



Evaluación de impacto de experiencias de compra pública de innovación

El caso de Colombia

Preparado para el Banco Interamericano de Desarrollo por:

**María del Carmen Sánchez-Carreira,
María Concepción Peñate-Valentín,
José Manuel Amoedo, Hugo Campos Romero,
Bruno Blanco-Varela, José Blanco Álvarez**

Abril 2023

Clasificaciones JEL: 031

Palabras clave: compra pública de innovación, compra pública de tecnología innovadora, innovación, evaluación de impacto

Copyright © 2023 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Nótese que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Banco Interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20577
www.iadb.org

El Sector de Instituciones para el Desarrollo fue responsable de la producción de la publicación.

Colaboradores externos:
Coordinación de la producción editorial: Sarah Schineller (A&S Information Partners, LLC)
Revisión editorial: Clara Sarcone
Portada: Miguel Lage

Índice

Listado de siglas.....	1
Introducción.....	2
1. Compra pública de innovación: definición y evaluación.....	4
1.1. La CPI.....	4
1.2. Retos y dificultades en la medición de impacto de la CPI.....	6
2. Revisión de literatura sobre el impacto de la CPI.....	9
3. Evaluación del impacto de la CPI mediante técnicas de emparejamiento: el caso de Colombia.....	18
3.1. Descripción de las técnicas de emparejamiento estadístico y de las fuentes de datos	18
3.2. Fuente de datos, variables y características de las empresas con CPI	19
3.3. Metodología	22
4. Impacto de la CPI en Colombia	24
4.1. Análisis individual del impacto de la CPI en Colombia.....	25
4.2. Análisis conjunto del impacto de la CPI en Colombia.....	27
5. Conclusiones	32
Referencias.....	36
Anexos.....	41
Anexo 1. Descripción y estadísticas descriptivas de las variables y covariables para el <i>matching</i> de Colombia.....	41
Anexo 2. Medidas de equilibrio en el <i>matching</i> de Colombia.....	49
Anexo 3. Test de resultados para los distintos grupos de tratamiento analizados en Colombia.....	57

Listado de siglas

CIS	Encuesta de Innovación Comunitaria (Europa) (siglas en inglés)
CPI	Compra pública de innovación
EDIT	Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica de Colombia
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
FEM	Foro Económico Mundial
FPDS-NG	Federal Procurement Data System—Next Generation de Estados Unidos
I+D	Investigación y desarrollo
MCO	Regresión de mínimos cuadrados ordinarios
NNM	Método de <i>matching</i> del vecino más cercano (siglas en inglés)
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PEC	Encuesta Profesional de las Competencias en la Empresa de Italia (siglas en italiano)
PSM	Emparejamiento con propensión de puntaje (siglas en inglés)
PSM-DID	Emparejamiento de diferencias en diferencias con propensión de puntaje (siglas en inglés)
SAT	Sectores de alta tecnología
SBT	Sectores de baja tecnología
SEM	Modelo de ecuaciones estructurales (siglas en inglés)
SERGAS	Servicio Gallego de Salud (Galicia, España)
SIC	Sectores intensivos en conocimiento
SMAT	Sectores de media-alta tecnología
SMBT	Sectores de media-baja tecnología
SNIC	Sectores no intensivos en conocimiento
TELEA	Plataforma de teleasistencia domiciliaria
UE	Unión Europea
WGI	Worldwide Governance Indicators

Introducción

El sector público es un actor relevante en el ámbito de la innovación, para lo que dispone de instrumentos de diverso tipo. Tradicionalmente han predominado las políticas de oferta, en las que el sector público actúa como proveedor de elementos que favorecen la innovación (educación, conocimiento, infraestructuras tecnológicas), frente a las políticas de demanda, que se centran en la capacidad del sector público como consumidor para estimular la innovación (Sánchez-Carreira, Peñate-Valentín y Varela-Vázquez, 2017). Sin embargo, la compra pública como instrumento de política económica desde la demanda y, particularmente, con el fin de promover la innovación, adquiere mayor relevancia en los últimos años en distintos ámbitos, como la Unión Europea (UE) y más recientemente en América Latina y el Caribe (ALC). El instrumento de la compra pública de innovación (CPI) vincula el papel del sector público como consumidor con el de promotor de la innovación.

Conocer y medir el impacto de la CPI es un aspecto necesario para valorar la efectividad de este instrumento de la política de innovación desde un enfoque de demanda. Esta evaluación es necesaria para rendir cuentas a la sociedad sobre el beneficio de esta herramienta, conseguir una mayor eficiencia de los recursos públicos (menor coste o mayor calidad de los servicios públicos), obtener mayor efectividad de las políticas y alcanzar el aprendizaje que permita mejorar el diseño e implementación de nuevas políticas.

Sin embargo, estudiar el impacto de una política pública presenta notables dificultades, entre las que se destaca la complejidad del problema de la atribución, derivado de las interacciones que se producen entre la medida implementada y otras medidas relacionadas con ella. En consecuencia, esas interacciones suponen un obstáculo para separar y cuantificar los efectos de una política específica.

Asimismo, en el caso particular de la CPI, las experiencias son aún limitadas, de reducida escala y de desarrollo reciente. Y dado que la medición del impacto de una política requiere una perspectiva temporal más amplia, que permita valorar de forma completa el efecto e impacto socioeconómico de las experiencias, la valoración de los efectos directos e indirectos que se producen como consecuencia de la utilización de la CPI resulta más complicada. La información estadística disponible para evaluar los efectos de su implementación es muy limitada, debido a las dificultades de cuantificación y falta de sistematización de la información a lo largo del proceso. En otras ocasiones, la información disponible sobre los casos concretos es muy específica, por lo que es difícilmente generalizable. Por todo ello, la mayoría de los estudios de evaluación de CPI

se centran en el análisis de las etapas previas (como las fases de diseño e implementación), mientras que la evaluación a posteriori queda relegada a un número reducido de trabajos que intentan realizar una aproximación a esta realidad mediante diversas metodologías.

El principal objetivo de esta publicación es evaluar y medir el impacto de la CPI, así como profundizar en el conocimiento de herramientas de análisis y evaluación de los efectos de este instrumento, haciendo foco en las empresas. Para ello, proporciona una revisión completa de la literatura existente sobre el impacto de la CPI y evidencia cómo se evalúa la CPI en otras partes del mundo. De esta manera, contribuye a llenar un espacio escasamente abordado en la literatura: la constatación empírica de los efectos de la CPI en diversos ámbitos del desempeño empresarial, tanto directos como indirectos. Además, presenta una aplicación de cómo se podría evaluar el impacto de la CPI en las empresas en Colombia, para lo cual se utiliza el emparejamiento con propensión de puntaje (*propensity score matching* [PSM]).

La publicación pretende ofrecer una primera medición del impacto de la CPI para el sector privado en ALC, tomando como referencia el caso de Colombia. Para ello, la primera sección aborda algunos aspectos clave sobre el análisis de la CPI y su evaluación. La segunda presenta la revisión sistemática de la literatura sobre la evaluación de impacto de la CPI. La tercera sección describe la metodología utilizada para la consecución de dichos objetivos. La cuarta se centra en la evidencia empírica en Colombia a través de la metodología de emparejamiento o *matching* (en concreto, a través del PSM). Finalmente, la última sección presenta las principales conclusiones.

Esta publicación acompaña una serie de casos de estudio de proyectos de CPI realizados tanto en Europa como en ALC. Esta serie tiene como finalidad, en primer lugar, fomentar el uso de la CPI como herramienta para promover la innovación desde la demanda pública, especialmente en países latinoamericanos. En segundo lugar, busca documentar los diferentes marcos jurídicos y metodológicos utilizados por las administraciones públicas de distintos países para realizar estas compras públicas.

Los casos de estudio se adentran en las fases que deben seguirse y las acciones llevadas a cabo por los actores para poder analizar con mayor profundidad los marcos referenciales antes nombrados, detectar las trabas encontradas durante la ejecución de los proyectos y recoger las lecciones aprendidas, así como tomar en cuenta las buenas prácticas llevadas a cabo por los actores.

Esta serie, y en particular la presente publicación, también busca promover la evaluación de impacto de la CPI. Para el equipo de trabajo, este último punto es de suma importancia, ya que a pesar de existir avances en la medición de impacto de la CPI, gracias

a iniciativas de diferentes organismos de la UE o de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), estos presentan limitaciones significativas; por ejemplo, se centran en indicadores procedimentales, de ejecución y cumplimiento que no permiten atribuir el efecto socioeconómico de la CPI.

Un aspecto escasamente abordado en la literatura es el desarrollo de formas directas de medición de impacto de la CPI. Por ello, junto a esta serie de casos se presenta esta evaluación de impacto de una experiencia de CPI referida a Colombia, que contribuye al desarrollo de formas directas de medición.

1. Compra pública de innovación: definición y evaluación

1.1. La CPI

La CPI se define como una herramienta que permite promover la innovación desde la demanda pública, a través de la adquisición de productos o servicios que no necesariamente existen en el mercado y que requieren un proceso de codiseño entre comprador y proveedor (Ospina et al., 2021).

En este sentido, se entiende que el comprador o demandante es la administración pública, la cual plantea un reto,¹ y que los proveedores o solucionadores son las entidades tanto del sector público como del privado con capacidad de dar respuesta a ese reto a través de la innovación y la investigación, como por ejemplo, empresas tecnológicas emergentes (*startups*), empresas innovadoras, universidades o centros tecnológicos. Por lo tanto, la CPI permite a los compradores públicos satisfacer necesidades no cubiertas, mejora la prestación de servicios a través de una orden de compra de bienes y servicios que aún no existen en el mercado y, al mismo tiempo, promueve la innovación en las empresas o entidades de investigación que las desarrollarán (Sinde, 2018).

Existen dos vías principales por las que puede darse esta unión entre comprador y proveedor: (i) la CPI proactiva, cuando la entidad pública establece mecanismos para identificar las necesidades de manera constante a fin de volverlas oportunidades de negocio para los solucionadores y (ii) la CPI reactiva, cuando la entidad pública diseña mecanismos para recibir propuestas de soluciones o ideas de innovación para analizar si atienden a sus problemáticas (Sinde, 2019).

¹ Los retos de la CPI siempre deberán enunciarse de una manera funcional y focalizándose en cuál es el problema o lo que se quiere lograr, pero sin definir el “cómo”, ya que se tratará de una solución innovadora que dará el mercado.

En particular, dentro de la serie de casos que acompañan esta publicación, Smart Doctor en Perú es un ejemplo de CPI reactiva, ya que parte de una iniciativa privada, mientras que el resto de los casos —TELEA, Tierra 3-Civil UAV Initiative, Papyrus y Alu Circles— son ejemplos de CPI proactiva.

La CPI presenta un notable potencial para los distintos agentes de la sociedad y puede vincularse tanto con efectos directos como indirectos. De esta forma, se pueden distinguir los efectos sobre las empresas y su actividad, el sector público, los usuarios y el conjunto de la sociedad. El Cuadro 1 presenta los principales efectos para los distintos agentes sociales.

En el caso del sector privado, se observa que la CPI garantiza una primera fuente de demanda segura, lo que reduce el riesgo en las primeras fases del proceso de innovación. Asimismo, proporciona un campo para la experimentación y un mercado de lanzamiento de innovaciones. En diversas ocasiones, también supone un ejemplo, por lo que genera un efecto demostración que marca el camino para la innovación a través de la imitación. En ese sentido, favorece la difusión de innovaciones, al ofrecer señales de apoyo a la innovación, a la vez que estimula al mercado a desarrollar nuevos productos, servicios o tecnologías. Asimismo, para las empresas participantes en los procesos de CPI, implica gozar de prestigio y reconocimiento por ser proveedor del sector público, lo que les permite obtener ventajas competitivas sobre otras empresas del sector.

En el caso del sector público, la CPI posibilita mejorar la calidad de los servicios públicos, al tiempo que se reducen sus costes, especialmente en el medio y largo plazo. Además, supone mayor eficiencia y efectividad al mejorar los servicios que provee, sean ya existentes o nuevos. Este hecho repercute en los usuarios finales, tanto si se trata de la propia administración pública como de usuarios del sector privado. Para el conjunto de la sociedad, la CPI también supone una mayor riqueza y desarrollo social, dado que tienen lugar nuevas actividades económicas que generan vínculos con el empleo y la producción.

Cuadro 1. Potencial de la CPI para diferentes agentes

Tipo de agente	Potencial
Empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Primera fuente de demanda segura • Reducción del riesgo en las primeras fases de la innovación • Campo para la experimentación • Mercado de lanzamiento • Efecto demostración • Favorece la difusión • Prestigio de ser proveedor del sector público • Adquisición de ventajas competitivas
Sector público	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la calidad de los servicios públicos • Reducción de los costes de los servicios públicos • Mayor eficiencia y efectividad al mejorar los servicios (existentes o nuevos)
Usuarios	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la calidad de los servicios públicos
Sociedad	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la calidad de los servicios públicos • Riqueza y desarrollo social • Nuevas actividades económicas • Mayor empleo

Fuente: Elaboración propia con base en Peñate (2021).

1.2. Retos y dificultades en la medición de impacto de la CPI

La evaluación de impacto de las medidas de política económica supone un proceso complejo, que conlleva notables dificultades que derivan de diferentes aspectos, como individualizar el efecto en los distintos agentes o analizar el largo plazo. Sin embargo, se trata de un proceso relevante para poder conocer en profundidad el instrumento evaluado, proponer mejoras y obtener una fuente relevante de aprendizaje. En el caso de la CPI, se añaden ciertos aspectos que incrementan esta complejidad. En primer lugar, dicha complejidad se deriva en gran medida de la dificultad real de evaluar las políticas, es decir, de separar los efectos imputables a la política analizada de otras que interactúan con ella (i.e. habitualmente conocido como el problema de la atribución). En ocasiones, esa interacción puede suponer un refuerzo para la medida en cuestión, pero en otras puede debilitarla o incluso producir efectos contrapuestos. Cuando esto sucede, la medición se dificulta todavía más porque se hace necesario un análisis pormenorizado de cada una de las circunstancias que generan esos efectos no deseados. Este hecho se puede observar cuando interactúan instrumentos de las políticas de innovación desde la

demanda y desde la oferta (Edquist et al., 2015), o incluso con otras políticas industriales o sectoriales.

A esta dificultad se unen las limitadas experiencias que existen en la actualidad en la CPI, a pesar de su continuo crecimiento, y que muchas de ellas son iniciativas de pequeña escala o experimentales, al menos en las fases iniciales. Estas limitaciones implican una situación adversa para la comparación de experiencias, especialmente si se quieren contrastar casos en los que se utiliza CPI con otros en los que no se ha usado. Además, las experiencias existentes son bastante recientes para poder valorar su efecto con una suficiente perspectiva temporal. Esto es así dado que si bien hay efectos que deben percibirse en el corto plazo para garantizar el éxito de una medida, los efectos a mediano y largo plazo son determinantes para comprobar su continuidad e impacto más allá de las experiencias aisladas. Por lo tanto, este hecho supone la necesidad de que exista un margen de tiempo posterior, o tras la finalización del proyecto de CPI, para evaluar esos efectos no inmediatos. Este aspecto enlaza con la vocación de continuidad en el tiempo que han de tener los proyectos de CPI. Asimismo, la escasez de datos disponibles constituye otra dificultad, al no ser tradicionalmente una prioridad para los diversos agentes la recolección de los datos necesarios para elaborar un análisis adecuado.

Distintos organismos, como la UE o la OCDE, intentan proponer sistemas de medición de la compra pública, como los indicadores de compra pública (*Single Market Scoreboard Public Procurement*), vigentes desde 2013. Estos indicadores tratan de medir la eficiencia y eficacia de los procesos de compra pública en los distintos países, con base en el estudio de seis indicadores y el cálculo del rendimiento global. Ello supone una primera aproximación a las características de los procesos de demanda pública. Estos avances en la medición se centran en indicadores procedimentales, de ejecución y cumplimiento. En este sentido, son útiles para planificar y diseñar nuevas experiencias pero no permiten conocer el efecto socioeconómico de la CPI.

Un aspecto poco abordado en la literatura es el desarrollo de formas directas de medición de la CPI, tanto cuantitativas como cualitativas. El informe elaborado para la Comisión Europea (2020) sobre el uso estratégico de la CPI supone otra aportación a esta medición desde el punto de vista del desempeño. Esta aproximación permite apreciar una imagen global del mercado de la CPI, al tratarse de un intento de cuantificar la CPI, así como de medir su desempeño a través de indicadores referidos a aspectos principalmente formales o procedimentales, como las definiciones oficiales de instrumentos de innovación, existencia de políticas horizontales, políticas de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y políticas sectoriales, plan de acción, objetivo de gasto,

sistema de monitorización, incentivos, medidas de asesoramiento y creación de capacidad, mercado accesible de CPI, así como inversión en innovaciones en la compra pública.

Zabala-Iturriagagoitia (2018) recoge un marco para la medición y evaluación de los procesos de CPI. Otras instituciones desarrollan propuestas en el marco de la evaluación de experiencias específicas, entre las que destaca el ámbito de salud, como muestra la experiencia del Servicio Gallego de Salud (SERGAS) y, en concreto, el caso de la plataforma de teleasistencia a domicilio TELEA (Lovera, Quiles y Sinde, 2022). Cabe señalar que las experiencias de éxito permiten definir buenas prácticas y pasos para una mejor medición de las prácticas de CPI (Peñate, 2021).

Asimismo, la complejidad de los procesos de CPI explica que se centre la atención en las etapas previas y de preparación, que absorben tiempo y recursos, y que en ocasiones se deje de lado la evaluación. A ello se une la inexistencia de una cultura de preparación de indicadores y de análisis previo de forma habitual, con lo que se ignora una parte fundamental del proceso de evaluación de impacto. Resulta especialmente relevante la necesidad de que los indicadores tengan la suficiente homogeneidad para permitir la comparación no solo temporal sino espacial o con respecto a otras experiencias. Asimismo, los indicadores deben estar en consonancia con los objetivos perseguidos por los proyectos de CPI con el fin de garantizar la coherencia entre el análisis de las necesidades previas y la evaluación de impacto posterior.

Otro aspecto crítico es que las unidades de medida pueden ser muy diversas y no necesariamente estables a lo largo del tiempo. Este hecho es especialmente relevante en el caso de los indicadores de sostenibilidad, dado que en ciertos momentos pueden existir unos baremos determinados en función de la situación climática pero en otros pueden tener un carácter más crítico o incluso más laxo.

El principal reto para la evaluación es convencer a las partes interesadas de que el monitoreo del proceso y la medición de sus efectos tienen una capacidad limitada para mejorar los resultados, ya que las medidas empleadas tienden a asumir causalidad. Es decir, se asume que los indicadores orientados a capturar las características del proceso conducirán al resultado deseado (i.e. el problema de atribución mencionado con anterioridad). Esta es precisamente una de las razones por las que la medición del desempeño está sujeta a mal uso y por qué las medidas de desempeño, en ausencia de información de evaluación sobre la causalidad, son insuficientes para decidir sobre asignaciones presupuestarias.

Si se quiere cuantificar y cualificar el seguimiento, monitorización y evaluación de la CPI, la medición es un paso inevitable, lo que a su vez requiere de la disponibilidad y medición de un conjunto de indicadores. Los sistemas de medición y los indicadores que los componen son cruciales para evaluar las políticas públicas (en el contexto de este proyecto, la CPI) y mejorar así el retorno de la inversión pública y los beneficios sociales derivados de dichas políticas. A la hora de medir el efecto socioeconómico de la CPI, prestando especial atención a la actividad de innovación y a las empresas participantes en los procesos de CPI (su efecto en innovación, empleo, exportaciones o reducción de costes, etc.), hay que considerar tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos, así como los niveles microeconómico, mesoeconómico y macroeconómico. Además, no puede limitarse a un análisis estático de un momento concreto, sino que se debe considerar la perspectiva dinámica para identificar los cambios y efectos producidos por la utilización de la CPI en los casos analizados. También es preciso distinguir las diferentes fases de los procesos analizados, como preparación, ejecución, evaluación y aprendizaje. Asimismo, cabe destacar que cada caso particular, al igual que cada ámbito sectorial (por ejemplo, salud, medio ambiente y transporte, entre otros), requiere de indicadores específicos.

A pesar de los esfuerzos que han realizado diversas instituciones, como la OCDE, los indicadores para medir el impacto de la CPI aún son muy limitados incluso en los estudios de caso exitosos analizados en esta serie. Estos esfuerzos constituyen una base de interés, pero resultan insuficientes porque no permiten conocer con profundidad la dimensión y diversidad de los efectos socioeconómicos de la CPI. En consecuencia, estos avances no profundizan en el desarrollo de formas directas de medición cuantitativas y cualitativas de los resultados directos derivados de la CPI ni de su impacto socioeconómico, especialmente considerando la perspectiva de los potenciales beneficios para el conjunto de la sociedad.

2. Revisión de literatura sobre el impacto de la CPI

La revisión sistemática de la literatura supone el punto de partida para la identificación de aspectos clave en el análisis del impacto de la CPI. En esta sección se describen los principales hallazgos de dicha revisión. Como resultado de las distintas búsquedas realizadas para la revisión de la literatura en las diferentes bases de datos (como Scopus o Web of Science), se relevaron trabajos que responden a los criterios de selección. Tras una primera búsqueda inicial muy amplia sobre CPI, en la que se obtuvieron más de 6.500

documentos,² se llevó a cabo una búsqueda más vinculada al objetivo del proyecto, centrado en el impacto de la CPI, en la que se obtuvieron 259 documentos.³

La depuración de esos resultados teniendo en cuenta los resúmenes (*abstracts*) permitió identificar 42 documentos relevantes. En una primera lectura, se consideró que 39 de ellos abordaban el impacto de la CPI, aunque una lectura más profunda llevó a seleccionar 29 por su interés para el análisis y la medición de impacto de la CPI. De ellos, solo tres se refieren a ALC (sobre todo a Brasil o Ecuador). Los criterios de selección de estos documentos se basaron en la utilización de datos relativos a la CPI, medición empírica de su efecto o impacto y uso de metodologías apropiadas. Así, los documentos de carácter principalmente teórico que no realizaban medición o cuantificación no se consideraron relevantes para el objetivo de esta publicación.

El Cuadro 2 sintetiza los principales resultados de las metodologías econométricas empleadas en los documentos relevantes que estudian el impacto de la CPI. Estos trabajos se presentan ordenados cronológicamente, indicando su metodología, resultados y ámbito territorial analizado. En total, de los 29 documentos relevantes encontrados, 24 utilizan modelos econométricos.

² La ecuación de búsqueda utilizada en enero de 2022 es la siguiente: (“public procure*” OR “government procure”) AND (“innovat*” OR “technolog*”).

³ La ecuación de búsqueda utilizada en enero de 2022 es la siguiente: (“public procur*” OR “government procure*”) AND (“innovat*” OR “techonolog*”) AND (“effect” OR “impact” OR “measur*”).

Cuadro 2. Principales resultados y metodologías de la revisión sistemática de la literatura

Autores	Año	Metodología	País/región	Resultado
Aschhoff, B. y W. Sofka	2009	Regresión <i>tobit</i> (Microdatos Mannheim Innovation Panel, [MIP]*)	Alemania	La compra pública impulsa la innovación y resulta más efectiva para las pequeñas empresas de regiones menos desarrolladas y en las actividades de distribución o servicios tecnológicos. Las empresas adjudicatarias incrementan sus ventas de productos innovadores.
Guerzoni, M. y E. Raitieri	2015	PSM (Microdatos de Innobarometer)	27 países de la UE (UE-27), Noruega y Suiza	La CPI es más efectiva que otras políticas de innovación de oferta. Se incrementa el gasto privado en innovación.
Detelj, K; T. Markovič Hribernik e I. Pihir	2015	Regresión de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) (Macrodatos de Encuesta de Innovación Comunitaria [CIS, por sus siglas en inglés], Foro Económico Mundial [FEM], Worldwide Governance Indicators [WGI], Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo, [BERD])	28 países de la UE (UE-28)	La CPI favorece la aparición de innovaciones y contribuye positivamente a aumentar los niveles de innovación de un país.
Appelt, S. y F. Galindo-Rueda	2016	<i>Matching</i> (Microdatos, Community Innovation Survey, OCDE Science, Technology and Industry Scoreboard, ORBIS, Federal Procurement Data System-Next Generation [FPDS-NG], United States Patent and Trademarks Office [USPTO])	Países de la OCDE	Las empresas que han tenido CPI aumentan su gasto en investigación y desarrollo (I+D) en un 0,2% y las patentes en un 0,5%. Los beneficios de las empresas suben entre el 0,3% y el 0,4% durante el año posterior a la participación en CPI con respecto a los beneficios pasados.
Detelj, K, T. Jagrič, y T. Markovič-Hribernik	2016a	Regresión con datos de panel efectos fijos (CIS, Eurostat, FEM y WGI)	UE-28	Se estima el impacto de cuatro medidas de política de innovación diferentes (CPI, subvenciones a la I+D, normativa y cooperación). Los diversos modelos muestran una relación positiva entre la CPI y la innovación de los países, mientras que las otras tres medidas mostraron una baja significatividad.
Slavtchev, V. y S. Wiederhold	2016	Datos de panel con efectos fijos (Microdatos de FPDS-NG)	Estados Unidos	Cada dólar que el gobierno destina a la CPI en industrias de alta intensidad tecnológica aumenta aproximadamente US\$0,21 en I+D privada.
Markovic-Hribernik, T. y K. Detelj	2016	PSM (Microdatos CIS, Eurostat, FEM y WGI)	UE-28	El aumento de la CPI provoca un incremento de la innovación de los países en 0,2 puntos porcentuales. También se incrementa el nivel de competitividad del país.
Rocha, F.	2018	PSM, regresión <i>probit</i> (Microdatos de la Relação Anual de Informações Sociais [RAIS])	Brasil	Una vez que se involucran en actividades tecnológicas, las empresas de menos de 10 empleados son más intensivas en tecnología que las empresas de mayor tamaño. La CPI desempeña un papel más importante en el inicio de las actividades tecnológicas que en el aumento de la intensidad de la I+D, aunque afecta positivamente a ambos.

Autores	Año	Metodología	País/región	Resultado
Egnér, F. y L. Trosvik	2018	Regresión con datos de panel (Macrodatos de municipios de Suecia)	Suecia	La CPI tiene un efecto positivo en la adopción de vehículos eléctricos. Si aumenta el número de vehículos eléctricos de propiedad municipal (por cada 1.000 habitantes) en un 1%, se espera que la participación de vehículos eléctricos privados del municipio aumente en aproximadamente un 0,2%-0,3%, en promedio
Radicic, D.	2019	PSM (Microdatos Eurobarometer Survey 2014)	Estados Unidos, UE-28 y Suiza	Los efectos de la CPI son mayores que los de las medidas de oferta en innovación de productos en el sector industrial y de servicios. La innovación de proceso también es mayor en el caso de los servicios. No se encuentra que el efecto sea significativo en innovación de proceso en la industria.
Rocha, F.	2019	<i>Matching</i> (método de emparejamiento exacto o <i>coarsened exact matching</i>) (Microdatos de la Pesquisa de Inovação de Brasil [PINTEC])	Brasil	La CPI tiene un impacto positivo en la intensidad en I+D.
Grandia, J. y D. Voncken	2019	Modelo de ecuaciones estructurales (SEM, por sus siglas en inglés) (Microdatos a través de encuesta en línea)	Países Bajos	Efectos positivos de la CPI condicionados por la oportunidad (que existan medios y situaciones oportunas para su utilización). La oportunidad es un aspecto que afecta a la contratación pública ecológica, la contratación pública orientada a la innovación y la economía circular, pero no a otros tipos de compra pública sostenible.
Crespi, F. y D. Guarascio	2019	Regresión de Poisson (World Input-Output Database [WIOD], Eurostat, OCDE Analytical Business Enterprise Research and Development [ANBERD], Oficina Europea de Patentes [EPO, por sus siglas en inglés])	24 países de la OCDE	Las dinámicas de desarrollo de patentes se ven positivamente afectadas por la CPI, aunque se observan diferencias por sector.
Stojčić, N., S. Srhoj y A. Coad	2020	<i>Matching</i> del vecino más cercano (NNM, por sus siglas en inglés) (Microdatos de CIS)	8 países de Europa Central y del Este	La CPI tiene mayor efecto en la innovación y el producto. El mayor efecto se observa cuando se combinan instrumentos de oferta y demanda.
Blind, K. J. Pohlisch y A. Rainville	2020	Regresión <i>probit</i> y <i>logit</i> (Microdatos de CIS)	Alemania	Impacto positivo de la CPI en la innovación de las empresas. Efecto circular al observarse que las compañías innovadoras tienen más probabilidades de obtener un contrato público. Importancia de las políticas sistémicas para favorecer la CPI.
Czarnitzki, D., P. Hünermund y N. Moshgbar	2020	Regresión IV y MCO, <i>matching</i> NNM y diferencias en diferencias (DID) (Microdatos CIS)	Alemania	Efecto notable y significativo de la CPI en los beneficios y en la producción de nuevos productos.
Liu, X. X. Sun, M. Li e Y. Zhai	2020	PSM, PSM-DID y regresión <i>probit</i> (Microdatos del proyecto Ten Cities, One Thousand Vehicles Project [TCOT] de China)	China	La CPI tiene un efecto positivo en la difusión de nuevas tecnologías. La operación de demostración de vehículos eléctricos en el ámbito público puede estimular la compra de vehículos eléctricos por parte de consumidores privados.

Autores	Año	Metodología	País/región	Resultado
Shin, K. y J-D. Lee	2021	PSM (Microdatos de la base de datos de Public Procurement Service de Corea)	Corea	Las empresas con CPI muestran una mayor tasa de crecimiento del valor agregado, aproximadamente 7,6% respecto a la compra pública general después de un año de contrato. Las empresas con experiencias en CPI tienen aproximadamente una tasa de crecimiento de la productividad total de los factores 4,5% más alta que aquellos con compra pública general después de dos años de la finalización del contrato.
Caravella, S. y F. Crespi	2021	<i>Matching</i> (Microdatos de la Encuesta Profesional de las Competencias en la Empresa de Italia [PEC, por sus siglas en italiano] y CIS)	Italia	La capacidad de las actividades de contratación pública para fomentar actividades innovadoras depende de la adopción de medidas simultáneas del lado de la oferta y la inclusión de la demanda innovadora en la compra pública.
Stojčić, N.	2021	<i>Matching</i> tipo NNM CIS	UE-28	Efecto positivo y significativo en la introducción de ecoinnovaciones debido a medidas de demanda como la CPI.
Caravella, S., F. Crespi, D. Guarascio y M. Tubiana	2021	Regresión MCO, análisis de clústeres (Microdatos de la encuesta PEC y CIS)	Italia	Las compañías proveedoras del sector público a través de CPI tienden a crecer más rápidamente y fomentan la innovación.
Storz, C., T. Brink y N. Zou, N.	2021	Regresión MCO (Microdatos de World Bank Enterprise Survey China)	China	Efecto positivo de la CPI. Los vínculos entre la universidad y la industria tienen un efecto positivo en la innovación de las nuevas empresas. Las ventas anuales atribuidas a productos cada vez más innovadores son aproximadamente cuatro veces mayores para las empresas que han establecido un vínculo con una universidad, en comparación con las empresas que no establecieron ningún vínculo. Las empresas que tienen contratos con el sector público son más innovadoras que las empresas que no participan en actividades de contratación pública.
Dai, X., Y. Li y K. Chen	2021	PSM (Microdatos encuesta anual Beijing Zhongguancun Science Park [ZSP])	China	Efecto positivo del tirón de la demanda en comparación con otras medidas. Estimaciones puntuales de los efectos totales promedio del efecto de la demanda son de 0,14 y 0,25 para la inversión en I+D y las ventas de productos de alta tecnología, respectivamente
Demircioglu, M. A. y R. Vivona	2021	Regresión <i>logit</i> (Microdatos de Innobarometer)	29 países europeos	Las empresas que realizan licitaciones (desarrollo de CPI para innovaciones TIC) son entre 1,62 y 1,69 veces más propensas a innovar, manteniendo constantes otras variables

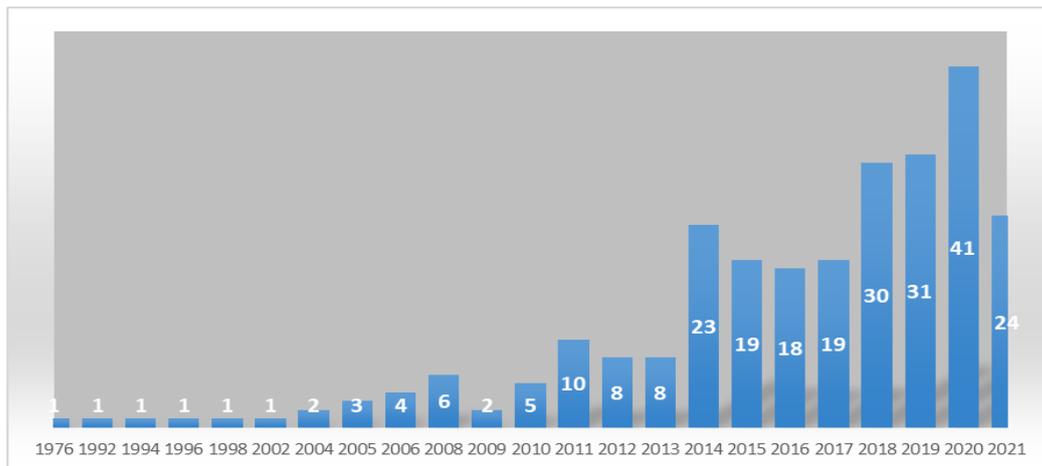
Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de literatura.

Nota: * La metodología y cuestionario coincide con el de la Community Innovation Survey (CIS).

Los resultados del análisis bibliométrico muestran que la publicación de trabajos que estudian el efecto de la CPI se concentra especialmente en épocas recientes. De esta forma, se observa que las publicaciones anteriores a 2015 son prácticamente anecdóticas, pero se produce un importante incremento desde el año 2018. Este hecho se podría

explicar por el mayor impulso institucional a la CPI que da lugar a un incremento en la utilización de este instrumento. El Gráfico 1 muestra el número de estudios sobre el impacto de la CPI según el año de su publicación, los cuales se relevaron en la búsqueda acotada en la que se obtuvieron 259 documentos. Conviene destacar que el 56% de los documentos se publicó desde 2017 y un 90% desde 2010.

Gráfico 1. Distribución de los estudios sobre impacto de la CPI por año de publicación



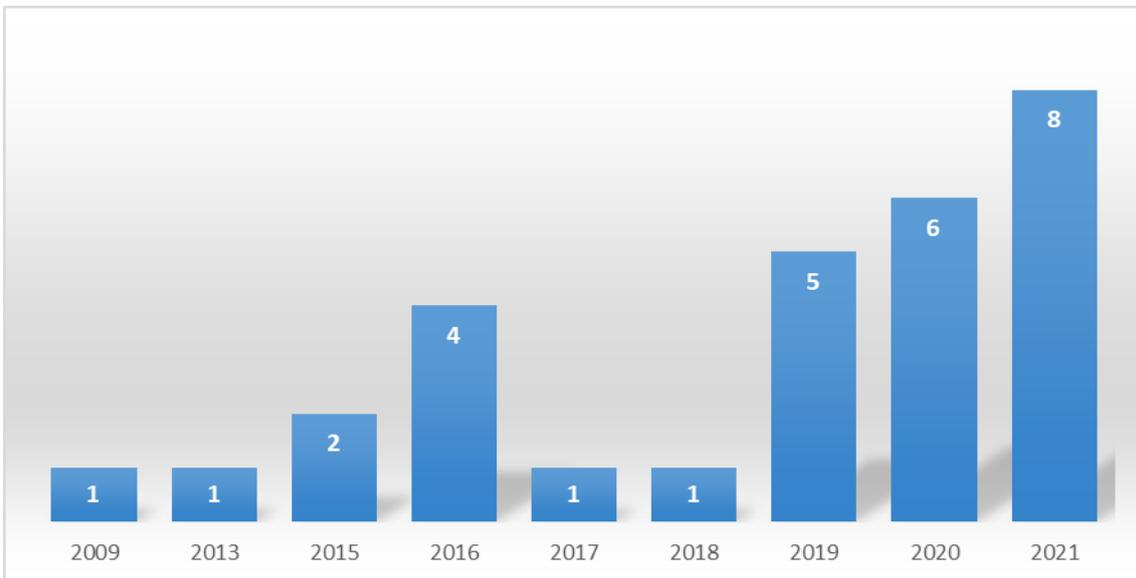
Fuente: Elaboración propia con base en la búsqueda de publicaciones.

El Gráfico 2, que considera solo los 29 documentos seleccionados por su relevancia, presenta una tendencia muy similar, ya que muestra que el 65,5% de los trabajos se publicaron desde 2019, mientras que solo dos de los documentos se publicaron antes de 2015. La metodología utilizada por los diferentes estudios identificados es muy diversa, por lo que presenta una notable heterogeneidad. El Cuadro 3 sintetiza las principales metodologías empleadas en esos trabajos para analizar el impacto de la CPI. Allí se observa el uso tanto de datos primarios, centrados en estudios de casos, entrevistas o encuestas, como de datos secundarios y de distintos modelos econométricos. La heterogeneidad de las metodologías y la dificultad de obtener la información cuantitativa necesaria dificultan llevar a cabo el metaanálisis que permitiría sintetizar de forma cuantitativa esos trabajos, lo que contribuiría a la robustez de los resultados.

Se pueden distinguir dos grupos principales de metodologías: *matching* y otros métodos econométricos. En el grupo de metodologías de *matching* destaca especialmente el uso de PSM frente a otras modalidades. En el grupo de otros métodos econométricos, los modelos *logit*, *probit* o *tobit* son los más utilizados para estudiar el impacto de la CPI. La complejidad que presenta el estudio del impacto de la CPI en todas sus vertientes explica la necesidad de combinar las fuentes existentes para conseguir la

mejor adaptación posible a la realidad que el investigador intenta mostrar. Conviene señalar que algunos de los documentos analizados recurren a más de un tipo de metodología para elaborar el análisis.

Gráfico 2. Número de estudios relevantes para el análisis del impacto de la CPI por año de publicación



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. Metodologías utilizadas en la literatura para analizar el impacto de la CPI

Datos primarios	Datos secundarios	Modelos econométricos
<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas • Encuestas • Estudios de caso 	Revisión de la literatura	<ul style="list-style-type: none"> • SEM, estratificación, efectos fijos de panel • Regresiones IV, MCO • Modelos <i>logit</i>, <i>probit</i> • Estimador DID • <i>Matching</i>, PSM, NNM, 3NNM

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que las metodologías cuantitativas se utilizan en un número muy limitado de casos, en general, presentan resultados interesantes. El Cuadro 4 sintetiza los resultados cuantitativos según la metodología utilizada en el análisis del impacto de la CPI. Estos resultados se centran en el crecimiento del gasto en I+D, el aumento del número de patentes, el incremento de las ventas de las empresas participantes en procesos de CPI o de los beneficios empresariales. Algunos trabajos también abordan los efectos sobre la innovación medioambiental, la innovación en el sector público y la provisión de servicios,

las mejoras sobre la productividad y la innovación en el país o región de análisis, o las colaboraciones que se establecen entre agentes económicos.

Cuadro 4. Resumen de los principales resultados cuantitativos según la metodología

Metodología	Tipo	Autores	Año	País/Región	Resultados destacados
Matching	Matching	OCDE	2016	Países de la OCDE	Las empresas aumentan su gasto en I+D un 0,2% y las patentes un 0,5%. Los beneficios de las empresas suben entre el 0,3% y el 0,4%.
	PSM	Markovic-Hribernik, T. y K. Detelj	2016	UE-28	La CPI provoca un incremento de la innovación de un país en 0,2 puntos porcentuales.
	PSM, regresión <i>probit</i>	Rocha, F.	2018	Brasil	Una vez que se involucran en actividades tecnológicas, las empresas de menos de 10 empleados son más intensivas en tecnología que las empresas de mayor tamaño.
	PSM	Shin, K. y J-D. Lee	2021	Corea	Las empresas vinculadas con la CPI muestran una mayor tasa de crecimiento del valor agregado, que es aproximadamente de un 7,6% respecto a la compra pública general después de un año de contrato. Las empresas con experiencias en CPI tienen aproximadamente una tasa de crecimiento de la productividad total de los factores 4,5% más alta que aquellos con compra pública general después de dos años de la finalización del contrato.
	PSM	Dai, X., Y. Li y K. Chen	2021	China	Estimaciones puntuales de los efectos totales promedio del efecto de la demanda son 0,1449 y 0,2558 para la inversión en I+D y las ventas de productos de alta tecnología, respectivamente.
Regresión	Efectos fijos	Slavtchev, V. y S. Wiederhold	2016	Estados Unidos	Cada dólar que el gobierno destina a la CPI en industrias de alta intensidad tecnológica aumenta aproximadamente US\$0,21 en I+D privada.
	Regresión <i>probit</i> , PSM	Rocha, F.	2018	Brasil	Una vez que se involucran en actividades tecnológicas, las empresas de menos de 10 empleados son más intensivas en tecnología que las empresas de mayor tamaño. La CPI desempeña un papel más importante en el inicio de las actividades tecnológicas que en el aumento de la intensidad de la I+D, aunque afecta positivamente a ambos.
	Regresión con datos de panel	Egnér, F. y L. Trosvik	2018	Suecia	La CPI tiene un efecto positivo en la adopción de vehículos eléctricos. Si aumenta el número de vehículos eléctricos de propiedad municipal (por cada 1.000 habitantes) en un 1%, se espera que la participación de vehículos eléctricos de carácter privado en el

Metodología	Tipo	Autores	Año	País/Región	Resultados destacados
					municipio aumente en aproximadamente un 0,2%–0,3%, en promedio.
	Regresión MCO	Storz, C., T. Brink y N. Zou	2021	China	Las ventas anuales atribuidas a productos cada vez más innovadores como resultado de la CPI son aproximadamente cuatro veces mayores para las empresas que han establecido un vínculo con una universidad.
	Regresión <i>logit</i>	Demircioglu, M. A. y R. Vivona	2021	29 países europeos	Las empresas con desarrollo de la CPI para innovaciones TIC son entre 1,62 y 1,69 veces más propensas a innovar.

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de literatura.

La investigación desarrollada para medir el impacto real de la CPI ha llegado a diferentes resultados que intentan verificar la utilidad de este instrumento. Varios estudios confirman que la CPI supone un estímulo positivo y significativo al registro y desarrollo de patentes, aunque con diferencias entre sectores. Asimismo, se produce el aumento del gasto en I+D de las empresas después de participar en la CPI. También la compra pública genera una oportunidad para el desarrollo de innovaciones, incluso se destaca que existe un mayor impacto de la CPI en la innovación de las empresas participantes que otras medidas de apoyo a la I+D. Los estudios realizados además presentan el impacto positivo de la CPI sobre aspectos como el aprendizaje o la penetración del mercado de las empresas participantes en estos procesos. En este sentido, se constata que existen mayores ventas de productos de alta tecnología tras la CPI en las empresas participantes. Según diversos estudios, la CPI desempeña un papel más importante en el inicio de las actividades tecnológicas que en el aumento de la intensidad de la I+D, si bien afecta positivamente a ambos aspectos. Además, se observa una mayor tasa de crecimiento de las empresas tras participar en la CPI y el aumento global de la productividad.

Los estudios analizados también destacan la importancia de la iniciativa individual para el empuje de la CPI, tanto desde el ámbito público como el privado. Asimismo, se detalla la relevancia de la intensidad previa en I+D de las empresas participantes, lo que afecta la posibilidad de obtener contratos públicos. Incluso se muestra la importancia de la presencia de investigadores y empleados con un nivel de formación elevado en estas empresas. Cabe resaltar que no se han encontrado estudios que pongan el foco en el efecto de la CPI en la eficiencia del sector público, la mejora de su calidad o en la provisión de bienes y servicios públicos.

3. Evaluación del impacto de la CPI mediante técnicas de emparejamiento: el caso de Colombia

3.1. Descripción de las técnicas de emparejamiento estadístico y de las fuentes de datos

En esta publicación se aborda el impacto de la CPI en las empresas en el caso de Colombia. Para ello, en esta sección se presenta, en primer lugar, la fuente de datos empleada, se definen las variables de tratamiento, control y resultado y se analizan las principales características de las empresas con CPI. Luego, en segundo lugar, se introduce la metodología empleada para llevar a cabo el emparejamiento para cada grupo de tratamiento y las medidas de equilibrio para analizar la adecuación del emparejamiento. La información aquí presentada se complementa con la información técnica más detallada incluida en los Anexos 1, 2 y 3.

La metodología de emparejamiento, pareo o *matching* permite obtener grupos que tienen características similares con el fin de comparar el comportamiento de unidades estadísticas (empresas, personas u hogares) que han sido afectadas por un hecho (unidades con tratamiento) con aquellas que no lo han sido (unidades de control). En este caso se analiza el comportamiento de empresas afectadas por un hecho particular, como la adjudicación de una licitación de CPI o el apoyo a la I+D a través de ayudas públicas. A este conjunto de empresas se lo denomina grupo de tratamiento, mientras que las empresas no afectadas conforman el grupo de control.

De este modo, se lleva a cabo un emparejamiento de cada empresa tratada con una o varias empresas de control que presentan características muy similares en distintas variables relevantes para el análisis (comúnmente denominadas covariables). La selección de ese grupo de control puede hacerse mediante diferentes técnicas. Una vez conformados ambos grupos, se analiza su comportamiento para comparar los resultados en determinadas variables, como las ventas, el número de empleados o su desempeño en I+D, entre otras. Estas diferencias pueden atribuirse al tratamiento recibido, en este caso la adjudicación de un contrato de CPI, a una ayuda a la I+D o a ambas simultáneamente. Puede asumirse que esas diferencias corresponden al impacto de la CPI, en la medida en que las otras características de las empresas son muy similares.

A la hora de comparar los resultados de las empresas participantes en la CPI con aquellas que no participan en estos procesos, existen notables limitaciones debido a las características particulares de las primeras. Concretamente, estas empresas tienden a ser grandes, tanto por facturación como por número de empleados, pertenecer a sectores

intensivos en el uso de conocimiento o de alta intensidad tecnológica, tener un volumen elevado de recursos dedicados a la I+D o innovación y, frecuentemente, contar con financiación externa para su actividad innovadora. La metodología de emparejamiento permite subsanar esta problemática.

3.2. Fuente de datos, variables y características de las empresas con CPI

La información estadística disponible sobre CPI es bastante limitada. La principal fuente de información para aplicar la metodología de *matching* son las encuestas nacionales de innovación cuando incluyen alguna pregunta sobre contratación pública y/o contratación pública de innovación. Sin embargo, la inclusión de esta pregunta en las encuestas no es muy habitual, si bien gradualmente se va incorporando en más países, como sucede precisamente en Colombia (Cuadro 5).

Cuadro 5. Preguntas sobre contratación pública en la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) en Colombia

Encuesta	Año/s	Pregunta/s
EDIT	2017-2018	<ul style="list-style-type: none"> • En el periodo 2017-2018, ¿su empresa obtuvo algún contrato para proveer servicios o bienes a entidades del sector público nacional? • Dentro de los contratos que su empresa realizó con entidades del sector público nacional, ¿se estableció el suministro de alguno(s) de los servicios o bienes nuevos o significativamente mejorados que su empresa introdujo en el mercado?
EDIT	2018-2019	<ul style="list-style-type: none"> • En el periodo 2018-2019, ¿su empresa obtuvo algún contrato para proveer servicios o bienes a entidades del sector público nacional? • Dentro de los contratos que su empresa realizó con entidades del sector público nacional, ¿se estableció el suministro de alguno(s) de los servicios o bienes nuevos o significativamente mejorados que su empresa? • En el periodo 2015-2017, ¿la empresa realizó actividades de innovación para la licitación en la que ha sido seleccionada?

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

En el caso de Colombia, se parte de los microdatos disponibles en la EDIT, que presenta dos ediciones separadas: una para los sectores de industria y otra para los sectores de servicios. Ambas ediciones se realizan con carácter bienal, aunque los períodos de referencia son diferentes (2017-2018 para las empresas de industria y 2018-2019 para las de servicios). Para esta publicación, se fusionaron las dos ediciones de la EDIT con la finalidad de obtener un mayor tamaño muestral y poder analizar tanto el efecto individual (empresas con CPI y sin CPI) como el combinado de las distintas políticas de apoyo a la I+D. De esta manera, quedaron conformados los siguientes grupos: (i) empresas con un

contrato público de CPI y sin apoyo a la I+D (solo CPI en adelante), (ii) empresas con apoyo a la I+D y sin contrato público de CPI (solo apoyo a I+D en adelante) y (iii) empresas con un contrato público de CPI y apoyo a la I+D (CPI y apoyo a I+D en adelante). A la hora de fusionar las dos ediciones, se utilizaron como referencia el primer y el segundo año.

Cuadro 6. Número de empresas en las muestras de la EDIT de Colombia

Tipo de empresa	Número	Porcentaje sobre el total
Con contrato de CPI	209	1,26
Reciben apoyo a la I+D	1.608	9,72
Con contrato de CPI y apoyo a la I+D	241	1,46
Total	16.539	100

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Antes de realizar el *matching*, es necesario conocer las principales características de las empresas que conforman el conjunto de la muestra, así como de las empresas con contrato de CPI. El Cuadro 7 muestra la distribución de las empresas por tamaño, tomando como referencia el número de empleados. Se consideran cuatro grupos: microempresas, de 0 a 10 empleados; pequeña, de 11 a 49; mediana, de 50 a 199; y grande, más de 200 empleados. Debe considerarse que la EDIT se dirige a las empresas con 10 o más trabajadores y a las que alcancen un determinado valor de producción. Por ese motivo, el grupo de microempresas tiene un peso más reducido en la encuesta que en el conjunto de la economía. En lo que respecta a las características de las empresas de la encuesta en su conjunto, el 7,4% son microempresas, el 40,2% pequeñas empresas, el 34,3% medianas empresas y el 18,1% grandes empresas. En cambio, en el caso de las empresas de los tres grupos de tratamiento planteados para el caso de Colombia —solo CPI, solo apoyo a I+D o CPI y apoyo a I+D—, los grupos tienen una representatividad distinta, como muestra el Cuadro 7. Esos datos permiten comprobar que la combinación de CPI y apoyo a la I+D es más frecuente en las empresas de mayor tamaño.

Cuadro 7. Distribución por tamaño de las empresas de la EDIT de Colombia

Tamaño	Solo CPI		Solo apoyo a I+D		CPI y apoyo a I+D		Total empresas	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Microempresa	2	1,0	21	1,3	2	0,8	1.232	7,4
Pequeña	45	21,5	241	15,0	29	12,0	6.650	40,2
Mediana	82	39,2	600	37,3	64	26,6	5.671	34,3
Grande	80	38,3	746	46,4	146	60,6	2.986	18,1
Total	209	100	1.608	100	241	100	16.539	100

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Las empresas incluidas en ambas ediciones de la encuesta abarcan una amplia gama de sectores con características distintas. Teniendo en cuenta esa distribución sectorial y el objetivo del estudio llevado a cabo, se clasifican los sectores en diferentes grupos según la intensidad tecnológica en el caso de los sectores industriales y la intensidad en conocimiento en el caso de los sectores de servicios. El Cuadro 8 muestra la clasificación de intensidad tecnológica y de conocimiento de los sectores. La distribución detallada por rama se presenta en el Cuadro A1.3 del Anexo 1.

Cuadro 8. Clasificación de los sectores por su intensidad tecnológica y de conocimiento

Clasificación	Denominación
SAT	Sectores de alta tecnología
SMAT	Sectores de media-alta tecnología
SMBT	Sectores de media-baja tecnología
SBT	Sectores de baja tecnología
SIC	Sectores intensivos en conocimiento
SNIC	Sectores no intensivos en conocimiento

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 9 presenta la distribución de las empresas empleando la clasificación de sectores según su intensidad tecnológica y de conocimiento, tanto para el total de las empresas como para los tres grupos de tratamiento.

Cuadro 9. Distribución de las empresas de la encuesta de innovación de Colombia según la intensidad de tecnología o de conocimiento del sector

Clasificación sectorial	Solo CPI		Solo apoyo a I+D		CPI y apoyo a I+D		Total	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
SAT	2	0,96	42	2,6	4	1,7	206	125
SMAT	16	7,66	198	12,3	22	9,1	1.336	8,08
SMBT	6	2,87	172	10,7	11	4,6	1.754	10,61
SBT	18	8,61	436	27,1	23	9,5	4.070	24,61
SIC	135	64,59	326	20,3	139	57,7	2.665	16,11
SNIC	32	15,31	434	27	42	17,4	6.508	39,34
Total industria	42	20,10	848	52,7	60	24,9	7.366	44,54
Total servicios	167	79,90	760	47,3	181	75,1	9.173	55,46
Total empresas	209	100	1.608	100	241	100	16.539	100

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Otro aspecto relevante para considerar es el número de empresas que realizan gasto en I+D en el período. Concretamente, en el caso de la industria, 1.430 empresas realizaron gasto en I+D (lo que representa 19,41% del total), mientras que en el caso de los servicios, 2.363 empresas lo hicieron (25,76% del total). Para información más detallada pueden consultarse los Cuadros A1.1 y A1.2 del Anexo 1 que recogen las estadísticas descriptivas de las variables de control para el conjunto de la muestra y para las empresas con CPI, respectivamente.

3.3. Metodología

Para obtener grupos de tratamiento y control similares, como ya se indicó anteriormente, se empleó la metodología conocida como *matching* y, concretamente, el PSM. Esta metodología es válida bajos dos supuestos: el supuesto de independencia condicional y el supuesto de apoyo común o solapamiento. El primero implica que dado un conjunto de covariables observables X que no se ven afectadas por el tratamiento, los resultados potenciales son independientes de la asignación de un individuo al tratamiento. El segundo garantiza que los individuos con los mismos valores en las covariables tienen una misma probabilidad positiva de ser tanto participantes como no participantes del tratamiento (Rosenbaum y Rubin, 1983; Rubin y Thomas, 1996, 2000; Caliendo y Kopeining, 2005; Stuart, 2010; Vergara et al., 2021).

De esta forma, si el emparejamiento llevado a cabo es adecuado y muestra buenas medidas de equilibrio, la diferencia entre las medias ponderadas por la distribución de la

propensión de puntaje (*propensity score*) del grupo de tratamiento y control de las variables de resultado (posteriores al tratamiento) es una buena estimación del impacto del tratamiento. Para realizar el emparejamiento, se probaron distintas metodologías y se seleccionó la del NNM ya que es la que muestra mejores resultados en este caso. Además, según el caso, se adaptaron las covariables seleccionadas y la medición para estimar la distancia y otras opciones, como la inclusión de calibrador, ratios o las opciones de reemplazo y descarte de individuos.

El Anexo 2 recoge las medidas de equilibrio para los cuatro emparejamientos, siguiendo el análisis llevado a cabo en Guerzoni y Raiteri (2015), que incluye los sesgos medios estandarizados, el pseudo- R^2 , la prueba de verosimilitud y un análisis gráfico a partir de la distribución de la propensión de puntaje (Cuadros A2.1 a A2.4 y Gráficos A2.1 a A2.4). En ese anexo también se presentan todas estas medidas de equilibrio y, en el caso de los sesgos estandarizados, se incluyen tanto para cada una de las covariables como para el conjunto de las mismas. Además, para observar el efecto de descartar individuos en el tamaño de los grupos de tratamiento y control emparejados, se incluye el tamaño de los grupos antes y después del emparejamiento. Los resultados muestran cómo los emparejamientos realizados son efectivos y llevan a un buen equilibrio entre grupos. Un aspecto relevante es la falta de covariables sobre resultados de innovación más allá del número de registros de propiedad vigentes (patentes obtenidas) que podría implicar un problema de endogeneidad debido a la falta de equilibrio en estos aspectos entre las empresas de tratamiento y control tras el emparejamiento. Se intenta controlar este aspecto por las variables de gasto y personal dedicado a la I+D.

De esta forma, con el fin de analizar los efectos de la CPI y de compararlos con los efectos del apoyo a la I+D, en esta publicación se emplean cuatro variables de tratamiento. En los Cuadros A1.1, A1.2 y A1.3, incluidos en el Anexo 1, se recogen las variables de tratamiento, control y resultado, respectivamente. Las variables de tratamiento para el análisis individual del impacto de la CPI son las empresas con CPI (independientemente de que se beneficien de otro instrumento de apoyo a la I+D, como ayudas). En el caso del análisis comparativo de las políticas de innovación, las variables de tratamiento son tres: (i) las empresas que han obtenido un contrato público de CPI, (ii) las que han recibido ayudas de apoyo a la I+D y (iii) las que han obtenido un contrato público de CPI y recibido apoyo a la I+D. También se debe indicar que las variables de control se corresponden con el valor de la variable en el primer año de la encuesta, mientras que las variables de resultado se corresponden con el valor de la variable en el último año de la encuesta.

4. Impacto de la CPI en Colombia

Esta sección examina el impacto de la CPI en Colombia utilizando el PSM. Primeramente, se analiza el impacto de la CPI en las empresas para el grupo de tratamiento de las que han obtenido una licitación de CPI, independientemente de si cuentan con algún otro instrumento de apoyo a la I+D. Posteriormente, se realiza un análisis alternativo consistente en comparar tres grupos de tratamiento diferentes frente a un grupo de control único.

Las políticas de innovación de demanda se basan en la naturaleza sistémica de la innovación, y en ellas se destaca el efecto de la demanda sobre el mercado y la interacción usuario-productor (OCDE, 2011; Izsak y Edler, 2011; Sánchez-Carreira, Peñate-Valentín y Varela-Vázquez, 2017). Estas políticas pretenden aumentar la demanda de innovaciones, mejorar las condiciones para adoptar innovaciones o progresar en la articulación de la demanda (Edler, 2007).

Como se ha comentado anteriormente, la CPI es un instrumento que se utiliza para fomentar la innovación. En términos generales, la CPI implica la adquisición de bienes y servicios innovadores por parte del sector público a través de un proceso de licitación. Una de las principales fallas de mercado que la CPI trata de abordar es la falta de incentivos para la innovación. En muchos casos, las empresas pueden ser reacias a invertir en innovación debido a que sus beneficios no son inmediatos y además son inciertos. La CPI busca resolver este problema al proporcionar un mercado para los productos y servicios innovadores, creando una demanda garantizada que puede alentar a las empresas a invertir en innovación.

Otra falla relevante de mercado tiene que ver con la falta de coordinación entre demanda y oferta de soluciones innovadoras, lo que deriva de las asimetrías de información y los problemas de agencia. Al utilizar la demanda pública para incentivar la innovación, la CPI puede reducir las barreras de entrada para los innovadores y aumentar la competencia en el mercado. Las políticas de innovación de demanda abordan las barreras que afectan, por un lado, la introducción de las innovaciones en el mercado y, por otro, la capacidad de definir y señalar nuevas necesidades funcionales a los productores (Allman et al., 2011; Sánchez-Carreira, Peñate-Valentín y Varela-Vázquez, 2017). Además, la CPI puede ayudar a superar el riesgo de mercado asociado con la innovación, ya que el comprador público puede compartir con el proveedor algunos de los costos y riesgos vinculados con la innovación. Por su parte, los subsidios a la innovación también permiten ayudar a superar las barreras de entrada a la innovación,

particularmente debido a las dificultades para acceder a recursos financieros. Además, los subsidios pueden fomentar la innovación en áreas donde los beneficios sociales son mayores que los privados.

4.1. Análisis individual del impacto de la CPI en Colombia

Este apartado presenta los principales resultados obtenidos al aplicar la metodología de emparejamiento en Colombia para analizar el impacto individual de la CPI. En este caso el grupo de tratamiento se corresponde con las empresas que han obtenido una licitación de CPI, independientemente de si cuentan con otro apoyo a la I+D, como ayudas públicas, o no, mientras que el grupo de control son las empresas que no cuentan con un contrato de CPI. Una vez analizada la información principal de la EDIT, se realiza el *matching* con los datos del primer año de cada bienio y se evalúa el impacto a partir de los resultados del último año. Para el análisis, se seleccionaron las siguientes variables: introducción en el mercado de bienes y servicios nuevos y mejorados, nuevos métodos de prestación de servicios, nuevos métodos organizativos, facturación, exportaciones, gasto en I+D, número de empleados total, número de empleados de alta cualificación y número de empleados en labores de I+D, u otras innovaciones —de proceso, organizativas y de comercialización— introducidas por las empresas. Las variables consideradas se clasifican en varios grupos según el concepto que abarquen: variables de introducción de novedades al mercado, variables de empleo, variables de ventas y, finalmente, variables de gasto en I+D.

El Cuadro 10 sintetiza los principales resultados para el caso en el que el grupo de tratamiento son las empresas con CPI. El impacto se obtiene como la diferencia porcentual entre el grupo de tratamiento y el grupo de control para cada variable. A la hora de interpretar los resultados, cabe considerar que pueden verse afectados por factores no considerados o no observados, como las capacidades gerenciales de las empresas, o aspectos específicos del mercado. El Cuadro A3.1, incluido en el Anexo 3, presenta información más detallada sobre los impactos y los test de significatividad. En algunos casos no existe homocedasticidad entre ambos grupos, por lo que se utiliza el test U y no el T.⁴

⁴ Antes de probar la significatividad se realiza la prueba de Jarque-Bera para contrastar el supuesto de normalidad y la prueba F para el supuesto de homocedasticidad. Luego, en caso de que ambos supuestos se cumplan, se emplea la prueba T. En caso de que el supuesto de homocedasticidad no se cumpla, se emplea la prueba U de Mann-Whitney. En lo que respecta al supuesto de normalidad, dado que este no se incumple en ningún caso, no es necesario plantear ninguna prueba específica alternativa.

Cuadro 10. Estimación de impacto de CPI en Colombia (análisis individual)

Variable	Impacto CPI
Nuevos bienes y servicios	147,1%
Bienes y servicios mejorados	131,6%
Nuevos métodos de prestación	21,4%
Nuevos métodos organizativos	31,4%
Nuevas técnicas de comercialización	14,9%
Personal total	-2,8%
Productividad laboral (ventas/personal)	-30,96%
Ventas	-0,1%
Exportaciones sobre ventas	-15,5%
Peso del gasto en I+D total sobre ventas	-21,8%
Peso del gasto en I+D interno sobre ventas	19,3%
Peso del personal formado sobre el personal total	-2,6%
Peso del personal en I+D sobre el personal total	14,3%
Patentes obtenidas	-24,7%

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Nota: El impacto se obtiene como la diferencia porcentual entre el grupo de tratamiento y el grupo de control para cada variable.

La comparación de los resultados obtenidos para los dos grupos (de tratamiento y de control) revela un impacto positivo general de la CPI, especialmente en las variables referidas a la introducción de innovaciones de producto, proceso, organizativas o de mercadotecnia. En particular destacan las diferencias entre las empresas del grupo de tratamiento y de control en cuanto a la introducción de bienes y servicios nuevos o mejorados. Sin embargo, no se hallan resultados positivos en las variables de ventas, personal, personal formado y exportaciones. En algunos de los casos el impacto negativo es muy leve, pero en otros es claramente negativo, como en el caso de las exportaciones, lo que parece sugerir una mayor orientación hacia la demanda interna generada por la CPI.

Respecto al gasto en I+D, los resultados son diversos en función de si se considera el gasto en I+D total o el gasto en I+D interno sobre ventas. En el caso del gasto en I+D total, se encuentra una ratio menor de gasto en I+D total en el grupo de tratamiento en comparación con el gasto interno en I+D. Ello sugiere una reestructuración de la actividad innovadora, a lo que se une el carácter colaborador que implica la CPI. Por último, en cuanto al personal, las empresas que han obtenido una licitación de CPI muestran un mayor porcentaje de personal dedicado a labores de I+D que las empresas del grupo de

control. En cambio, si se considera el total de empleados o el porcentaje de personal formado sobre el total, las diferencias entre ambos grupos son inferiores al 3%. En el caso de los registros de propiedad intelectual cabe señalar la clara inferioridad de las empresas con tratamiento, lo que se podría explicar por el plano temporal en el que se gestionan estos derechos.

Los resultados del análisis para Colombia muestran que el impacto de la CPI difiere en función de la variable analizada. Así, la creación de nuevos bienes y servicios, la mejora de los bienes y servicios ofertados y la adopción de distintas innovaciones (de comercialización, organizativas o de prestación de servicios) son factores más dinámicos en el grupo de empresas de tratamiento. También es mayor en este grupo de empresas el gasto en I+D interno y el personal dedicado a la I+D. Sin embargo, el grupo de empresas con CPI no presenta mejores resultados en exportaciones o en productividad laboral con respecto a las empresas del grupo de control. En cuanto al volumen de ventas, las diferencias entre ambos grupos son inferiores al 1%.

4.2. Análisis conjunto del impacto de la CPI en Colombia

La amplitud de datos disponible para el caso de Colombia permite llevar a cabo un análisis alternativo que consiste en comparar tres grupos de tratamiento diferentes frente a un grupo de control único. Los grupos de tratamiento considerados son los siguientes: (i) empresas con un contrato público de CPI y sin apoyo a la I+D (solo CPI), (ii) empresas con apoyo a la I+D y sin contrato público de CPI (solo apoyo a I+D) y (iii) empresas con un contrato público de CPI y apoyo a la I+D (CPI y apoyo a I+D). El grupo de control está formado por las empresas que no presentan ninguno de los tratamientos anteriores, es decir sin CPI y sin apoyo a la I+D. Las estimaciones para estos tres grupos de tratamiento se recogen en el Cuadro 11. Los cuadros A3.2, A3.3 y A3.4, incluidos en el Anexo 3, presentan los impactos en esas variables para estos tres grupos de tratamiento junto con los test de significatividad.

Cuadro 11. Estimación de impacto de CPI en Colombia (análisis conjunto para los tres grupos de tratamiento)

Variable	Solo CPI	Solo apoyo a I+D	CPI y apoyo a I+D
Nuevos bienes y servicios	114,00%	73,60%	461,85%
Bienes y servicios mejorados	111,12%	31,88%	197,39%
Nuevos métodos de prestación	36,56%	73,64%	98,06%
Nuevos métodos organizativos	30,01%	7,27%	47,61%
Nuevas técnicas de comercialización	16,10%	-23,81%	-6,88%
Personal total	1,52%*	16,33%*	-0,11%*
Productividad laboral (ventas/personal)	-31,41%	5,57%	-9,06% ¹
Ventas	12,49%	0,77%	-1,52%*
Exportaciones sobre ventas	-13,14%	-3,41%	-10,51%
Peso del gasto en I+D total sobre ventas	-20,46%	43,95%	57,09%
Peso del gasto en I+D interno sobre ventas	24,01%	-1,81%	39,72%
Peso del personal formado sobre el personal total	-13,66%	-11,84%	-3,80%
Peso del personal en I+D sobre el personal total	11,78%	-4,23%	10,75%
Patentes obtenidas	-28,12%	37,49%	55,41%

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Nota: * Indica que el impacto no es significativo.

Los impactos obtenidos para los tres grupos de tratamiento de Colombia aportan varias conclusiones de interés en relación con los efectos de las políticas de apoyo a la I+D y de CPI. Con carácter general, se destacan los diferentes impactos en algunas variables según el tratamiento, lo que viene a explicar distintos efectos de la política en las empresas. En sentido contrario, algunas variables muestran efectos similares, lo que puede sugerir efectos equivalentes de las diferentes políticas.

Otro aspecto destacable es el hecho de que las empresas beneficiarias de ambas políticas muestran impactos claramente superiores a las empresas con tratamientos individuales, de lo que se puede deducir una cierta complementariedad entre las políticas que potencia en mayor medida a las empresas que las reciben en simultáneo. Este resultado es coherente con lo que concluyen otros trabajos (Edler y Georghiou, 2007; Edquist et al., 2015; Guerzoni y Raiteiri, 2015; Appelt y Galindo-Rueda, 2016; Detelj et al., 2016a, 2016b; Uyarra, 2016; Sánchez-Carreira, Peñate-Valentín y Varela-Vázquez, 2017; Caravella y Crespi, 2021). Además, la complementariedad entre CPI y subsidios sugiere que en la realidad están presente tanto los fallos de mercado que aborda la CPI (asimetrías de información y problemas de agencia que inhiben la coordinación entre oferta y

demanda de soluciones) como los subsidios (externalidades debido a apropiabilidad incompleta). Asimismo, la mayor parte de la literatura reconoce que las políticas de demanda presentan mayor efecto que las de oferta (Guerzoni y Raitieri, 2015; Radicic, 2019).

A continuación, se comentan los resultados para los tres grupos de tratamiento, con especial atención en el impacto de la CPI. Al igual que en el análisis previo, las variables consideradas se clasifican en varios grupos según el concepto que abarquen: variables de introducción de novedades al mercado, variables de empleo, variables de ventas y, finalmente, variables de gasto en I+D.

En el caso del grupo de variables de introducción de novedades al mercado, todas muestran un impacto mayor de la combinación de ambas políticas, con la excepción de las nuevas técnicas de comercialización. En la comparación entre la CPI y apoyo a la I+D, la primera muestra un impacto porcentual mayor en todas las variables excepto en las patentes obtenidas, lo cual se puede deber a la brevedad del periodo temporal analizado. Por lo tanto, la CPI se muestra como una política más eficiente a la hora de incrementar la innovación en las empresas.

En el caso de las variables de empleo, los resultados no muestran un comportamiento tan claro como en el grupo anterior. Concretamente, la combinación de ambas políticas no presenta un impacto mayor e incluso muestra valores negativos, aunque moderados, en algunas variables. En el caso de la comparación entre la CPI y apoyo a la I+D, la única variable en la que la CPI muestra un valor claramente superior es el peso del personal dedicado a la I+D sobre el total. De esta forma, en lo que concierne al empleo, la CPI no se muestra como una medida superior al apoyo a la I+D.

Con respecto a las variables de ventas, la CPI exhibe un impacto claramente superior al del apoyo a la I+D y a la combinación de ambas políticas. En el caso de las exportaciones, todas las opciones presentan un valor negativo, y la CPI es la que muestra una mayor caída. De esta forma, la CPI exhibe mejores resultados en cuanto a las ventas, pero no respecto a las exportaciones. Esto último puede deberse a una mayor orientación hacia el mercado nacional. Estos resultados se pueden justificar porque se trata de impactos de corto plazo sujetos a las restricciones de capacidad de las empresas. En ese escenario si la empresa estaba exportando pero gana un proyecto de CPI más rentable que la exportación, es perfectamente lógico que la empresa deje de exportar y se reoriente hacia la demanda interna pública. Un comportamiento similar se observa con respecto a la variable de productividad, que se puede ver afectada por el incremento de

personal dedicado a la I+D que puede no repercutir, en el corto plazo, en un incremento de la producción.

En las variables relacionadas con el gasto en I+D, la combinación de ambas políticas evidencia un mayor impacto que las políticas individuales en ambos aspectos. En el caso de la CPI, se puede observar cómo el incremento del peso del gasto en I+D interno es claramente superior al del apoyo a la I+D. En cambio, el apoyo a la I+D se muestra superior en el caso del peso del gasto en I+D total. Por lo anterior, la CPI se muestra como una buena medida a la hora de aumentar el gasto en I+D interno.

En lo que respecta a la adecuación y utilidad de la metodología, el PSM se presenta como una de las mejores opciones para estudiar los efectos de la CPI en las empresas. Los resultados obtenidos para el caso de Colombia evidencian cómo el PSM, y en concreto el uso del NNM, permite obtener grupos de control con características similares al grupo de tratamiento analizado, como muestran las medidas de equilibrio utilizadas que se presentan en el Anexo 2. Precisamente, dado que las covariables están balanceadas, en realidad las diferencias en los resultados se atribuyen a los programas de apoyo público a la innovación, sujeto a los supuestos del PSM. Las principales limitaciones que presenta la metodología del PSM se asocian a la carencia de datos sobre ciertas covariables relevantes (en este caso, los resultados de la innovación) y al período de tiempo analizado, que solo permite analizar los efectos de corto plazo. Por ello, se requerirían datos de panel o seguimiento a las empresas para poder estimar los efectos a largo plazo, cuando las restricciones de capacidad son menos limitantes.

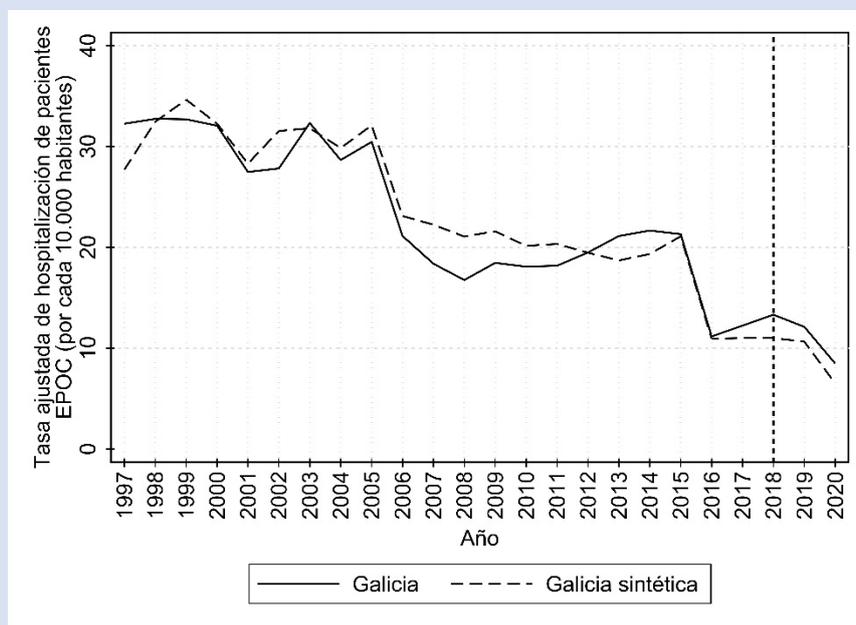
Para analizar el impacto final de la CPI, debería medirse en el sector en el que se utiliza la innovación, lo que resulta muy complejo debido a la limitada información disponible para estimar los efectos directos e indirectos. Por ello, a continuación, el Recuadro 1 muestra cómo se puede aplicar el análisis de sector en un servicio en el ámbito sanitario con los resultados preliminares del control sintético de la plataforma TELEA del SERGAS.

Recuadro 1. Medición de la efectividad de TELEA mediante el método de controles sintéticos

Existen enfoques y metodologías alternativas para medir los impactos de la CPI. La implementación del programa de teleasistencia médica TELEA, desarrollado en la Comunidad Autónoma de Galicia (noroeste de España), proporciona un ejemplo para intentar medir los impactos sociales que justifican estas inversiones, en lugar de sus efectos sobre la capacidad innovadora y desempeño económico de las empresas adjudicatarias (Lovera, Quiles y Sinde, 2022). Entre los objetivos fundamentales de este programa, se encontraba la ambición de mejorar la calidad de vida de los pacientes crónicos, al reducir el número de visitas que debían hacer a los centros médicos y proporcionar un seguimiento continuado y personalizado de forma telemática. A partir de este propósito general, se deriva una serie de objetivos cuantificables a través de métricas concretas, fundamentalmente las tasas ajustadas de hospitalización para cuatro grandes grupos de patologías crónicas: insuficiencia cardíaca crónica (ICC), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), diabetes mellitus (DM) o hipertensión arterial (HTA).

La metodología de controles sintéticos permite comparar la evolución de estas variables al contraponer el caso de la Galicia *real* con una Galicia *sintética*, creada mediante la combinación ponderada de otras comunidades autónomas seleccionadas por un algoritmo que minimiza sus diferencias (Abadie, 2021; Abadie, Diamond y Hainmueller, 2010; Abadie y Gardeazabal, 2003). Idealmente, la evolución de las variables de interés para ambas unidades (real y sintética) debería ser casi idéntica hasta antes del tratamiento (en este caso, la implementación de TELEA). Las diferencias observadas a partir de ese punto pueden atribuirse a la aplicación de este programa y sirven por tanto para estimar sus efectos.

Gráfico 3. Evolución comparada de Galicia real vs. Galicia sintética



Fuente: Elaboración propia con base en Ministerio de Sanidad (2022).

Los resultados preliminares del análisis se resumen gráficamente en el Gráfico 3, en el que se compara la evolución en una tasa de hospitalización por EPOC. Existen una serie de limitaciones en la actualidad, incluyendo el escaso lapso temporal desde el tratamiento o el limitado número de pacientes atendidos en el período analizado, que reducen la calidad del análisis y provocan que los resultados no sean significativos. En cualquier caso, el trabajo realizado es ilustrativo de las posibilidades de esta metodología para el análisis futuro de experiencias de CPI.

5. Conclusiones

En el contexto de esta serie sobre la CPI, el principal propósito de la evaluación es proporcionar las bases para generar aprendizaje que pueda usarse para formular políticas de CPI. La evaluación y la medición, por lo tanto, serán útiles en tanto eviten que los formuladores de políticas cometan los mismos errores que en el pasado. En otras palabras, se espera que la evaluación proporcione responsabilidad, aprendizaje y dote de nuevas orientaciones a las políticas (de CPI). El resultado de la evaluación provee inteligencia a las políticas, ya que pretende incidir sobre el diseño, implementación y ajuste de políticas a partir de la evidencia sistemática sobre las condiciones y efectos subyacentes, y también ofrecer métodos y herramientas. Ello permite a los actores reflexionar sobre las metas definidas, grado de consecución de las mismas, instrumentos empleados para ello y efectos alcanzados.

La medición de los efectos e impacto de la CPI son aspectos de notable complejidad que precisan de una mayor profundización desde el ámbito empírico. La definición, análisis y utilización de las metodologías para medir el impacto aquí presentadas suponen una contribución relevante en esta materia. En este sentido, a través de la revisión sistemática de literatura se han sintetizado aspectos clave que orientan y permiten hacer propuestas para investigaciones futuras.

En primer lugar, cabe destacar el limitado número de estudios que permiten evaluar el impacto de la CPI y el hecho de que se trata de un tema novedoso y emergente, como muestra el carácter tan reciente de esos trabajos, pues la mayoría de ellos se han publicado en los últimos años. Algunos resultados observados en la revisión de literatura permiten confirmar que la CPI supone un estímulo positivo y significativo en el ámbito de las patentes, del gasto en I+D, de la generación de oportunidad para el desarrollo de innovaciones, del aprendizaje o de la penetración en el mercado de las empresas participantes. También se observan aspectos que pueden actuar como condicionantes, como por ejemplo, la importancia de la iniciativa individual, la existencia de investigadores y empleados formados o la intensidad previa en I+D de las empresas participantes.

En segundo lugar, en cuanto a la metodología de emparejamiento o *matching*, ha sido necesario definir las técnicas econométricas más adecuadas, teniendo en consideración las fuentes de información disponibles y sus características. Los cuestionarios de las encuestas nacionales de innovación de distintos países contienen alguna pregunta sobre compra pública o CPI; sin embargo, su inclusión es poco habitual y de carácter limitado. En el caso de los países de ALC, las encuestas nacionales de

innovación de Brasil, Colombia, Perú y Uruguay incluyen alguna pregunta relevante para el estudio del impacto de CPI. El estudio de Crespi y Castillo (2022) para el caso de Perú muestra el efecto positivo de la CPI sobre la innovación, a diferencia de la compra pública regular (compra de bienes y servicios existentes en el mercado, que no requiere innovación por parte de las empresas para cumplir con el contrato).

Con carácter general y considerando que los resultados se refieren solamente a Colombia, la comparación de los resultados obtenidos para el grupo de tratamiento y el de control revela un impacto positivo general de la CPI, especialmente en las variables referidas a la innovación y, en concreto, en lo concerniente a la introducción de innovaciones de producto, proceso, organizativas o de mercadotecnia. En síntesis, puede concluirse que la CPI tiene un impacto significativo en la mayoría de las variables, por lo que parece ser una política adecuada para fomentar la innovación y mejorar el desempeño de las empresas. Asimismo, la CPI parece ser más efectiva que el apoyo a la I+D para fomentar las innovaciones en las empresas, aunque la combinación de ambas medidas tiende a presentar aún mejores resultados.

El propósito principal de esta publicación es proporcionar una evaluación de las políticas de CPI llevadas a cabo en Colombia. Para tal fin, se ha recurrido a la metodología de PSM, consistente en la obtención de dos grupos de empresas con características similares: un grupo de tratamiento que ha obtenido alguna licitación de CPI y un grupo de control. La comparación del desempeño de ambos grupos permite evaluar el impacto de las políticas de CPI llevadas a cabo en Colombia.

Además, debido al tamaño de la muestra de las empresas obtenida de la EDIT para la industria y para los servicios, ha sido posible extender el análisis a otros grupos de tratamiento. En este sentido, se han analizado también los impactos para tres casos adicionales: empresas que obtuvieron alguna licitación de CPI, con o sin otras ayudas a la I+D, y empresas que recibieron ayudas a la I+D sin licitaciones de CPI. A continuación, se recogen las principales conclusiones obtenidas.

Las empresas con CPI presentan unas características particulares que las diferencian considerablemente del resto de las empresas recogidas en la encuesta. A grandes rasgos se puede señalar un mayor tamaño, una mayor pertenencia a sectores intensivos en el uso de tecnología y conocimiento, una mayor presencia de *inputs* para la I+D y de actividades de I+D desempeñadas, una mayor colaboración con otros agentes y un mayor número de registros de propiedad a su nombre. De lo anterior se puede concluir la necesidad de emplear técnicas de emparejamiento para comparar las empresas con CPI con otras.

Las estadísticas de equilibrio obtenidas para los cuatro emparejamientos llevados a cabo, uno para cada variable de tratamiento analizada, muestran cómo el emparejamiento es efectivo al reducir los sesgos estandarizados medios y para todas las covariables. Esta reducción es respaldada, adicionalmente, por otras medidas de equilibrio como el pseudo- R^2 , la prueba de verosimilitud y el análisis gráfico. Además, los resultados también muestran que el grupo de tratamiento tras el emparejamiento mantiene a la gran mayoría de individuos, lo que permite optimizar los datos disponibles.

En el caso general de análisis de impacto de la CPI, sin distinguir entre empresas que hayan podido obtener otras medidas de apoyo a la I+D, los resultados revelan efectos positivos para variables de innovación tales como la introducción o mejora de nuevos bienes y servicios, y también en relación con otros tipos de innovación de proceso. Sin embargo, otras variables, como el porcentaje de gasto total en I+D sobre las ventas, el número de patentes o las exportaciones, no presentan mejores resultados en este grupo de empresas. Asimismo, las diferencias en el volumen de ventas entre ambos grupos no superan el 1%.

En cuanto a los tres casos adicionales, en general se hallaron impactos igualmente positivos en las variables de innovación, especialmente en la introducción de nuevos bienes y servicios. Sin embargo, solo el caso de empresas con CPI sin apoyo a la I+D revela un impacto en ventas superior al 10%. En los demás casos, el impacto es nuevamente reducido e inferior al 2%. Destaca en este análisis adicional que los impactos más relevantes se encuentran en el grupo de empresas que combina ambos tipos de políticas. En este sentido, puede derivarse cierta complementariedad entre las medidas de incentivo a la innovación en forma de ayudas directas y las políticas de demanda pública.

Conviene tener presente que la metodología de *matching* presenta algunas limitaciones, como el problema de la endogeneidad, que se han intentado minimizar. El hecho de considerar distintos grupos de tratamiento enriquece el análisis. Investigaciones futuras deberán avanzar en la evaluación de impacto en el mediano y largo plazo, así como en el análisis del efecto combinado de políticas de innovación de oferta y demanda también desde una perspectiva de largo plazo.

Finalmente, cabe señalar que una de las dificultades para la evaluación de impacto de la CPI, en cuanto a una intervención emergente, se deriva de su reducida escala y, en mayor medida, de la ausencia de información cuantitativa y cualitativa necesaria para realizar la evaluación. Por ello, una de las principales recomendaciones que se deriva de este análisis es la necesidad de considerar la evaluación desde el momento de planificación y diseño de la experiencia, para recopilar la información cuantitativa y

cualitativa necesaria para la evaluación a lo largo de las distintas fases de la CPI. Conviene señalar que la finalidad de los indicadores es la evaluación y no la simple recopilación de información, a fin de evitar el riesgo de proponer un número muy elevado de indicadores que después no se analizan. Asimismo, cabe destacar la importancia del aprendizaje de las experiencias previas, para considerar las buenas prácticas y las lecciones que puedan aplicarse a otros casos, así como para evitar las principales debilidades o fallas detectadas. Todo ello teniendo en cuenta la necesidad de adaptarse al contexto específico en el que se van a aplicar, tanto a nivel sectorial como territorial.

Referencias

- Abadie, A. 2021. Using Synthetic Controls: Feasibility, Data Requirements, and Methodological Aspects. *Journal of Economic Literature*, 59(2), 391-425.
- Abadie, A., A. Diamond y J. Hainmueller. 2010. Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies: Estimating the Effect of California's Tobacco Control Program. *Journal of the American Statistical Association*, 105(490), 493-505.
- Abadie, A. y J. Gardeazabal. 2003. The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country. *American Economic Review*, 93(1), 113-132.
- Allman, K., J. Edler, L. Georghiou, B. Jones, I. Miles, O. Omidivar et al. 2011. Measuring Wider Framework Conditions for Successful Innovation: A System's Review of UK and International Innovation Data. Londres: NESTA.
- Appelt, S. y F. Galindo-Rueda. 2016. Measuring the Link between Public Procurement and Innovation. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2016/03. París: OCDE.
- Aschhoff, B. y W. Sofka. 2009. Innovation on demand--Can public procurement drive market success of innovations? *Research Policy*, 38(8), 1235-1247.
- Blind, K., J. Pohlisch y A. Rainville. 2020. Innovation and Standardization as Drivers of Companies' Success in Public Procurement: an Empirical Analysis. *The Journal of Technology Transfer*, 45, 664-693.
- Caliendo, M. y S. Kopeinig. 2005. Some Practical Guidance for the Implementation of Propensity Score Matching. *Discussion Papers of DIW Berlin no. 485*. Berlin: DIW Berlin, German Institute for Economic Research.
- Caravella, S. y F. Crespi. 2021. The Role of Public Procurement as Innovation Lever: Evidence from Italian Manufacturing Firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 30(7), 663-684.
- Caravella, S., F. Crespi, D. Guarascio y M. Tubiana. 2021. Heterogeneity in the Demand-Growth Relationship at the Firm Level: The Role of Demand Sources and Innovation/Knowledge Characteristics. *Economics of Innovation and New Technology*, 30(5), 516-535.
- Comisión Europea. 2020. Benchmarking of R&D Procurement and Innovation Procurement Investments in Countries across Europe. Bruselas: DG GNECT, F - Digital innovation and Blockchain.
- Crespi, F. y D. Guarascio. 2019. The Demand-Pull Effect of Public Procurement on Innovation and Industrial Renewal. *Industrial and Corporate Change*, 28(4), 793-815.

- Crespi, G. y R. Castillo. 2022. *Supply-Side versus Demand-Side Innovation Policies: Exploring the Impacts of Public Procurement of Innovation in Peru*. Technical note No. IDB-TN-2503.
- Czarnitzki, D., P. Hünermund y N. Moshgbar. 2020. Public Procurement of Innovation: Evidence from a German Legislative Reform. *International Journal of Industrial Organization*, 71.
- Dai, X., Y. Li y K. Chen. 2021. Direct Demand-Pull and Indirect Certification Effects of Public Procurement for Innovation. *Technovation*, 101, 102198.
- Demircioglu, M. A. y R. Vivona. 2021. Positioning Public Procurement as a Procedural Tool for Innovation: An Empirical Study, *Policy and Society*, 40(3), 379-396.
- Detelj, K., T. Jagric y T. Markovic-Hribernik. 2016a. Exploration of the Effectiveness of Public Procurement for Innovation: Panel Analysis of EU Countries' Data. *Lex Localis Journal of Local Self-Government*, 14(1), 93-114.
- . 2016b. Simulation of Public Procurement's Impact on Innovativeness of EU Countries. *International Journal of Simulation Modelling*, 15(2), 249-261.
- Detelj, K., T. Markovič Hribernik e I. Pihir. 2015. Measuring Public Procurement for Innovation at Country Level and the Role of ICT Support. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 39(1), 21-32.
- Edler, J. 2007. Demand Based Innovation Policy. Working Paper Manchester Institute of Innovation Research, 9.
- Edler, J. y L. Georghiou. 2007. Public Procurement and Innovation. Resurrecting the Demand Side. *Research Policy*, 36(7), 949-963.
- Edquist, C., N. Vonortas, J. M. Zabala-Iturriagagoitia y J. Edler. 2015. Public Procurement for Innovation. Cheltenham: Edward Elgar.
- Egnér, F. y L. Trosvik. 2018. Electric Vehicle Adoption in Sweden and the Impact of Local Policy Instruments. *Energy Policy*, 121, 584-596.
- Grandia, J. y D. Voncken. 2019. Sustainable Public Procurement: The Impact of Ability, Motivation, and Opportunity on the Implementation of Different Types of Sustainable Public Procurement. *Sustainability*, 11(19), 5215.
- Guerzoni, M. y E. Raiteri. 2015. Demand-Side vs. Supply-Side Technology Policies: Hidden Treatment and New Empirical Evidence on the Policy Mix. *Research Policy*, 44, 726-747.
- Izsak, K y J. Edler. 2011. Trends and Challenges in Demand-Side Innovation Policies in Europe. Manchester: Technopolis Group.

- Liu, X., X. Sun, M. Li e Y. Zhai. 2020. The Effects of Demonstration Projects on Electric Vehicle Diffusion: An Empirical Study in China. *Energy Policy*, 139. 111322
- Lovera, V. A., J. Quiles y S. Sinde. 2022. TELEA: Plataforma electrónica de asistencia sanitaria domiciliaria: fortalecimiento de las capacidades de los países de América Latina y el Caribe para la implementación de metodologías de compra pública de innovación. Documento para Discusión No. IDB-DP-958, Washington, D.C.: BID. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/telea-plataforma-electronica-de-asistencia-sanitaria-domiciliaria-fortalecimiento-de-las>.
- Markovic-Hribernik, T. y K. Detelj. 2016. Simulation of Public Procurement's Impact on Innovativeness of EU Countries. *International Journal of Simulation Modelling*, 15, 249-261.
- Ministerio de Sanidad. 2022. Registro de Atención Especializada—Conjunto Mínimo Básico de Datos [RAE-CMBD] [Database]. Portal Estadístico. Área de Inteligencia de Gestión - Consulta Interactiva del Sistema Nacional de Salud. Disponible en: <https://peestadistico.inteligenciadegestion.sanidad.gob.es/publicoSNS/S/rae-cmbd>.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2011. Demand-Side Innovation Policy. París: OCDE.
- Ospina, M. J., C. García, D. Moñux y A. Jugararu. 2021. Compra pública de innovación en Brasil. Documento para discusión IDB-DP-00843. Washington, D.C.: BID. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Compra-publica-de-innovacion-en-Brasil-El-sector-de-agua-y-saneamiento.pdf>.
- Peñate, M. 2021. La compra pública de innovaciones como política de demanda en sectores estratégicos. Análisis de la experiencia española desde la perspectiva regional. Tesis doctoral. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Radicic, D. 2019. Effectiveness of Public Procurement of Innovation versus Supply-Side Innovation Measures in Manufacturing and Service Sectors. *Science and Public Policy*, 46(5), 732-746.
- Rocha, F. 2018. Procurement as Innovation Policy and its Distinguishing Effects on Innovative Efforts of the Brazilian Oil and Gas Suppliers. *Economics of Innovation and New Technology*, 27(8), 750-769.
- Rocha, F. 2019. Does Public Procurement for Innovation Increase Innovative Efforts? The Case of Brazil. *Revista Brasileira de Inovação*, 18(1), 37-62.
- Rosenbaum, P. y D. Rubin. 1983. The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.

- Rubin, D. B. y N. Thomas. 1996. Matching Using Estimated Propensity Scores, Relating Theory to Practice. *Biometrics*, 52, 249-264.
- . 2000. Combining Propensity Score Matching with Additional Adjustments for Prognostic Covariates. *Journal of the American Statistical Association*, 95, 573-585.
- Sánchez-Carreira, M. C., M.C. Peñate-Valentín y P. Varela-Vázquez. 2017. Las políticas de demanda en el proceso de innovación: fundamentos e instrumentos. *Revista de Investigaciones Políticas y Sociales*, 16(2), 229-248.
- Shin, K. y J.-D. Lee. 2021. Impact of Public Procurement for Innovation on Firm Productivity. *Applied Economic Letters*, 29(11), 1016-1021.
- Sinde, S. 2018. 10 beneficios de la compra pública de innovación, *Blog Puntos sobre la i*, 8 de marzo. Disponible en <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/beneficios-de-la-compra-publica-de-innovacion/>.
- Sinde, S. 2019. ¿Cómo comprar “innovación con sentido” desde el gobierno? Mecanismos proactivos y reactivos, *Blog Puntos sobre la i*, 26 de julio. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/compra-publica-de-innovacion-innovacion-con-sentido-desde-el-gobierno/>.
- Slavtchev, V. y S. Wiederhold. 2016. Does the Technological Content of Government Demand Matter for Private R&D? Evidence from US States. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 8(2), 45-84.
- Stojčić, N., S. Srhoj y A. Coad. 2020. Innovation Procurement as Capability-Building: Evaluating Innovation Policies in Eight Central and Eastern European Countries. *European Economic Review*, vol. 121, 103330.
- Stojčić, N. 2021. Social and Private Outcomes of Green Innovation Incentives in European Advancing Economies. *Technovation*, 104, 102270.
- Storz, C., T. ten Brink y N. Zou. 2021. Innovation in Emerging Economies: How do University-Industry Linkages and Public Procurement Matter for Small Businesses? *Asia Pacific Journal of Management*, 39, 1439-1480.
- Stuart, E. A. 2010. Matching Methods for Causal Inference: A Review and a Look Forward. *Statistical Science*, 25(1), 1-21.
- Vergara, D. M., J. Heijts, A. Guerrero y G. Arenas. 2021. Evaluación de la política tecnológica. Propensity score matching. México: Universidad Autónoma de México, Instituto de Estudios Económicos.
- Uyarra, E. 2016. The Impact of Public Procurement of Innovation. En J. Edler, P. Cunningham, A. Gök y P. Shapira (Eds.), *Handbook of Innovation Policy Impact* (pp. 355-380). Cheltenham: Edward Elgar.

Zabala-Iturriagagoitia, J. M. 2018. Monitoring, Evaluation and Impact Assessment of Innovation Related Procurement. Report Topic D of the Mutual Learning Exercise (MLE) Innovation related procurement. Comisión Europea, Directorate-General for Research & Innovation, Directorate Policy Development and Coordination.

Anexos

Anexo 1. Descripción y estadísticas descriptivas de las variables y covariables para el *matching* de Colombia

Este anexo describe las variables de tratamiento, control y resultados, así como sus estadísticas descriptivas.

Cuadro A1.1 Variables de tratamiento

Variables de tratamiento	Descripción
CPI	Empresas con contrato de CPI (valor 1); otro caso (valor 0)
Solo CPI	Empresas con CPI y sin apoyo a la I+D (valor 1); otro caso (valor 0)
Solo apoyo a I+D	Empresas con apoyo a la I+D y sin CPI (valor 1); otro caso (valor 0)
CPI y apoyo a I+D	Empresas con apoyo a la I+D y con CPI (valor 1); otro caso (valor 0)

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Cuadro A1.2 Variables de control

Variables de control	Descripción
Microempresas	Empresas con menos de 10 trabajadores (valor 1); otro caso (valor 0)
Empresas pequeñas	Empresas entre 10 y 50 trabajadores (valor 1); otro caso (valor 0)
Empresas medianas	Empresas entre 50 y 200 trabajadores (valor 1); otro caso (valor 0)
Empresas grandes	Empresas con más de 200 trabajadores (valor 1); otro caso (valor 0)
Empresas con I+D	Empresas que realizan gasto en I+D (valor 1); otro caso (valor 0)
SAT	Empresas de sectores de alta intensidad tecnológica (valor 1); otro caso (valor 0)
SMAT	Empresas de sectores de media-alta intensidad tecnológica (valor 1); otro caso (valor 0)
SMBT	Empresas de sectores de media-baja intensidad tecnológica (valor 1); otro caso (valor 0)
SBT	Empresas de sectores de baja intensidad tecnológica (valor 1); otro caso (valor 0)
SIC	Empresas de sectores intensivos en conocimiento (valor 1); otro caso (valor 0)
SNIC	Empresas de sectores no intensivos en conocimiento (valor 1); otro caso (valor 0)
Peso del gasto en I+D total sobre ventas	Porcentaje que representa el gasto total en I+D de la empresa sobre las ventas
Peso del personal de actividades de I+D	Porcentaje de trabajadores dedicados a actividades de I+D sobre el total de trabajadores
Patentes obtenidas	Registros de propiedad vigentes a nombre de la empresa
Peso del gasto en I+D interno	Porcentaje que representa el gasto interno en I+D de la empresa sobre sus ventas

Variables de control	Descripción
Peso del personal formado	Porcentaje de trabajadores con formación de doctorado y maestría sobre total de trabajadores
Exportaciones sobre ventas	Porcentaje de las exportaciones sobre ventas
Colaboración con proveedores	Empresas que colaboran con proveedores (valor 1); otro caso (valor 0)
Colaboración con gobierno	Empresas que colaboran con el gobierno (valor 1); otro caso (valor 0)
Colaboración con clientes	Empresas que colaboran con clientes (valor 1); otro caso (valor 0)
Personal total	Número de trabajadores contratados por la empresa
Ventas	Ventas totales de la empresa (en millones de pesos colombianos)
Apoyo a la I+D	Empresas que tienen apoyo a la I+D (valor 1); otro caso (valor 0)

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Cuadro A1.3 Variables de resultados

Variables de resultados	Descripción
Nuevos bienes y servicios	Nuevos bienes y servicios, o mejorados significativamente, introducidos al mercado por la empresa en el período analizado
Bienes y servicios mejorados	Mejoras en bienes y servicios introducidas al mercado por la empresa en el período analizado
Nuevos métodos de prestación	Introducción de nuevos o significativamente mejorados métodos de producción, distribución, entrega o sistemas logísticos
Nuevos métodos organizativos	Introducción de nuevos métodos organizativos implementados en el funcionamiento interno de la empresa, en el sistema de gestión del conocimiento, en la organización del lugar de trabajo, o en la gestión de las relaciones externas de la empresa
Nuevas técnicas de comercialización	Introducción de nuevas técnicas de comercialización en su empresa (canales para promoción y venta, o modificaciones significativas en el empaque o diseño del producto), implementadas en la empresa con el objetivo de ampliar o mantener su mercado
Personal total	Número de trabajadores contratados por la empresa
Productividad laboral (ventas/personal)	Ventas medias por trabajador
Ventas	Ventas totales de la empresa (en millones de pesos colombianos)
Exportaciones sobre ventas	Peso de las exportaciones en las ventas totales
Peso del gasto I+D total sobre ventas	Porcentaje que representa el gasto total en I+D de la empresa sobre sus ventas
Peso del gasto en I+D interno	Porcentaje que representa el gasto interno en I+D de la empresa sobre sus ventas
Peso del personal formado	Porcentaje de trabajadores con formación de doctorado y maestría sobre el total de trabajadores
Peso del personal en actividades de I+D	Porcentaje de trabajadores dedicados a actividades de I+D sobre el total de trabajadores
Patentes obtenidas	Registros de propiedad obtenidos en el periodo

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A1.4. Estadísticos descriptivos de las variables de control para todas las empresas de la encuesta

Variable de control	Observaciones	Media	Mediana	Desv. est.	Mínimo	Máximo
Apoyo a la I+D	16.539	0,1118	0	0,3151253	0	1
Colaboración con clientes	16.539	0,03725	0	0,18937	0	1
Colaboración con gobierno	16.539	0,01784	0	0,13236	0	1
Colaboración con proveedores	16.539	0,0546	0	0,2272	0	1
Empresas con I+D	16.539	0,1953	0,00000	0,39644	0	1
Empresas grandes	16.539	0,1805	0,00000	0,38465	0	1
Empresas medianas	16.539	0,3429	0,00000	0,47469	0	1
Empresas pequeñas	16.539	0,4021	0,00000	0,49033	0	1
Microempresas	16.539	0,07449	0,00000	0,26758	0	1
Patentes obtenidas	16.539	0,0546	0	49,68	0	1
Personal total	16.539	168,5	55,00000	462,27	1	10.575
Peso de exportaciones	16.539	0,03084	0	0,11179	0	0,99958
Peso del gasto en I+D interno	16.539	0,00095	0	0,01511	0	0,84788
Peso del gasto en I+D total	16.539	0,00479	0	0,03255	0	1,08979
Peso del personal en actividades de I+D	16.539	0,01516	0	0,05313	0	1
Peso del personal formado	16.539	0,01045	0	0,04621	0	1
SMAT	16.539	0,08078	0,00000	0,27253	0	1
SAT	16.539	0,01246	0,00000	0,11091	0	1
SMBT	16.539	0,1061	0,00000	0,30791	0	1
SBT	16.539	0,2461	0,00000	0,43074	0	1
SIC	16.539	0,1611	0,00000	0,36767	0	1
SNIC	16.539	0,3935	0,00000	0,48854	0	1
Ventas	16.539	49.080	8.058	325.296	1,261	14.330.000

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Cuadro A1.5. Estadísticos básicos de las variables de control para las empresas con CPI

Empresas con CPI	Observaciones	Media	Mediana	Desv. est.	Mínimo	Máximo
Apoyo a la I+D	450	0,5356	1	0,4992893	0	1
Colaboración con clientes	450	0,2378	0	0,4261961	0	1
Colaboración con gobierno	450	0,2311	0	0,4220125	0	1
Colaboración con proveedores	450	0,3044	0	0,4606839	0	1
Empresas con I+D	450	0,8444	1	0,3628369	0	1
Empresas grandes	450	0,5022	1	0,5005515	0	1
Empresas medianas	450	0,2344	0	0,468688	0	1
Empresas pequeñas	450	0,1644	0	0,3710909	0	1
Microempresas	450	0,008889	0	0,09396541	0	1
Patentes obtenidas	450	22,86	0	146,9982	0	2.655
Personal total	450	602,2	209,5	1040,732	6	8.943
Peso de exportaciones	450	0,03767	0	0,1127921	0	0,84746
Peso del gasto en I+D interno	450	0,008975	0	0,02965011	0	0,304629
Peso del gasto en I+D total	450	0,032181	0,008831	0,06980646	0	0,56299
Peso del personal en actividades de I+D	450	0,08227	0,04072	0,1200319	0	0,90909
Peso del personal formado	450	0,058028	0,006925	0,1328617	0	0,95
SAMT	450	0,08444	0	0,2783627	0	1
SAT	450	0,01333	0	0,1148253	0	1
SMBT	450	0,03778	0	0,1908706	0	1
SBT	450	0,09111	0	0,2880873	0	1
SIC	450	0,6089	1	0,4885423	0	1
SNIC	450	0,1644	0	0,3710909	0	1
Ventas	450	215.200	22.940	1.093.903	220	14.330.000

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Cuadro A1.6. Distribución sectorial de las empresas que conforman la EDIT en Colombia

Cód	Sector	Solo CPI		Solo apoyo a I+D		CPI y apoyo a I+D		Total	
		Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
S10	Elaboración de productos alimenticios	5	2,4	185	11,5	9	3,7	1.287	7,8
S11	Elaboración de bebidas	0	0,0	20	1,2	1	0,4	94	0,6
S13	Fabricación de productos textiles	0	0,0	34	2,1	1	0,4	257	1,6
S14	Fabricación de prendas de vestir	5	2,4	50	3,1	0	0,0	836	5,1
S15	Fabricación de productos de cuero y conexos	0	0,0	20	1,2	1	0,4	312	1,9
S16	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables	0	0,0	17	1,1	0	0,0	149	0,9
S17	Fabricación de papel y productos de papel	0	0,0	19	1,2	0	0,0	125	0,8
S18	Impresión y reproducción de grabaciones	1	0,5	36	2,2	4	1,7	391	2,4
S19	Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo	0	0,0	5	0,3	0	0,0	49	0,3
S20	Fabricación de sustancias y productos químicos	5	2,4	108	6,7	5	2,1	511	3,1
S21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	1	0,5	36	2,2	2	0,5	182	1,1
S22	Fabricación de productos de caucho y de plástico	2	1,0	67	4,2	3	1,0	633	3,8
S23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	0	0,0	41	2,5	4	1,7	360	2,2
S24	Fabricación de metales comunes	1	0,5	18	1,1	0	0,0	138	0,8

Cód	Sector	Solo CPI		Solo apoyo a I+D		CPI y apoyo a I+D		Total	
		Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
S25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	3	1,4	41	2,5	4	1,7	574	3,5
S26	Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica	1	0,5	6	0,4	2	0,8	24	0,1
S27	Fabricación de equipo eléctrico	2	1,0	27	1,7	8	3,3	175	1,1
S28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	8	3,8	39	2,4	5	2,1	415	2,5
S29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	0	0,0	19	1,2	1	0,4	170	1,0
S30	Fabricación de otro equipo de transporte	1	0,5	4	0,2	0	0,0	33	0,2
S31	Fabricación de muebles	3	1,4	26	1,6	1	0,4	370	2,2
S32	Otras industrias manufactureras	4	1,9	29	1,8	6	2,5	249	1,5
Total industria		42	20,1	847	52,7	57	23,7	7.344	44,3
S33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	0	0,0	1	0,1	3	1,2	32	0,2
S35	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	4	1,9	15	0,9	5	2,1	90	0,5
S36	Capacitación, tratamiento y distribución de agua	0	0,0	58	3,6	3	1,2	161	1,0
S37	Evacuación de aguas residuales	0	0,0	19	1,2	3	1,2	53	0,3
S38	Recogida, tratamiento y eliminación de desechos; recuperación de materiales	0	0	17	1,1	5	2,1	109	0,7
S45	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas	2	1,0	25	1,6	0	0,0	336	2,0

Cód	Sector	Solo CPI		Solo apoyo a I+D		CPI y apoyo a I+D		Total	
		Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
S46	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	16	7,7	111	6,9	13	5,4	1.829	11,1
S47	Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	2	1,0	57	3,5	3	1,2	2.008	12,1
S49	Transporte por vía terrestre y transporte por tuberías	8	3,8	71	4,40	7	2,9	1.344	8,1
S51	Transporte por vía aérea	0	0,0	4	0,2	1	0,4	54	0,3
S53	Actividades postales y de mensajería	4	1,9	4	0,2	1	0,4	69	0,4
S55	Actividades de alojamiento	0	0,0	94	5,8	9	3,7	340	2,1
S56	Actividades de servicio de comidas y bebidas	0	0,0	36	2,2	1	0,4	420	2,5
S58	Actividades de edición	3	1,4	7	0,4	0	0,0	117	0,7
S59	Actividades de producción de películas cinematográficas, vídeos y programas de televisión, grabación de sonido y edición de música	0	0,0	5	0,3	0	0,0	38	0,2
S60	Actividades de programación y transmisión	1	0,5	3	0,2	2	0,8	37	0,2
S61	Telecomunicaciones	10	4,8	13	0,8	9	3,7	188	1,1
S62	Programación informática, consultoría de informática y actividades conexas	28	13,4	24	1,5	17	7,1	284	1,7
S63	Actividades de servicios de información	10	4,8	1	0,1	1	0,4	54	0,3
S64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y fondos de pensiones	1	0,5	6	0,4	3	1,2	26	0,2
S72	Investigación científica y desarrollo	9	4,3	9	0,6	3	1,2	41	0,2

Cód	Sector	Solo CPI		Solo apoyo a I+D		CPI y apoyo a I+D		Total	
		Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
S85	Enseñanza	27	12,9	51	3,2	24	10,0	260	1,6
S86	Actividades de atención de la salud humana	42	20,1	130	8,1	71	29,5	1.315	8,0
Total servicios		167	79,9	761	47,3	184	76,3	9.205	55,7
Total empresas		209	100	1.608	100	241	100	16.539	100

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Anexo 2. Medidas de equilibrio en el *matching* de Colombia

Este anexo incluye las estadísticas de equilibrio empleadas para valorar la similitud entre los grupos de tratamiento y control obtenidos tras el emparejamiento para los cuatro casos analizados en el estudio. Además, se incluyen esas mismas medidas previas al emparejamiento con el fin de mostrar la adecuación del *matching* realizado en cada caso. Como se indica en el texto, se sigue la metodología de Guerzoni y Raiteri (2015).

Los datos presentados en cada cuadro recogen los siguientes aspectos:

- **Sesgos estandarizados:** frecuentemente se los conoce por su nombre **bias** y se calculan como la diferencia entre las medias estandarizadas del grupo de tratamiento y control. En este caso la estandarización se lleva a cabo dividiendo la diferencia por la desviación estándar en el grupo de tratamiento original. De este modo, los sesgos estandarizados se calculan siguiendo la siguiente expresión:

$$SE_i = \frac{\bar{x}_i^{\hat{t}} - \bar{x}_i^{\hat{c}}}{\sigma_i^t}$$

Donde SE_i se refiere al sesgo estandarizado para la covariable i , el primer elemento del numerador se corresponde con la media ponderada del grupo de tratamiento \hat{t} tras el *matching* de la covariable i , y el segundo con la media ponderada para dicha covariable del grupo de control \hat{c} tras el *matching*. El elemento del denominador se corresponde con la desviación media del grupo de tratamiento *prematching* t . Nótese que, en el caso de calcular los sesgos para la muestra antes de emparejar los grupos, t y \hat{t} coinciden. Frecuentemente se emplea la media de los sesgos para medir si el modelo está equilibrado, pero también se pueden incluir los sesgos por covariable. El criterio acostumbra a fijarse en valores inferiores o próximos al 3% y 5%. También resulta de utilidad comparar los sesgos antes y después del *matching*.

- **Tamaño de los grupos:** incluye el número de individuos antes y después del emparejamiento para el grupo de tratamiento y control.
- **Pseudo-R²:** este indicador sirve para medir si el modelo planteado tras el *matching* tiene una menor capacidad explicativa que ese mismo modelo antes del emparejamiento. Un buen *matching* conlleva que las covariables que anteriormente explicaban la asignación del tratamiento ya no lo hagan, lo que genera una “muestra aleatoria” en la que los grupos de tratamiento y control son similares. La idea es que el pseudo-R² tras el *matching* sea menor que antes y próximo a cero.

- **Test de ratio de verosimilitud (Chi-cuadrado):** esta prueba es complementaria al pseudo-R² ya que sirve para contrastar si las covariables del modelo son significativas a la hora de explicar si un individuo recibe tratamiento o no. Básicamente se trata de comparar el modelo planteado (pre o postemparejamiento) con un modelo sin covariables. Lo correcto sería rechazar H₀ antes del emparejamiento y aceptarla después del *matching*, siendo la hipótesis nula la no significatividad del modelo.
- **Análisis gráfico:** se trata de observar si las distribuciones de las propensiones de puntaje (*propensity score* [PS]) de ambos grupos son más similares después del *matching*. Los Gráficos A2.1 a A2.4 presentan cuatro gráficos para cada caso: en los dos gráficos de la izquierda se muestran las distribuciones del grupo de tratamiento y control antes del emparejamiento (*raw*) y en los de la derecha lo mismo tras el emparejamiento (*matched*).

Emparejamiento para grupo de tratamiento de empresas con CPI con o sin apoyo a la I+D (análisis de impacto de la CPI individual)

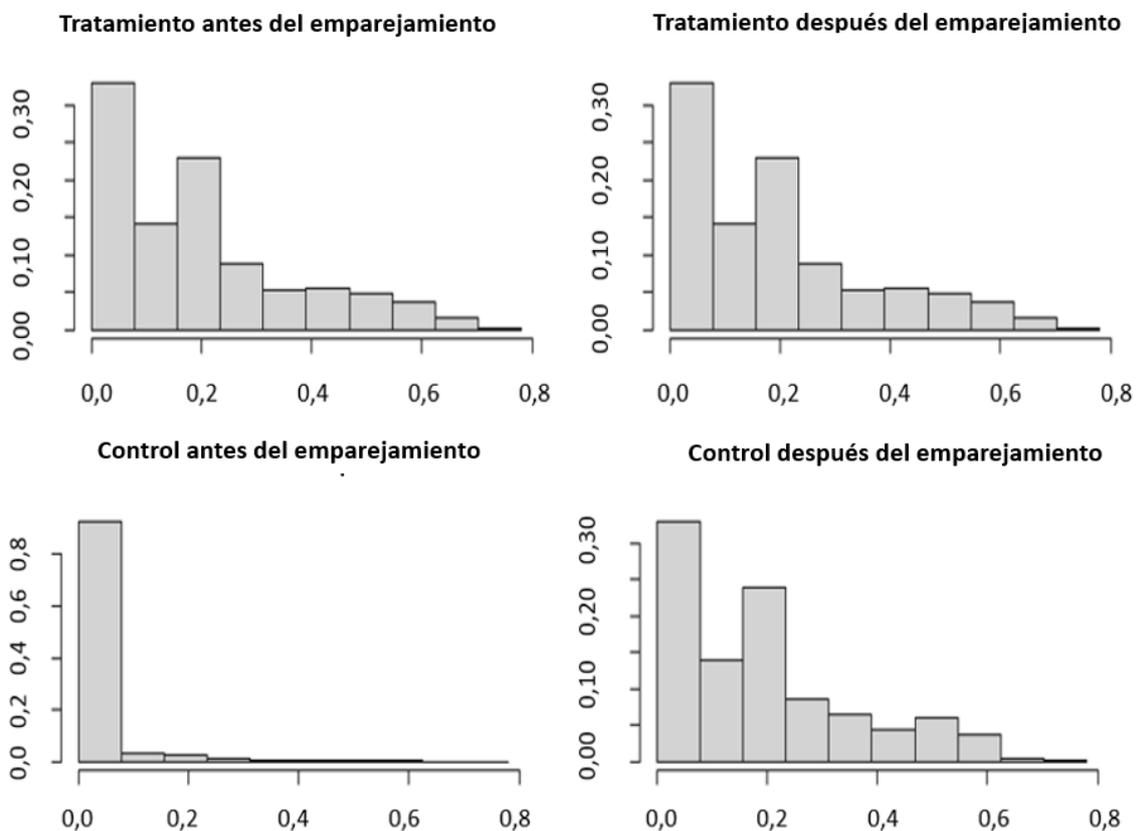
Cuadro A2.1. Estadísticas de equilibrio para el emparejamiento de empresas con CPI (análisis de impacto individual)

Sesgos medios estandarizados	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Distancia	102,57%	2,6%
Microempresas	-71,85%	-8,5%
Empresas pequeñas	-65,90%	3,6%
Empresas medianas	-4,05%	2,7%
Empresas grandes	66,14%	-3,6%
Empresas con I+D	184,12%	-6,2%
SAT	0,79%	-2,5%
SMAT	1,36%	-6,1%
SMBT	-36,81%	-2,9%
SBT	-55,36%	-4,0%
SIC	94,32%	7,8%
SNIC	-63,52%	-0,3%
Apoyo a la I+D	87,34%	-4,7%
Peso del gasto I+D total	40,33%	3,0%
Peso del personal en actividades de I+D	57,48%	0,7%
Patentes obtenidas	13,27%	1,4%
Peso del gasto I+D interno	27,82%	-2,7%
Peso del personal formado	36,81%	-0,2%
Exportaciones sobre ventas	6,23%	-4,5%
Colaboración con proveedores	55,81%	-2,9%
Colaboración con gobierno	52,01%	4,1%

Sesgos medios estandarizados	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Colaboración con clientes	48,42%	-0,2%
Personal total	42,84%	-1,8%
Ventas	15,61%	0,6%
Sesgos medios	49,05%	3,25%
Otras mediciones de calidad	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Individuos de tratamiento	450	450
Individuos de control	16.089	4.382
Pseudo-R ²	0,3275	0,0035
Test de verosimilitud	1.352,85	19,43
Probabilidad test de verosimilitud	0,0000	0,8296

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Gráfico A2.1 Distribución de la distancia (PS) para el emparejamiento de empresas con CPI (análisis de impacto individual)



Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia

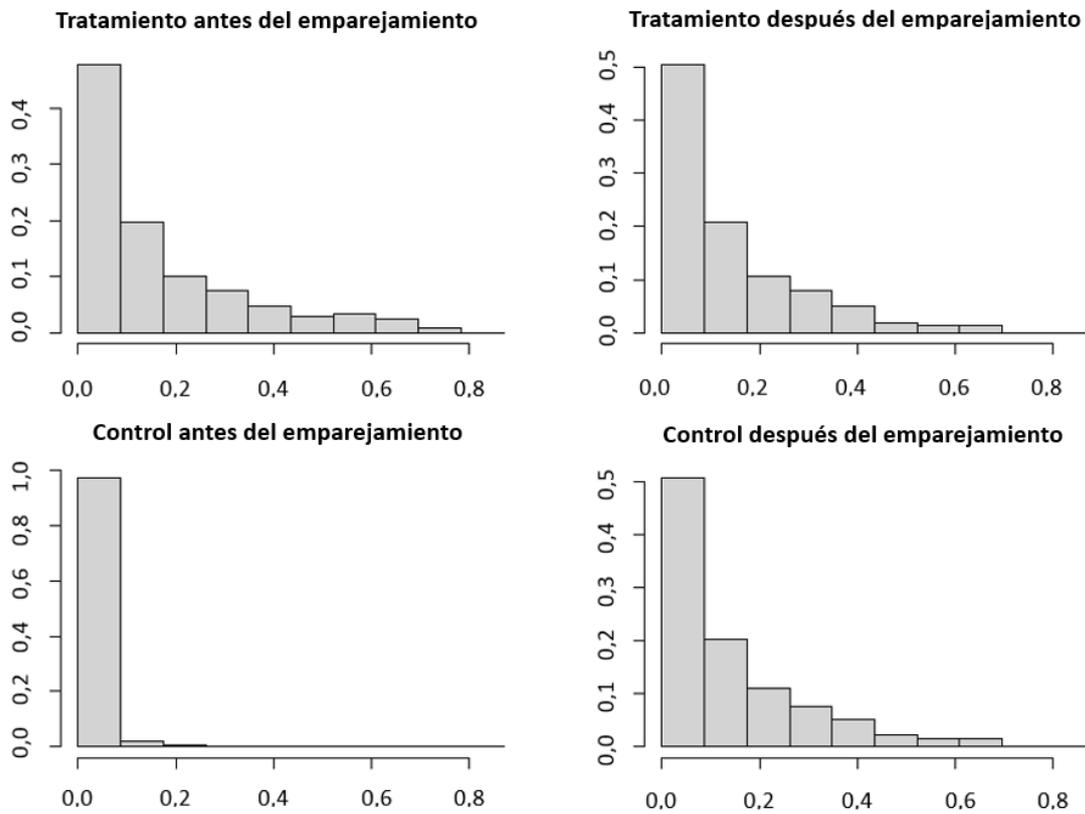
Emparejamiento para grupo de tratamiento de empresas con solo CPI

Cuadro A2.2. Estadísticas de equilibrio para el emparejamiento de empresas con solo CPI

Sesgos medios estandarizados	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Distancia	82,63%	0,07%
Microempresas	-75,79%	-14,24%
Empresas pequeñas	-54,05%	-4,51%
Empresas medianas	10,70%	3,15%
Empresas grandes	50,14%	3,50%
Empresas con I+D	122,74%	-7,62%
SAT	-1,38%	-5,42%
SMAT	0,22%	-6,87%
SMBT	-47,53%	-6,48%
SBT	-57,74%	-4,33%
SIC	105,25%	13,85%
SNIC	-72,54%	-5,48%
Peso del gasto en I+D total	38,04%	-2,75%
Peso del personal en actividades de I+D	61,60%	-5,32%
Patentes obtenidas	17,13%	0,57%
Peso del gasto en I+D interno	32,52%	1,56%
Peso del personal formado	43,56%	3,36%
Exportaciones sobre ventas	-7,11%	-6,59%
Colaboración con proveedores	51,56%	-10,95%
Colaboración con gobierno	47,82%	4,78%
Colaboración con clientes	50,46%	-8,46%
Personal total	42,15%	0,64%
Ventas	16,70%	-12,42%
Sesgos medios	45,76%	6,04%
Otras mediciones de calidad	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Individuos de tratamiento	209	198
Individuos de control	14.481	3.102
Pseudo-R ²	0,3149	0,0075
Test de verosimilitud	690,41	0
Probabilidad test de verosimilitud	9,81	0,938

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Gráfico A2.2. Distribución de la distancia (PS) para el emparejamiento de empresas con solo CPI



Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Emparejamiento para grupo de tratamiento de empresas con solo apoyo a la I+D

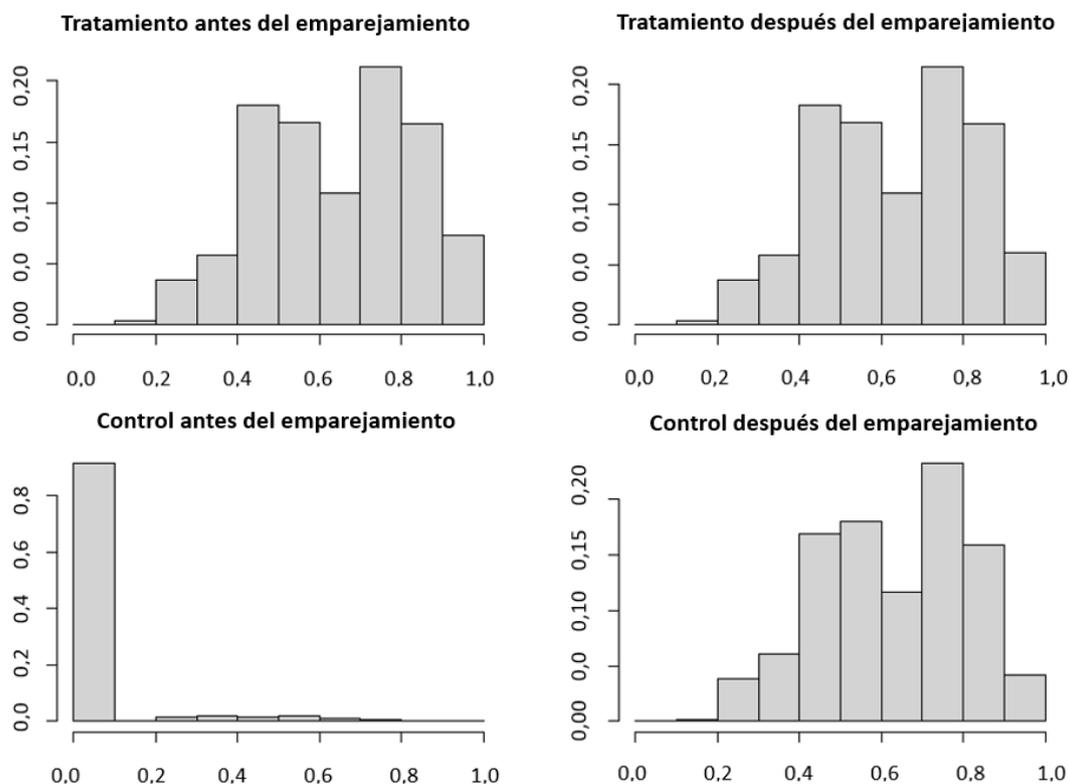
Cuadro A2.3 Estadísticas de equilibrio para el emparejamiento de empresas con solo apoyo a la I+D

Sesgos medios estandarizados	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Distancia	314,96%	0,62%
Microempresas	-61,91%	-0,93%
Empresas pequeñas	-80,57%	0,97%
Empresas medianas	6,83%	7,67%
Empresas grandes	65,14%	-7,91%
Empresas con I+D	239,46%	0,00%
SAT	9,54%	-0,16%
SMAT	14,36%	2,41%
SMBT	-0,36%	4,63%
SBT	5,18%	-1,83%
SIC	14,96%	-1,58%
SNIC	-32,54%	-1,68%

Sesgos medios estandarizados	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Peso del gasto en I+D total	35,16%	-0,74%
Personal total	37,96%	-1,30%
Peso del personal formado	17,28%	-0,29%
Peso del gasto en I+D interno	10,87%	-3,76%
Exportaciones sobre ventas	28,20%	-2,93%
Colaboración clientes	38,87%	-3,83%
Ventas	20,95%	-1,29%
Peso del personal en actividades de I+D	58,81%	6,74%
Patentes obtenidas	16,80%	-1,32%
Colaboración con proveedores	50,65%	1,73%
Colaboración con gobierno	23,15%	-0,54%
Sesgos medios	39,52%	2,47%
Otras mediciones de calidad	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Individuos de tratamiento	1.608	1.584
Individuos de control	14.481	1.230
Pseudo-R ²	0,1394	0,0028
Test de verosimilitud	544,07	6,03
Probabilidad test de verosimilitud	0	0,9657

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Gráfico A2.3. Distribución de la distancia (PS) para el emparejamiento de empresas con solo apoyo a la I+D



Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

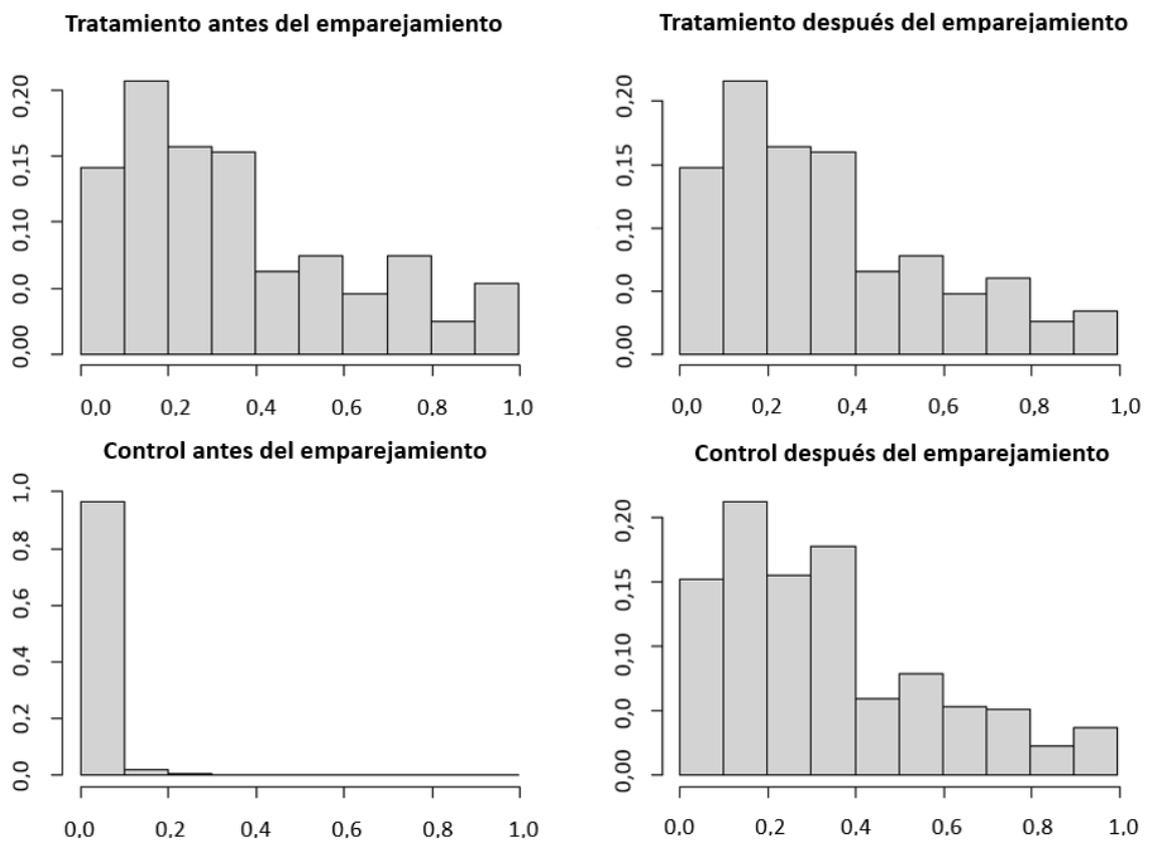
Emparejamiento para grupo de tratamiento de empresas con CPI y apoyo a la I+D

Cuadro A2.4. Estadísticas de equilibrio para el emparejamiento de empresas con CPI y apoyo a la I+D

Sesgos medios estandarizados	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Distancia	132,52%	0,38%
Microempresas	-82,73%	2,77%
Empresas pequeñas	-97,48%	-1,87%
Empresas medianas	-16,88%	-2,08%
Empresas grandes	95,51%	2,61%
Empresas con I+D	303,76%	0,00%
SAT	4,45%	2,69%
SMAT	5,32%	7,65%
SMBT	-29,91%	4,52%
SBT	-51,97%	4,21%
SIC	87,87%	-4,17%
SNIC	-63,28%	-7,03%
Personal total	57,22%	-2,73%
Ventas	22,35%	3,96%
Peso del gasto en I+D total	51,50%	-2,34%
Patentes obtenidas	17,24%	-1,24%
Colaboración con gobierno	58,06%	10,68%
Peso del gasto en I+D interno	27,44%	3,27%
Peso del personal formado	31,98%	-1,79%
Exportaciones sobre ventas	21,00%	0,07%
Colaboración con proveedores	68,40%	-2,52%
Peso del personal en actividades de I+D	62,42%	-2,48%
Colaboración con clientes	52,89%	-0,47%
Sesgos medios	62,70%	3,11%
Otras mediciones de calidad	Antes del <i>matching</i>	Después del <i>matching</i>
Individuos de tratamiento	241	231
Individuos de control	14.481	1.063
Pseudo-R ²	0,2272	0,0103
Test de verosimilitud	299,12	-
Probabilidad test de verosimilitud	0	-

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Gráfico A2.4. Distribución de la distancia (PS) para el emparejamiento de empresas con CPI y apoyo a la I+D



Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT de Colombia.

Anexo 3. Test de resultados para los distintos grupos de tratamiento analizados en Colombia

Los resultados recogen la variación porcentual del grupo de tratamiento respecto del grupo de control en las variables seleccionadas, así como las medias de cada grupo, sus desviaciones estándar y el valor del estadístico t. En algunos casos no existe homocedasticidad entre ambos grupos, por lo que se utiliza el test U y no el T. Antes de probar la significatividad, se lleva a cabo la prueba de Jarque-Bera para contrastar el supuesto de normalidad y la prueba F para el supuesto de homocedasticidad. Luego, en caso de que ambos supuestos se cumplan, se emplea la prueba T. En caso de que el supuesto de homocedasticidad no se cumpla, se emplea la prueba U de Mann-Whitney. En lo que respecta al supuesto de normalidad, dado que este no se incumple en ningún caso, no es necesario plantear ninguna prueba específica alternativa.

Cuadro A3.1. Estimación de impacto en el grupo de tratamiento de empresas con CPI (análisis individual)

Variable	Medias ponderadas		Unidad	Impacto (diferencia porcentual)	Desviación estándar		Test-t (o test u)
	Tratamiento	Control			Tratamiento	Control	
Nuevos bienes y servicios	3,8533	1,5596	N.º	147,1%	24,41	5,03	23,37***
Bienes y servicios mejorados	1,7422	0,7523	N.º	131,6%	3,37	2,50	1,81***
Nuevos métodos de prestación	0,8400	0,6919	N.º	21,4%	2,01	1,42	1,98***
Nuevos métodos organizativos	0,7556	0,5749	N.º	31,4%	1,94	1,18	2,68***
Nuevas técnicas de comercialización	0,3978	0,3463	N.º	14,9%	0,96	0,81	1,41***
Personal total	621,28	638,93	N.º	-2,8%	1.080,39	1.163,37	0,86***
Productividad laboral (ventas/personal)	220,813	319,852	Millones de pesos colombianos	-30,96%	359,687	940,279	-44,71***
Ventas	229.106,224	229.244,56	Millones de pesos colombianos	-0,1%	1.129.827,36	975.676,90	1,33***
Exportaciones sobre ventas	0,0361	0,0428	%	-15,5%	0,11	0,12	0,74***
Peso del gasto en I+D total sobre ventas	0,0105	0,0134	%	-21,8%	0,04	0,08	0,26***

Variable	Medias ponderadas		Unidad	Impacto (diferencia porcentual)	Desviación estándar		Test-t (o test u)
	Tratamiento	Control			Tratamiento	Control	
Peso del gasto en I+D interno sobre ventas	0,0360	0,0302	%	19,3%	0,08	0,10	0,64***
Peso del personal formado sobre personal	0,0602	0,0618	%	-2,6%	0,13	0,13	1,13*** ^a
Peso del personal en I+D sobre total	0,0919	0,0804	%	14,3%	0,12	0,12	0,97***
Patentes obtenidas	2,7578	3,6629	N.º	-24,7%	12,08	16,72	0,52***

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT.

Notas: ^a Vera dicha variable se le aplica el test U. ***p<0,01

Cuadro A3.2. Estimación de impacto en el grupo de tratamiento de empresas con solo CPI en Colombia

Variable	Medias ponderadas		Unidad	Impacto (diferencia porcentual)	Desviación estándar		Test T
	Tratamiento	Control			Tratamiento	Control	
Nuevos bienes y servicios	3,7305	1,7432	N.º	114,00%	24,2935	5,3118	17,23**
Bienes y servicios mejorados	1,7461	0,8270	N.º	111,12%	3,3691	3,0215	55,46***
Nuevos métodos de prestación	0,8419	0,6165	N.º	36,56%	2,0077	1,3090	23,14***
Nuevos métodos organizativos	0,7550	0,5807	N.º	30,01%	1,9417	1,1671	18,47***
Nuevas técnicas de comercialización	0,3987	0,3434	N.º	16,10%	0,9609	0,7648	11,63***
Personal total	615	605	N.º	1,52%	1.072	1.122	1,34
Productividad laboral (ventas/personal)	221,051	322,245	Millones de pesos colombianos	-31,41%	360,053	1.086,372	-13,59***
Ventas	228.707	203.320	Millones de pesos colombianos	12,49%	1.131.056	894.081	4,48***
Exportaciones sobre ventas	0,0362	0,0417	%	-13,14%	0,1068	0,1277	-10,04***
Peso del gasto en I+D total sobre ventas	0,0104	0,0130	%	-20,46%	0,0396	0,0643	-13,05***

Peso del gasto en I+D interno sobre ventas	0,0359	0,0290	%	24,01%	0,0764	0,0839	17,91***
Peso del personal formado sobre personal	0,0593	0,0687	%	-13,66%	0,1336	0,1365	-14,67***
Peso del personal en I+D sobre total	0,0917	0,0820	%	11,78%	0,1225	0,1282	15,40***
Patentes obtenidas	2,7060	3,7646	N.º	-28,12%	12,0456	17,9129	-17,18***

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT.

Cuadro A3.3. Estimación de impacto en el grupo de tratamiento de empresas con solo apoyo a I+D en Colombia

Variable	Medias ponderadas		Unidad	Impacto (diferencia porcentual)	Desviación estándar		Test T
	Tratamiento	Control			Tratamiento	Control	
Nuevos bienes y servicios	0,8607	0,4958	N.º	73,60%	3,2695	1,6320	28,03***
Bienes y servicios mejorados	0,7535	0,5713	N.º	31,88%	2,4299	1,2731	23,26***
Nuevos métodos de prestación	0,9159	0,5275	N.º	73,64%	1,5704	1,0818	73,27***
Nuevos métodos organizativos	0,4561	0,4252	N.º	7,27%	0,9747	0,7840	4,11***
Nuevas técnicas de comercialización	0,3419	0,4488	N.º	-23,81%	0,7107	0,6761	-41,36***
Personal total	538	462	N.º	16,33%	1.105	802	0,30
Productividad laboral (ventas/personal)	331,909	314,394	Millones de pesos colombianos	5,57%	592,854	1.252,208	7,39***
Ventas	202.841	201.290	Millones de pesos colombianos	0,77%	782.050	968.265	-11,45***
Exportaciones sobre ventas	0,0680	0,0704	%	-3,41%	0,1441	0,1750	-6,83***
Peso del gasto en I+D total sobre ventas	0,0065	0,0045	%	43,95%	0,0445	0,0270	9,47***
Peso del gasto en I+D interno sobre ventas	0,0222	0,0226	%	-1,81%	0,0579	0,0752	9,67***
Peso del personal formado sobre personal	0,0199	0,0226	%	-11,84%	0,0622	0,0725	-5,84***
Peso del personal en I+D sobre total	0,0564	0,0589	%	-4,23%	0,0849	0,0931	3,96***
Patentes obtenidas	1,8130	1,3186	N.º	37,49%	12,1803	4,9248	13,85***

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT.

**Cuadro A3.4. Estimación de impacto en el grupo de tratamiento de empresas con CPI
y apoyo a la I+D en Colombia**

Variable	Medias ponderadas		Unidad	Impacto (diferencia porcentual)	Desviación estándar		Test-T (o test U)
	Tratamiento	Control			Tratamiento	Control	
Nuevos bienes y servicios	5,7273	1,0194	N.º	461,85%	33,8069	2,7681	21,19***
Bienes y servicios mejorados	2,0130	0,6769	N.º	197,39%	4,1520	1,4507	48,33***
Nuevos métodos de prestación	0,9567	0,4830	N.º	98,06%	2,1924	0,9659	32,19***
Nuevos métodos organizativos	0,8615	0,5836	N.º	47,61%	1,4590	0,9930	27,58***
Nuevas técnicas de comercialización	0,3810	0,4091	N.º	-6,88%	0,8405	0,6526	-4,82***
Personal total	788	789	N.º	-0,11%	1.129	1.304	-0,38
Productividad laboral (ventas/personal)	235,204	258,644	Millones de pesos colombianos	-9,06%	414,047	751,425	-0,67
Ventas	273.266	277.493	Millones de pesos colombianos	-1,52%	1.175.189	922.071	-0,62
Exportaciones sobre ventas	0,0514	0,0574	%	-10,51%	0,1194	0,1773	-6,40***
Peso del gasto en I+D total sobre ventas	0,0126	0,0080	%	57,09%	0,0501	0,0358	13,16***
Peso del gasto en I+D interno sobre ventas	0,0393	0,0281	%	39,72%	0,0871	0,0752	18,01***
Peso del personal formado sobre personal	0,0464	0,0482	%	-3,80%	0,1119	0,1042	-2,41**
Peso del personal en I+D sobre total	0,0780	0,0704	%	10,75%	0,1069	0,1046	9,75***
Patentes obtenidas	3,6883	2,3733	N.º	55,41%	14,7603	7,8374	13,11***

Fuente: Elaboración propia con base en la EDIT.

