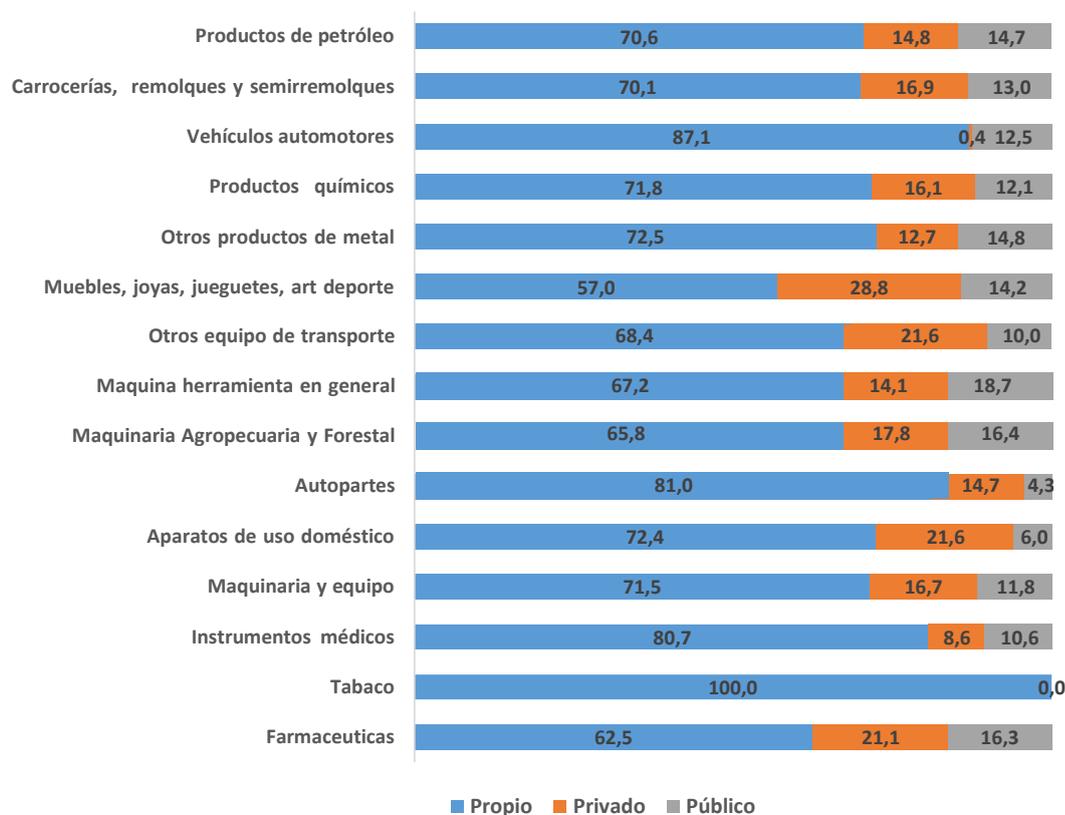
Como se mencionó una parte importante del gasto en AI corresponde a la adquisición de maquinarias y equipos. Por ello, si descontamos esa categoría de dichas actividades, teniendo en cuenta que esta es tecnología incorporada y no forma necesariamente parte de desarrollos propios de la empresa, el panorama sectorial se modifica. De esta forma, el sector farmacéutico encabeza el ranking, seguido por tabaco, instrumentos médicos, maquinaria y equipo y aparatos de uso doméstico.

Tabla 1: Top 15 de sectores en términos de gasto en AI sobre ventas, exceptuando adquisición de maquinarias y equipos, hardware y software. Promedio 2014-2016. En %.

Descripción	AI/Ventas
Farmacéutico	1,54%
Tabaco	1,31%
Instrumentos médicos	1,18%
Maquinaria y equipo	1,00%
Aparatos de uso doméstico	1,00%
Autopartes	0,95%
Maquinaria Agropecuaria y Forestal	0,84%
Maquinaria de uso general	0,77%
Otros equipos de transporte	0,50%
Muebles, joyas, juguetes, art deporte	0,47%
Otros productos de metal	0,46%
Promedio industria	0,46%
Productos químicos	0,45%
Vehículos automotores	0,45%
Carrocerías, remolques y semirremolques	0,41%
Productos de petróleo	0,37%
Fuente: Elaboración propia con base en ENDEI II (MINCYT).	

En términos de fuentes de financiamiento del gasto en actividades innovativas, el 70% corresponde a recursos propios, en segundo término, proviene del sector privado (18%) y resto del público. A nivel sectorial, considerando los 15 sectores de la tabla 1, se observa que en algunas actividades como farmacéutica, maquinaria agrícola y maquinaria de uso general las fuentes públicas son más relevantes.

Gráfico 4: Fuentes de financiamiento de Top 15 de sectores en términos de gasto en I+D sobre ventas, exceptuando adquisición de maquinarias y equipos, hardware y software.



Fuente: Elaboración propia con base en ENDEI II (MINCYT).

Metodología y resultados preliminares

Aspectos metodológicos

Para estimación de los multiplicadores hacia atrás y hacia adelante del gasto en I+D sectoriales la principal herramienta es la matriz de insumo producto. Dicha matriz refleja el balance existente entre fuentes y aplicaciones de la producción de todos los sectores que conforman un sistema económico, para un cierto año base. Consideremos la siguiente identidad contable, desde el punto de vista del gasto, o “circuito del gasto”:

$$x = Z \cdot u + f$$

Dónde x es el Valor Bruto de Producción (VBP), Z la matriz de compras intermedias, u el vector unitario de suma por columnas y f el vector sumado por columnas de la matriz de la demanda final (que incluye el consumo privado, el consumo público, la inversión, las exportaciones y la variación de existencias), todos definidos para n sectores.

Dicho esquema no hace más que reproducir el flujo de la producción y reproducción para el año en cuestión. A fin de convertirlo en una herramienta útil, se debe abandonar el terreno de la mera contabilización, y asumir

propiedades que puedan transformarlo en un esquema proyectivo. Si postulamos una relación técnica lineal entre insumos y productos tal que:

$$A = Z \cdot \text{diag} (x^{-1})$$

Obtenemos la matriz de coeficientes técnicos (A), o requerimientos directos por unidad de producto. Esta especificación implica asumir que la reproducción se realiza con rendimientos constantes a escala, ya que la demanda de insumos y de mano de obra siempre sufrirá cambios proporcionales al nivel de producción de cada actividad:

$$Z = A \cdot x$$

Reordenando el esquema del gasto, arribamos al modelo abierto de Leontief:

$$x = (I - A)^{-1} \cdot f = L \cdot f$$

Siendo $(I - A)^{-1} = L$ la matriz de requerimientos totales (directos e indirectos) o matriz de Leontief. Para entender mejor este punto, resulta conveniente interpretar a L como la expansión de una serie de potencias, tal que: $L = I + A + A^2 + A^3 + \dots + A^n = \sum A^k$. La matriz L captura los efectos directos más todos los impactos de segundo, tercer y hasta n orden. En consecuencia, cada elemento de la matriz L representa la cantidad de producción total requerida para satisfacer una unidad adicional de demanda final. A partir del desarrollo previo, es posible vincular cambios en las cantidades dentro de la economía, como el incremento en el gasto público, la inversión y el consumo.

Multiplicadores hacia atrás

Siguiendo a Dietzenbacher y Los (2000), se derivan a partir de la matriz de Leontief los multiplicadores del gasto en I+D hacia atrás. Este indicador mide el impacto sobre el gasto total en I+D asociado a un incremento unitario de demanda final de determinado sector.

Se obtienen de la siguiente fórmula:

$$\beta' = r' \cdot L$$

Donde r' denota el vector columna transpuesto de intensidad de gasto en I+D en relación con el valor de producción y L es la matriz de Leontief.

Es una medida útil para analizar los impactos derivados de impulsar la demanda final de determinado sector o ante variaciones en los componentes del gasto final. Por ejemplo, si hubiera cambios en la composición de la demanda de las exportaciones.

Multiplicadores hacia adelante

Mientras que los multiplicadores hacia atrás están basados en el modelo de Leontief, los multiplicadores hacia adelante se derivan de la representación del sistema insumo producto desde el punto de vista de la oferta, también conocido como modelo de Ghosh.

Este modelo está expresado por la siguiente ecuación:

$$x' = v' (I - B)^{-1} = v' \cdot G$$

Siendo B la matriz de distribución que indica la proporción del valor de producción de la industria i que es vendida a la industria j y v' el vector columna transpuesto del valor agregado.

De esta forma, se pueden estimar los multiplicadores hacia adelante como:

$$\Gamma = \text{diag}(r) \cdot G \cdot u$$

Cada elemento de Γ mide la cantidad de gasto en I+D contenido en el valor bruto de producción de cada sector.

Asimismo, puede calcularse el multiplicador anterior asociado específicamente a un componente de la demanda final, como pueden ser las exportaciones. Este multiplicador se obtiene ponderando el multiplicador hacia adelante por la proporción de ventas externas de cada sector. De esta manera, obtenemos una medida del gasto en I+D contenido en las exportaciones sectoriales.

Estimación de los multiplicadores

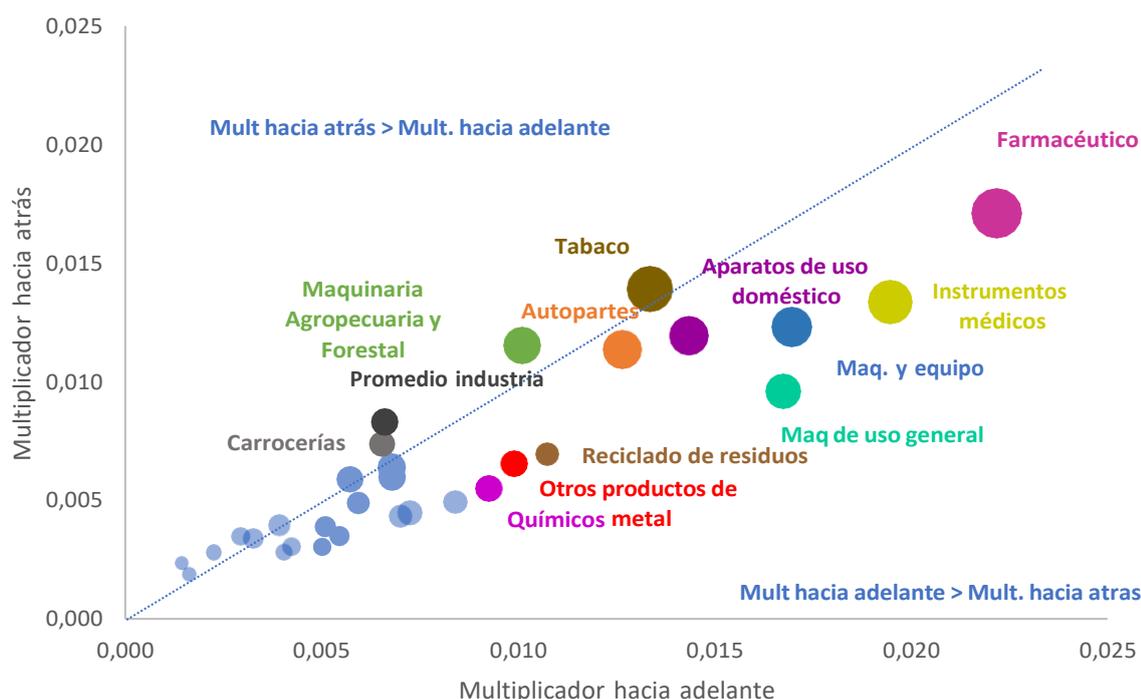
A partir de la metodología utilizada y de la información provista por el MINCYT con base en los microdatos del segundo operativo de la Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo y la innovación (ENDEI II), se construyeron los multiplicadores hacia atrás y hacia adelante del gasto en AI por sector de actividad. Para ello se consideró para el período 2014-2016 el ratio promedio del gasto en actividades innovativas sobre ingreso, excluyendo aquellos gastos vinculados a la adquisición de maquinaria y equipo, hardware y software. Como se mencionó anteriormente la maquinaria puede considerarse como tecnología incorporada y no necesariamente forma parte de desarrollos propios de la empresa.

De acuerdo con el cálculo de los multiplicadores, la industria farmacéutica es el sector que posee el mayor requerimiento (directo e indirecto) de AI por unidad de demanda final. En este caso, por cada 100 unidades monetarias de demanda final que enfrenta el sector, tiene que gastar 1,71 unidades monetarias en I+D. Le siguen en importancia tabaco¹⁰ y los sectores productores de bienes de capital como instrumentos médicos y maquinaria y equipo. Todos ellos muy por encima del promedio de la industria, que da un valor de 0,66 por cada 100 unidades monetarias de demanda final.

Por su parte, como ya fue mencionado, los multiplicadores hacia adelante miden cuánto gasto en AI se encuentra contenido en la producción de determinado sector. Los primeros puestos vuelven a estar ocupados por los mismos sectores que encabezan los efectos multiplicadores hacia atrás, a excepción de tabaco que desciende cuatro posiciones. Por caso, considerando nuevamente al sector farmacéutico, que encabeza este ranking, por cada 100 unidades monetarias de valor bruto de producción generado, requiere de 2,2 unidades monetarias en gastos innovativos, casi el triple del gasto en AI contenido en el producto medio de la industria (0,83).

¹⁰ Si bien el caso de tabaco puede llamar la atención, corresponde aclarar que se trata de un sector conformado por multinacionales, con elevado nivel de concentración, que frente a un escenario de caída tendencial del consumo de cigarrillos tanto a nivel local como internacional destina esfuerzos a la investigación y desarrollo de productos libres de humo que funcionen como una alternativa a los cigarrillos convencionales.

Gráfico 5: Multiplicadores hacia adelante y hacia atrás^{1,2}



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2015 y ENDEI II – MINCYT.

Nota: 1. Excluye los gastos vinculados a la adquisición de maquinaria y equipo, hardware y software. 2. El tamaño de la burbuja indica la proporción del gasto en I+D sobre ventas. Las burbujas en color azul identifican al resto de los sectores.

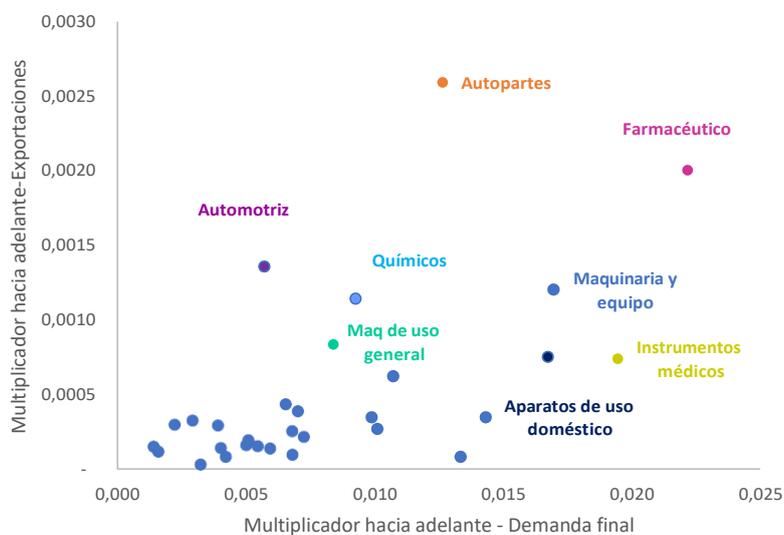
El gráfico 5 permite visualizar la existencia de una relación lineal entre ambos multiplicadores, que refleja una correspondencia entre los coeficientes de los multiplicadores hacia atrás y hacia adelante de cada sector. La diagonal principal refleja la situación de una relación idéntica entre ambos indicadores. Aquellos sectores que se encuentran por encima de la diagonal presentan un mayor coeficiente del multiplicador hacia atrás que hacia adelante. Una situación inversa ocurre con los que se encuentran por debajo de la diagonal. De los 31 sectores analizados, 20 se encuentran dentro de este último caso, lo que estaría dando cuenta del mayor alcance de una política orientada a impulsar el gasto en I+D en la demanda final o algún componente de la demanda final.

La interpretación que se desprende del cálculo de los multiplicadores para el caso de la industria farmacéutica, por ejemplo, es que la inversión en I+D en ese sector no sólo redundaría en el mayor “arrastre” de la I+D de otros sectores sino que, además, “empujaría” al valor agregado total de la economía.

Impacto en la actividad económica y en las exportaciones sectoriales

El multiplicador hacia adelante también puede estimarse asociado a un componente de la demanda final, como pueden ser las exportaciones. Este multiplicador se obtiene ponderando el multiplicador hacia adelante por la proporción de ventas externas de cada sector. De esta manera, obtenemos una medida del gasto en I+D contenido en las exportaciones sectoriales.

Gráfico 6: Multiplicadores hacia adelante del gasto en AI* de la industria asociado a exportaciones. En porcentaje de las exportaciones de cada sector.



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2015 y ENDEI II – MINCyT

Nota: (*) Excluye los gastos vinculados a la adquisición de maquinaria y equipo, hardware y software. Los puntitos en color azul identifican al resto de los sectores.

Se puede apreciar en el gráfico 6 cómo sectores de mayor inserción externa ganan posicionamiento en el ranking. Es el caso de autopartes que encabeza el ranking el multiplicador de exportaciones y se encuentra en séptimo lugar en términos del indicador anterior.

Impacto de la ley de financiamiento del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación

Del mismo modo que se estimó el impacto del gasto en AI contenido en cada sector es posible establecer el impacto agregado del gasto en actividades innovativas de la industria manufacturera sobre el PBI (o valor agregado total de la economía). De esta forma, por cada punto porcentual de incremento del gasto en AI, el valor agregado total de la economía crece 0,02%.

Como se mencionó en la introducción, la sanción y reglamentación de ley N° 27.614 que eleva el Presupuesto Nacional destinado a la ciencia y la tecnología hasta alcanzar, en el año 2032, el 1% del PBI constituye un hito en la política pública que reivindica el rol estratégico de la CyT e innovación en el desarrollo económico, productivo, social y ambiental.

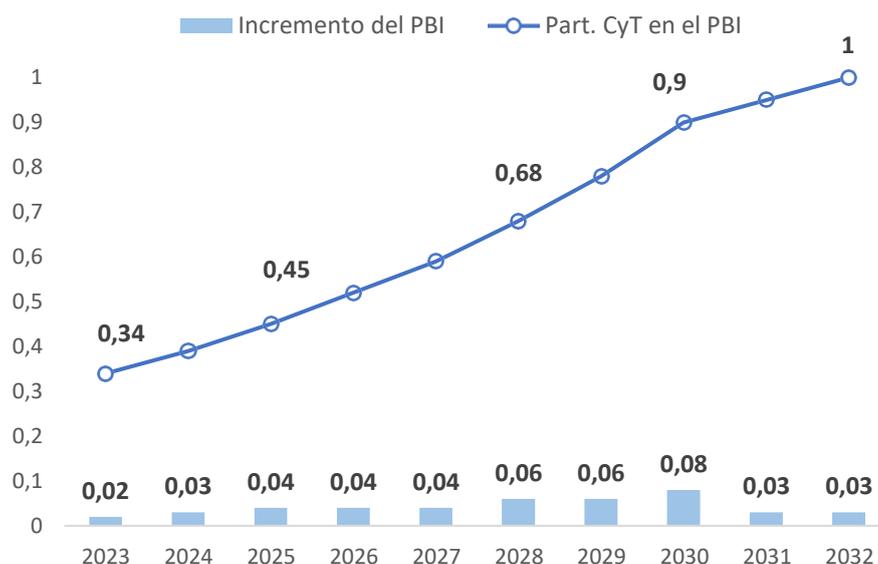
A partir de la pauta establecida es posible estimar el impacto del presupuesto proyectado y/o ejecutado sobre la actividad productiva. Esto último cobra especial relevancia teniendo en cuenta el peso que tiene el Estado en su rol de financiador de la inversión privada (esto es porque una parte de los proyectos privados son financiados con fondos públicos mediante diferentes programas).

Teniendo en cuenta las metas de gasto en CyT previstas para el periodo 2021-2032 y a aplicando el modelo de Ghosh, se puede estimar el impacto agregado sobre el PBI. Para ello se supuso incrementos en el vector de intensidad tecnológica promedio 2014-2016 proporcionales a la variación de las metas de gasto en CyT. De esta forma se obtiene el efecto en VBP a partir de la siguiente ecuación:

$$\Delta x' = \Delta r' \text{diag}(x) (I - B)^{-1}$$

Se estima que el aumento en la función CyT de acuerdo con lo que establece la ley, generaría un crecimiento del PBI el primer año de 0,02% adicional, el segundo año de 0,03% adicional y así sucesivamente hasta acumular 0,43% en los próximos 10 años. Este resultado se deriva solo de considerar la actividad innovativa de la industria manufacturera.

Gráfico 7: Impacto en el PBI de las metas del gasto en ciencia y tecnología. En puntos porcentuales.



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2015 y ENDEI II – MINCyT

Conclusiones

Hasta aquí se ha realizado una aproximación al análisis de la contribución de la actividad innovativa de la actividad manufacturera al valor agregado de la economía argentina.

A partir del cálculo de los multiplicadores hacia atrás y hacia adelante se respondieron las preguntas acerca de la proporción del gasto de I+D embebido en el producto final y en la demanda final o en cada componente de la misma (consumo, inversión y exportaciones), respectivamente.

Los resultados obtenidos del análisis de las 30 ramas industriales relevadas por la ENDEI II muestran que para ambos multiplicadores la industria farmacéutica es el sector que posee mayores requerimientos (directo e indirecto) de AI por unidad de producto final, seguido los sectores productores de bienes de capital como instrumentos médicos y maquinaria y equipo.

Desde la perspectiva de la política pública, el análisis permite a los hacedores de política identificar a los sectores “ganadores” en función de hacia dónde se quiere dirigir el impulso. En tal sentido, si se quiere estimular el gasto en AI mediante un shock de demanda en una determinada industria, los multiplicadores hacia atrás determinan cuáles son los sectores que mayores efectos generan. Por su parte, si se decide, por ejemplo, subsidiar el gasto en AI en un sector a fin de lograr una ventaja competitiva en relación con otros países, el multiplicador hacia adelante distingue qué sectores producen el mayor efecto en las exportaciones de una unidad monetaria invertida en AI.

En cuanto al impacto agregado del gasto en AI de la industria manufacturera sobre el PBI, se obtuvo que por cada punto porcentual de incremento del gasto en AI, el valor agregado total de la economía crece un 0,02%. Teniendo en cuenta la pauta de aumento del presupuesto en CyT sobre el PBI hasta alcanzar el 1% en 2032 -Ley N° 27.614-, se estimó un crecimiento acumulado del PBI del 0,43% en los próximos 10 años.

En conclusión, este estudio muestra que la inversión en actividades de innovación en la industria manufacturera tiene un impacto significativo en la economía argentina y en el valor agregado sectorial. Los resultados sugieren que el aumento del presupuesto en CyT puede tener un impacto positivo en el crecimiento económico a largo plazo.

Hacia futuro, este análisis podría ser complementado con otros trabajos que incluyan, además de a la industria manufacturera, a los sectores agropecuario y de servicios (en particular al de servicios basados en el conocimiento) con el fin de incorporar a todos los sectores productivos del país.

Bibliografía

- Bernat G. (2022), "Estimación del multiplicador del gasto público en I+D", CIECTI.
- CEP XXI (2021), "La innovación productiva en el mundo", Ministerio de Desarrollo Productivo.
- Dietzenbacher E. y Los B. (2000), "Analyzing R&D Multipliers," Universidad de Groningen, Países Bajos
- Greenhalgh, C., and M. Gregory (2000), "Labour Productivity and Product Quality: Their Growth and Interindustry Transmission", in: R. Barrell, G. Mason and M. O'Mahoney (eds), Productivity, Innovation and Economic Performance (Cambridge University Press, Cambridge, forthcoming).
- Ghosh, A. (1958), "Input-output approach in an allocation system", *Economica*, Vol. 95, No. 97.
- Griliches, Z., and F.R. Lichtenberg (1984), "Interindustry Technology Flows and Productivity Growth: A Reexamination", *Review of Economics and Statistics*, vol. 66, pp. 324-329.
- Mazzucato, M. (2013), "El Estado Emprendedor", Taurus.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2019), "Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación", Primeros resultados 2014-2016.
- Papaconstantinou, G., N. Sakurai and A. Wyckoff (1998), "Domestic and International Product-Embodied R&D Diffusion", *Research Policy*, vol. 27.
- Terleckyj, N.E. (1980), "Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries", in: J.W. Kendrick and B.N. Vaccara (eds), *New Developments in Productivity Measurement and Analysis* (NBER Studies in Income and Wealth, no. 44, University of Chicago Press, Chicago).

Anexo metodológico/estadístico

Anexo 1. Construcción MIP 2015

La matriz insumo producto simétrica se obtuvo a partir de los Cuadros de Oferta y Utilización (COU) 2004 publicados por el INDEC, mediante la aplicación del método de cuotas de mercado, para expresar cuentas en términos de actividades.

La actualización a 2015 parte de los valores publicados por Cuentas Nacionales de VBP, VAB y CI.

Las ventas intermedias se obtienen por diferencia, restándole a la oferta total la demanda final. Ambos vectores se utilizan como orlas para rebalancear la matriz de transacciones intermedias, mediante el método RAS. Esta técnica, muy utilizada en la actualización de matrices, realiza un ajuste biproportional de filas y columnas por aproximaciones sucesivas hasta converger en los valores de compra-ventas intermedias que se ajustan a las nuevas orlas

Anexo 2. Multiplicadores hacia atrás y hacia adelante

Posición	Descripción	Multiplicador hacia atrás
1	Farmacéutico	0,0171
2	Tabaco	0,0139
3	Instrumentos médicos	0,0134
4	Maq. y equipo	0,0123
5	Aparatos de uso doméstico	0,0120
6	Maquinaria Agropecuaria y Forestal	0,0115
7	Autopartes	0,0114
8	Maq de uso general	0,0096
9	Promedio industria	0,0083
10	Carrocerías	0,0074
11	Reciclado de residuos	0,0069
12	Otros productos de metal	0,0065
13	Otros equipo de transporte	0,0064
14	Resto de manufacturas	0,0060
15	Vehículos automotores	0,0059
16	Químicos	0,0055
17	Metales comunes	0,0049
18	Material eléctrico, radio y tv	0,0049
19	Productos de petróleo	0,0045
20	Productos de caucho y plástico	0,0043
21	Productos lácteos	0,0039
22	Productos textiles	0,0039
23	Otros minerales no metálicos	0,0035
24	Cuero	0,0035
25	Confecciones	0,0034
26	Edición	0,0030
27	Madera	0,0030
28	Papel	0,0028
29	Alimentos	0,0028
30	Vinos y otras bebidas fermentadas	0,0023
31	Frigoríficos	0,0019

Posición	Descripción	Multiplicador hacia adelante
1	Farmacéutico	0,0222
2	Instrumentos médicos	0,0195
3	Maq. y equipo	0,0170
4	Maq de uso general	0,0168
5	Aparatos de uso doméstico	0,0143
6	Tabaco	0,0134
7	Autopartes	0,0127
8	Reciclado de residuos	0,0107
9	Maquinaria Agropecuaria y Forestal	0,0101
10	Otros productos de metal	0,0099
11	Químicos	0,0093
12	Metales comunes	0,0084
13	Productos de petróleo	0,0072
14	Productos de caucho y plástico	0,0070
15	Resto de manufacturas	0,0068
16	Otros equipo de transporte	0,0068
17	Promedio industria	0,0066
18	Carrocerías	0,0065
19	Material eléctrico, radio y tv	0,0059
20	Vehículos automotores	0,0057
21	Otros minerales no metálicos	0,0054
22	Productos textiles	0,0051
23	Madera	0,0050
24	Edición	0,0042
25	Papel	0,0040
26	Productos lácteos	0,0039
27	Confecciones	0,0032
28	Cuero	0,0029
29	Alimentos	0,0022
30	Frigoríficos	0,0016
31	Vinos y otras bebidas fermentadas	0,0014



Septiembre 2023

ISBN 978-987-4193-69-8



9 789874 193698