

Dt

DOCUMENTO DE TRABAJO

EVALUACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE APOYO A LA INNOVACIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS Y DE SERVICIOS EN COLOMBIA

Diciembre 2017
2017/29

EVALUACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE APOYO A LA INNOVACIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS Y DE SERVICIOS EN COLOMBIA

Albis, N.
García, J.
Sánchez, E.
Bayona-Rodríguez, H.

EVALUACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE APOYO A LA INNOVACIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS Y DE SERVICIOS EN COLOMBIA

Albis, N.
García, J.
Sánchez, E.
Bayona-Rodríguez, H.

CAF - Documento de trabajo N° 2017/29
Diciembre 2017

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar el efecto de los instrumentos de apoyo público a la innovación sobre el desempeño productivo y la inversión en innovación de las empresas manufactureras y de servicios en Colombia. El estudio se concentra en analizar el impacto sobre la productividad y la intensidad del gasto en innovación de los instrumentos que financian proyectos bajo las modalidades de cofinanciación y crédito otorgados por entidades gubernamentales que tienen mayor peso en definición de políticas y la financiación de la innovación en Colombia. En la estimación se utiliza una combinación de registros administrativos y resultados de encuestas de innovación para identificar los beneficiarios de los programas. Para estimar el impacto de los programas se utiliza el método de diferencias en diferencias en combinación con el procedimiento de Propensity Score Matching. La evidencia empírica aportada sugiere que las firmas manufactureras y de servicios que han recibido fondos públicos para innovar obtuvieron mejoras significativas en productividad y realizan un mayor esfuerzo en actividades de investigación y desarrollo, con respecto a las empresas que no participan en esos programas.

Pequeñas secciones del texto, menores a dos párrafos, pueden ser citadas sin autorización explícita siempre que se cite el presente documento. Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresados en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y de ninguna manera pueden ser atribuidos a CAF, a los miembros de su Directorio Ejecutivo o a los países que ellos representan. CAF no garantiza la exactitud de los datos incluidos en esta publicación y no se hace responsable en ningún aspecto de las consecuencias que resulten de su utilización.

© 2017 Corporación Andina de Fomento

Evaluación de políticas públicas de apoyo a la innovación sobre la productividad de las empresas manufactureras y de servicios en Colombia

Nadia Albis¹

Juan Manuel García²

Erika Sánchez³

Hernando Bayona-Rodríguez⁴

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar el efecto de los instrumentos de apoyo público a la innovación sobre el desempeño productivo y la inversión en innovación de las empresas manufactureras y de servicios en Colombia. El estudio se concentra en analizar el impacto sobre la productividad y la intensidad del gasto en innovación de los instrumentos que financian proyectos bajo las modalidades de cofinanciación y crédito otorgados por entidades gubernamentales que tienen mayor peso en definición de políticas y la financiación de la innovación en Colombia. En la estimación se utiliza una combinación de registros administrativos y resultados de encuestas de innovación para identificar los beneficiarios de los programas. Para estimar el impacto de los programas se utiliza el método de diferencias en diferencias en combinación con el procedimiento de *Propensity Score Matching*. La evidencia empírica aportada sugiere que las firmas manufactureras y de servicios que han recibido fondos públicos para innovar obtuvieron mejoras significativas en productividad y realizan un mayor esfuerzo en actividades de investigación y desarrollo, con respecto a las empresas que no participan en esos programas.

Palabras clave: productividad, innovación, Colombia, evaluación de políticas, Propensity Score Matching, Diferencias en diferencias.

Código JEL: O32, O38, H43

¹Líder el área de innovación en el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT). E-mail: nalbis@ocyt.org.co

²Investigador en el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT). E-mail: jgarcia@ocyt.org.co

³Investigador en el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT). E-mail: esanchez@ocyt.org.co

⁴ Director Maestría y Especializaciones de la Facultad de Educación de la Universidad de los Andes. E-mail: h.bayona28@uniandes.edu.co. Profesor Facultad de Economía, Universidad Nacional de Colombia.

1. Introducción

Colombia ha experimentado en las últimas décadas un importante crecimiento de su economía, impulsado principalmente por reformas macroeconómicas y los efectos del boom de precios de las materias primas (OECD, 2015). Sin embargo, en este país aún persiste una brecha considerable en los niveles de productividad empresarial con respecto a otros países de mayor desarrollo relativo.

Diversos estudios coinciden en señalar dos factores principales que explican el nivel y la dinámica de la productividad en la economía colombiana (Arbeláez, 2009; Clavijo, 2003; Chica, 1996; Echavarría, 2006; Gallego et al., 2015; Medina, 2002): (i) el bajo nivel de cambio técnico que se acompaña de una baja inversión privada en investigación y desarrollo (I+D) y otras actividades de innovación y (ii) la rigidez en la asignación de factores productivos hacia actividades con bajos niveles de productividad derivados de procesos de cambio estructural lentos y de la heterogeneidad en los niveles de productividad tanto intra-sectorial como inter-sectorial.

En respuesta a estas preocupaciones, diversas iniciativas en Colombia han venido introduciendo desde hace varias décadas iniciativas de política dirigidas hacia la promoción de la innovación en el sector privado, que comprenden un amplio abanico de instrumentos (p.ej. subsidios, fondos temáticos, incentivos fiscales, líneas de crédito, entre otras). En la medida que ha proliferado la adopción de instrumentos y de recursos para el fomento de la innovación también ha ganado importancia el interés por determinar la efectividad de estas políticas.

Es ampliamente reconocido que la financiación pública de la innovación es un aspecto central para fortalecer la capacidad y el éxito innovador de las firmas. Su justificación está soportada en el argumento de que ciertas fallas de mercado y la naturaleza misma del proceso innovador derivan en un nivel sub-óptimo de inversión privada en actividades de I+D (Alderson & Betker, 1996; Arrow, 1962; Griliches, 1979). En particular, problemas tales como la información asimétrica o la naturaleza cuasi pública del conocimiento tecnológico frustran una completa apropiación de los resultados de las I+D; así mismo, los proyectos de I+D implican un elevado riesgo y altos costos hundidos que restringen las posibilidades de acceder a fuentes de financiamiento externo (Anrique & Montoro, 2010). En ese sentido, el apoyo público a la innovación en las empresas, es una forma de reducir las restricciones subyacentes a la financiación de las actividades de I+D (Hall & Maffioli, 2008).

En Colombia la realización de ejercicios que exploren el impacto del apoyo público sobre el desempeño productivo de las empresas en el país ha sido hasta el momento muy limitada. Al tiempo que los estudios existentes sólo se han concentrado en las industrias manufactureras (Crespi et al., 2015; Crespi et al., 2011). Poco se ha explorado el efecto del apoyo público en otros sectores como los servicios debido principalmente a la ausencia de datos disponibles para hacer evaluaciones de largo plazo.

El presente documento busca contribuir al conocimiento de este tema, a través del análisis de impacto de los instrumentos de apoyo público a la innovación sobre la productividad y el esfuerzo en innovación de las empresas manufactureras y de servicios en Colombia. El estudio se concentra en analizar el impacto de los instrumentos que financian proyectos bajo las modalidades de cofinanciación y crédito otorgados por las entidades gubernamentales que tienen mayor peso en definición de políticas y la financiación de la innovación, entre ellas: Colciencias, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Bancoldex e Innpulsa Colombia.

En particular, la investigación tiene dos objetivos centrales. El primero consiste en determinar el efecto del apoyo público a la innovación sobre la intensidad de la inversión en actividades de I+D de las empresas beneficiarias, como una forma de aproximarse a la determinación de la adicionalidad o posible efecto de desplazamiento de la inversión pública sobre la privada; dado que de antemano no es posible asumir que un incremento en los fondos públicos para innovar se refleje en un aumento proporcional del gasto privado en I+D (Benavente, 2007; Binelli, 2007; David, 2000; Hall & Maffioli, 2008). Así mismo, esto permite identificar si el gasto público dedicado a financiar actividades innovadoras permite aminorar los efectos de las barreras financieras que enfrentan las empresas innovadoras (Hall & Maffioli, 2008).

El segundo objetivo, consiste en identificar el impacto de los programas de fomento a la innovación sobre el desempeño productivo de sus beneficiarios, medido a través de la productividad multifactorial. Se espera que las empresas que reciben apoyo gubernamental para financiar sus procesos de innovación sean más productivas que las firmas que no reciben dicho apoyo (Hall & Maffioli, 2008).

La estimación utiliza una combinación de registros administrativos y datos provenientes de encuestas de innovación para identificar los beneficiarios de los programas. Como estrategia de identificación la presente investigación combina el método de diferencias en diferencias con el de Propensity Score Matching (PSM). El PSM permite identificar empresas similares, que no recibieron ninguna ayuda, a las que recibieron el apoyo financiero para I+D justo antes de recibir el beneficio. Esto permite que las empresas que entran en el estudio sean comparables por lo menos en información observable. La estrategia de diferencias e diferencias permite descontar las diferencias preexistentes entre las empresas beneficiarias y no beneficiarias y descontar por la tendencia natural de crecimiento que tendrían las empresas. De esta manera la combinación de los dos métodos permite tener una mejor estimación del efecto del beneficio.

El documento se encuentra estructurado de la siguiente forma. En la segunda sección, presenta un resumen de la evolución y la racionalidad de la política de apoyo a la innovación en Colombia. En la tercera, se muestran las fuentes de información y los métodos empíricos empleados. La discusión de los resultados se muestra en la cuarta sección y en la quinta las conclusiones e implicaciones de la investigación.

2. La política de innovación en Colombia

La política de innovación en Colombia ha estado históricamente ligada a la política de Ciencia Tecnología e Innovación (CTI), pero sólo hasta el año de 1995 se creó una política especial que configuró el Sistema Nacional de Innovación (SNI) y se establecieron instrumentos específicos para fomentar el desarrollo tecnológico en las empresas.

En el proceso de desarrollo institucional de las políticas de CTI en Colombia se pueden distinguir cinco períodos relevantes (Jaramillo 2007; Arbeláez 2009; Salazar, 2010): un primer período entre 1968 y 1989 con los primeros años de Colciencias; un segundo período, entre 1990 y 1999, en el que se crea y desarrolla el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología -SNCyT; un tercero, comprendido entre el año 2001 hasta 2008 en donde la política presenta mayor desarrollo y articulación, un cuarto que empieza en el año 2009 con la expedición de la Ley 1341 de Ciencia y Tecnología, la cual modificó el estatus de Colciencias así como sus responsabilidades y, por último el periodo actual, en el que se crea y desarrolla el Sistema de Ciencia, Tecnología, Innovación y Competitividad.

A lo largo de estas etapas, la política de apoyo gubernamental hacia la innovación ha tenido diferentes énfasis dependiendo de los objetivos políticos y el modelo económico subyacente. A continuación, se realiza un resumen de la evolución de esta política.

La política de CTI en Colombia se empieza a formalizar con la creación de Colciencias y el Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (CNCT) en el año de 1968, como un esfuerzo por institucionalizar la CTI en el país (Jaramillo, 2007; Salazar, 2010). En este marco, Colciencias fue designada como la entidad del gobierno encargada de planear y promover el desarrollo científico y tecnológico⁵. Así mismo, en 1983 se firma el primer préstamo BID que termina en 1988, el cual significó un soporte al financiamiento de la CTI en el país y a la consolidación de instrumentos de política e instituciones dedicadas al tema.

En general, en esta etapa el foco de la intervención pública se concentró en acondicionar la infraestructura científica y tecnológica a través del fortalecimiento y creación de un número significativo de centros de I+D públicos y privados ligados al sector empresarial⁶; la formación de capital humano de alto nivel (maestrías y doctorados) y la institucionalización de la actividad investigadora en las universidades (M. Salazar et al., 2013; Villaveces & Forero, 2007). Sin embargo, la organización institucional de la CTI en Colombia era muy incipiente. En particular, los recursos destinados a la CTI eran escasos, las entidades encargadas de promover la CTI adolecían de vínculos reales y sistemáticos entre ellas y no mantenían objetivos y énfasis que

⁵ Un elemento importante en esta es que se empieza a financiar programas de formación para estudios doctorales.

⁶ En particular en se promovió el sistema de "Cenis" en el sector agrícola, compuesto en su momento por: Cenicaña, Ceniuva, Cenibanano, y Cenipalma, que al igual que Cenicafé (primero de este tipo), se formaron por iniciativa de los gremios y asociaciones de empresarios del sector agropecuario, contando desde un comienzo con recursos parafiscales para su financiación.

obedecieran a una política definida y coherente para articular la CTI con las políticas de desarrollo económico (Garay, 1997; M. A. Salazar, N., 2010).

La segunda fase, comprendida entre 1989 y 2000, representó un cambio importante en la concepción institucional, la articulación de la ciencia y la tecnología con el desarrollo económico y social del país, así como el establecimiento de vínculos con el sector privado. Estas modificaciones se enmarcaron en las reformas estructurales que desde principios de los noventa adelantó Colombia y que significaron un cambio en su modelo de desarrollo. Uno de los hitos más importantes de este periodo es la expedición de la Ley de Ciencia y Tecnología (Ley 29 de 1990) y sus decretos reglamentarios, a través de los cuales se dictaron las disposiciones generales para articular diversos actores relacionados con la CTI; específicamente, la adscripción de Colciencias al Departamento Nacional de Planeación-DNP como una forma de articular la CTI a la planeación económica y social.

En general, el énfasis de la nueva política se dirigió al fortalecimiento de la capacidad científica a través de la conformación de programas de ciencia y tecnología asociados los problemas de la CTI, de acuerdo con las recomendaciones de la misión de ciencia y tecnología (1998-1990), y hacia el apoyo a los procesos de innovación tecnológica. Aunque desde un principio el SNCyT estuvo relacionado con temas propios de la innovación, en el año 1995 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología aprueba la Política Nacional de Innovación y Desarrollo Tecnológico en la que se formaliza la creación del Sistema Nacional de Innovación-SNI, como un aparte del SNCyT, que buscó darle una mayor importancia a la innovación con el fin de fortalecer la capacidad nacional para incrementar la competitividad y la productividad e implicó nuevos instrumentos para atender las necesidades del sector privado (Salazar y Lucio, 2013; Salazar, 2010)⁷.

La incorporación del SNI en el sistema, significó cambios organizativos en Colciencias que se reflejaron en la implementación de dos unidades separadas: la Subdirección de Programas Estratégicos y la Subdirección de Innovación. La primera de ellas encargada de los programas destinados a promover la investigación científica en las áreas de ciencias básicas, ciencias sociales, educación, ciencias del mar, salud, medio ambiente y biotecnología. La segunda, orientada hacia la innovación en los sectores de industria, agricultura, energía y minería y electrónica, telecomunicaciones e informática. Ambas políticas, aunque entrecruzadas entre sí, manejaban diferentes problemas, objetivos, instrumentos de política e incentivos. Bajo este esquema se organizaba la financiación de proyectos de innovación y se promovió el fortalecimiento de varias organizaciones de soporte a la innovación tales como los Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico -CIDT, incubadoras de empresas, parques tecnológicos y agencias de capital de riesgo. Al mismo tiempo, diversas agencias gubernamentales y financieras

⁷Otras políticas relevantes fueron un mayor impulso a la formación de recurso humano de alto nivel y el fortalecimiento de las capacidades científicas a través de la investigación del sector académico (Jaramillo, 2007).

empezaron a hacer parte de los esquemas promoción de la innovación, entre ellas: el Instituto de Fomento Industrial-IFI⁸, Bancoldex⁹, el Fondo Nacional de Garantías-FNG¹⁰, Proexport y el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA (Colciencias, 2000).

En este esquema, el SENA, entidad encargada de impartir entrenamiento técnico en Colombia, empieza a jugar un papel preponderante en el sistema de apoyo a la innovación, que aún conserva en la actualidad. A través de la Ley 344 de 1996, se le otorga a esta entidad la competencia incorporar la promoción del desarrollo tecnológico en sus actividades y dirigir una parte de sus recursos a Colciencias. Así, se estableció que el 25% del presupuesto del SENA se encausara hacia la innovación, el desarrollo tecnológico y la competitividad. De este porcentaje, entre el 20% y el 25% debía ser transferido a Colciencias para financiar los programas de apoyo a la innovación.

La siguiente etapa comprende de 2001 a 2008, y se caracteriza por la búsqueda de una mayor coordinación entre los actores que componen el SNCyT, en particular entre agencias gubernamentales vinculadas a la promoción de las CTI, un incremento importante del presupuesto gubernamental para financiar CTI y una menor dependencia de la política de los fondos multilaterales. Durante este periodo, se avanza en la articulación de nuevas fuentes financieras del gobierno como mecanismo de compensación a la reducción de recursos de la nación (Jaramillo, 2007; Salazar & Lucio, 2013). La operacionalización de este proceso se dio a través de la transferencia de recursos desde ministerios y otras entidades públicas hacia Colciencias para realizar convocatorias en temas estratégicos de interés de esos actores (Salazar, 2010). Así mismo, como estrategia de mediano y largo plazo, la CTI empieza a jugar un papel más importante en los planes nacionales de desarrollo, como lo ha venido haciendo hasta el presente.

El cuarto periodo, inicia en 2009 con la expedición de la Ley 1286 de Ciencia, Tecnología e Innovación, que transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, ganando un estatus casi ministerial, y se dictan disposiciones para reformar la estructura y organización de la CTI en el país; enfatizando en la importancia de la innovación como motor de la competitividad. Para Colciencias estos cambios significaron una mayor autonomía presupuestal y una mejor posición en los procesos de planificación y decisión de políticas económicas relacionadas con la CTI. En particular, Colciencias queda en cabeza del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), que ahora incorpora la palabra innovación, y se le asigna un asiento permanente en el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). También en este periodo se crearon los Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación

⁸ Fondo de promoción industrial, ya liquidado. También fue creado el Observatorio Colombiano de Ciencia y tecnología –OCyT.

⁹ Banco de fomento a las exportaciones e importaciones en su momento. Actualmente funciona como banco de desarrollo para el crecimiento empresarial, apalancando compañías de todos los tamaños.

¹⁰ Entidad a través de la cual el Gobierno Nacional busca facilitar el acceso al crédito para las micro, pequeñas y medianas empresas, mediante el otorgamiento de garantías.

(CODECTIS), como espacios consultivos, de concertación y de asociatividad para la gestión e implementación de las políticas públicas de CTI en los territorios.

Otro de los cambios relevantes de estas reformas fue la creación del Fondo Francisco José de Caldas (FFJC) para la financiación de la CTI de largo plazo que, sin embargo, al no establecerse su autonomía administrativa y asignar personal propio ha tenido dificultades para su consolidación (Salazar y Lucio, 2013). Otro hito importante de esta etapa fue la expedición del Acto Legislativo 05 de 2011, por medio del cual se crea el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación –FCTeI–SGR, el cual destina a la CTI el 10% de los recursos de regalías asociadas a recursos no renovables. Los recursos del FCTeI-SGR se asignan de acuerdo al tamaño y los niveles de desarrollo humano de las provincias de Colombia. Para 2015, tan sólo el 5.5% de los proyectos financiados por este fondo correspondían a proyectos de innovación con participación de las empresas (Lucio et al., 2017).

El quinto y último período, se caracteriza por otorgar un mayor énfasis a la articulación entre la institucionalidad ligada al fomento de la competitividad con aquella vinculada a la CTI. Con la expedición del Decreto 1500, que integra el tema de la innovación a la política de competitividad redefiniendo así el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI), en paralelo al SNCTI, cuyos pilares para la formulación e implementación de políticas serían la competitividad, la productividad y la innovación. Posteriormente, mediante la Ley 1753 de 2015 del Plan Nacional de Desarrollo-PND- 2014-2018 y el documento CONPES 3866, se dictan disposiciones para integrar el SNCI con el SNCTI con el fin de consolidar un único Sistema de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCCTI).

En materia de innovación, la novedad de esta política es su énfasis en la promoción del emprendimiento, el apoyo en innovación a etapas tempranas de desarrollo de las empresas, la generación de esquemas de coordinación entre instrumentos de apoyo a la innovación y el desarrollo de nuevos instrumentos para financiación del desarrollo tecnológico. Así mismo, en esta etapa, la organización de los programas de apoyo a la innovación sufre un proceso de fragmentación entre diversas entidades.

Por un lado, mediante la reforma tributaria de 2012¹¹, se reducen los recursos parafiscales con destinación a los programas de desarrollo tecnológico en el SENA y se establece que esta entidad ejecutará directamente los programas de fomento a la innovación a través de sus centros de formación profesional o a través de convenios con otras entidades. En ese sentido, a partir de 2013 Colciencias deja de percibir la financiación del SENA dentro de su presupuesto de inversión, lo cual redujo sustancialmente los recursos que esta entidad destina a sus programas de cofinanciación de proyectos de I+D+i en las empresas (DNP, 2015). Por otra parte, en el año 2012, se crea el programa Innpulsa Colombia al interior del Bancóldex con el propósito de

¹¹ Ley 1607, artículos 24 y 32.

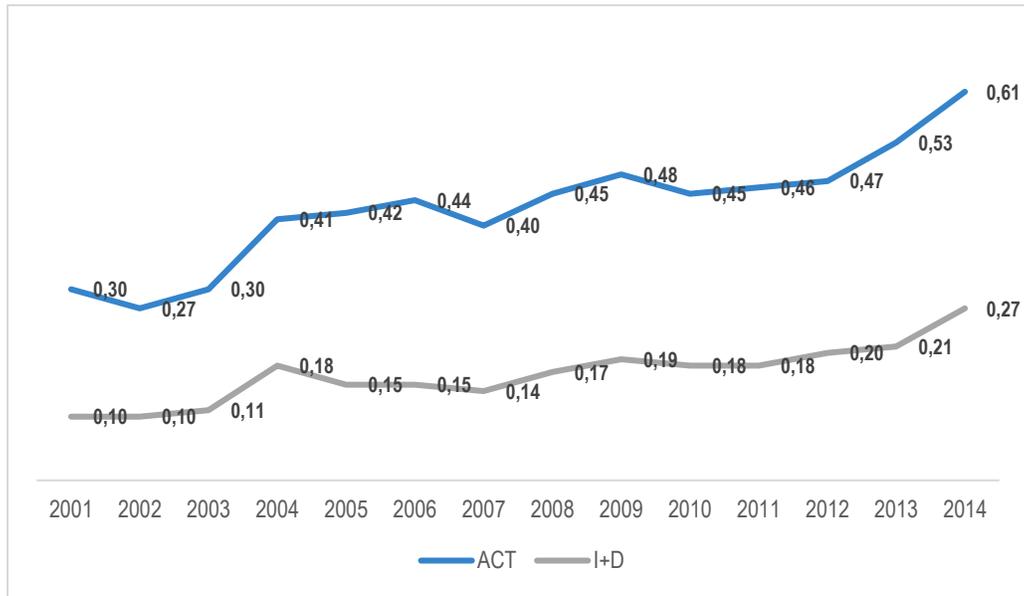
asignar recursos para la financiación de proyectos de innovación en compañías en estados tempranos de desarrollo¹². Si bien, los programas de apoyo a la cofinanciación de proyectos de innovación en las empresas son administrados por entidades distintas, la lógica y las modalidades de aplicación de los instrumentos para financiar proyectos de I+D en las empresas, se han mantenido en general, lo que se deduce de la revisión de las convocatorias lanzadas por Innpulsa, Colciencias y el SENA desde 2012. Los programas de fomento a la innovación empresarial bajo la modalidad de crédito, mediante la alianza Colciencias-Bancóldex, se han mantenido hasta el presente.

Nuevas iniciativas nacionales y regionales ampliaron aún mas el panorama del apoyo público a la innovación en Colombia en esta etapa. Mediante el CONPES 3834 de 2015, se establecen aumenta el cupo de recursos destinado a estimular la inversión privada en CTI a través de deducciones tributarias por inversión o donación. El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Mintic), el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MIC), el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y el SENA desarrollaron políticas y estrategias sectoriales específicas para CTI. Así mismo, a nivel regional se han venido creando instituciones de apoyo a la innovación en ciudades como Bogotá (Bogotá Innova), Medellín (Ruta N) y Manizales (Manizales +).

Pese a los esfuerzos y avances institucionales de la política de CTI evidenciados, Colombia no ha logrado aún consolidar un sistema de SNCTI con las capacidades adecuadas para la producción de conocimiento de frontera e innovaciones tecnológicas, con posibilidad de afectar con amplitud la competitividad y bienestar sociedad. La inversión en actividades de investigación y desarrollo e innovación es aún demasiado baja, aunque ha crecido de manera importante desde principios de 2000. En efecto, mientras que el 2001 el gasto en I+D representaba el 0,10% del PIB para 2014 esta cifra aumentó casi tres veces hasta llegar en 2014 a 0,27% (Ver gráfico 1). Sin embargo, el nivel de gasto en I+D se encuentra muy por debajo de las inversiones realizadas por otros países latinoamericanos como Brasil (1,27%), Argentina (0,59) y México (0,54%) (Gráfico 2). El mismo comportamiento se evidencia en el gasto que realizan las empresas en actividades I+D en proporción al PIB nacional.

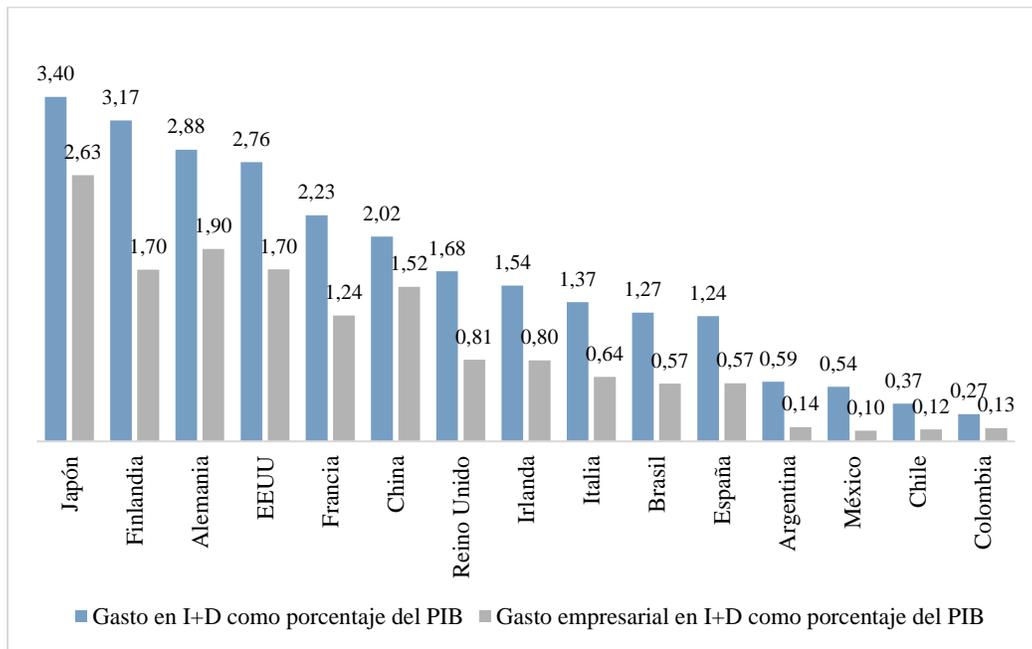
¹² El principal instrumento es el Fondo para la Modernización e Innovación para las Mipyme – INNpulsa Mipyme.

Gráfico 1. Gasto en I+D y en actividades de innovación (ACT) como porcentaje del PIB en Colombia, 2001-2014



Fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), 2016

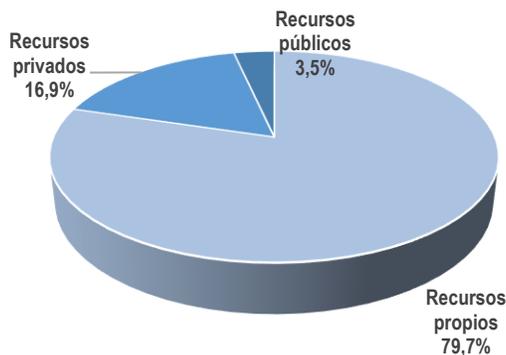
Gráfico 2. Gastos en I+D total y empresarial como porcentaje del PIB, Colombia y países seleccionados, 2014



Fuente: OECD y OCyT

De acuerdo con la Encuesta de Innovación y Desarrollo Tecnológico (EDIT), en 2014 los recursos públicos dedicados a promover la innovación financiaron el 3.5% del gasto efectuado por las empresas, siendo los recursos propios la principal fuente de recursos para adelantar actividades conducentes a la innovación.

Gráfico 3. Fuentes de financiación de la innovación en las empresas, 2014



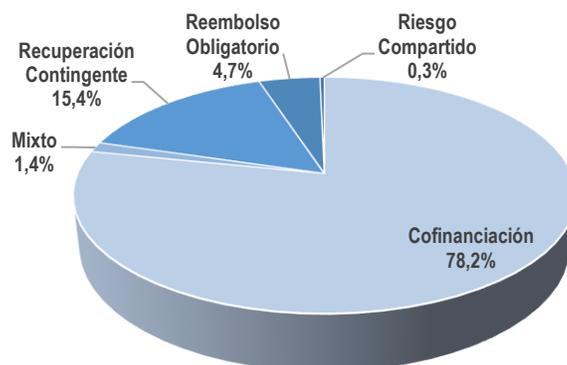
Fuente: Cálculos propios con base en EDIT y EDITS-Dane

La financiación pública de la innovación en el país combina variados instrumentos con diferentes alcances y tipos de intervención. En cuanto al alcance, es posible rastrear políticas focalizadas que se dirigen a sectores específicos, pero también políticas transversales que benefician a todo el sistema de innovación. En cuanto al modo de intervención, es posible identificar instrumentos dirigidos a crear incentivos de mercado para invertir en CTI y otros que buscan generar bienes públicos que contribuyan a fomentar un entorno propicio para innovar.

Este estudio se concentra en evaluar aquellos instrumentos dirigidos fundamentalmente a incentivar la innovación en las empresas ya sea a través de políticas focalizadas en sectores específicos u horizontales dirigidas a varios sectores o al conjunto del SNCTI en general. El gráfico 3, muestra la distribución de recursos según modalidad de financiación otorgados a través de Colciencias, el Sena e Innpulsa Colombia. Las definiciones precisas de las modalidades de financiación se muestran en el Anexo 1.

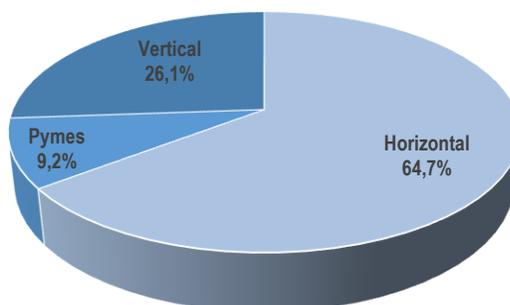
En general, los recursos de apoyo a la innovación hacia las empresas son asignados a través de mecanismos competitivos, de acuerdo a la calidad de las propuestas técnicas que son sometidas a evaluación por pares. En los instrumentos dirigidos a financiar la innovación en las empresas, los criterios de selección de los proyectos se relacionan principalmente con el sector, el tamaño y las capacidades innovación previas como requisitos de participación de los beneficiarios. Sin embargo, predominan las convocatorias dirigidas a financiar la innovación en todos los sectores, es decir, de tipo horizontal (Gráfico 5). Así mismo, en todas las convocatorias se exige un número mínimo de años de establecida la firma en el mercado, que varía entre dos y tres años.

Gráfico 4. Instrumentos de apoyo a la innovación según modalidad de financiación, 2006-2014



Fuente: Cálculo propios con base en Colciencias, Sena e Innpulsa Colombia
Nota: En el Anexo 1 se definen las modalidades de financiación.

Gráfico 5. Distribución de los instrumentos de apoyo a la innovación según foco de la intervención, 2008-2014



Fuente: Cálculo propios con base en Colciencias, Sena e Innpulsa Colombia.

3. Metodología

2.1 Especificación del modelo y estrategia de estimación

Se siguen dos etapas en la evaluación de impacto de los instrumentos de apoyo público a la innovación. En la primera, se construye un soporte común de firmas a través de la metodología de *Propensity Score Matching* (Rosenbaum & Rubin, 1983), con el fin de asegurar que las empresas beneficiarias y no beneficiarias sean similares en cuanto a características observables en el año base de los datos (es decir, el año 2008). Las variables usadas para este ejercicio son: tamaño empresarial, personal calificado, nivel de capital, la inversión en I+D, obtención de

innovaciones y dummies sectoriales de acuerdo a la ubicación de la empresa (CIU a dos dígitos). En el Anexo 2 se pueden consultar las definiciones de estas variables incluidas en el *propensity score*. En la segunda etapa, se examina el impacto de la financiación pública sobre la productividad y la propensión e intensidad de la inversión en I+D e innovación. Para ello se utiliza el método de diferencias en diferencias sobre la muestra de empresas que resulta de la primera etapa. Las ecuaciones que se estiman son:

$$r_{it} = \alpha_{0i} + \beta_1 D_{it} + \mu_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$PTF_{it} = \alpha_{0i} + \beta_2 D_{it} + \mu_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

En la ecuación 1, r_{it} es la intensidad de la inversión en actividades de I+D. En la ecuación 2, el término PTF_{it} es la productividad multifactorial. El término D_{it} corresponde a la variable de tratamiento que toma el valor de uno desde el primer año de participación hasta el final del periodo analizado y valores de cero en otro caso. μ_i es el efecto fijo de empresa que controla por todo lo que es constante por compañía incluida los inobservables¹³, mientras que μ_t representa el efecto fijo de año, que controla por todo lo que es constante en el tiempo. Esta aproximación permite estimar el impacto promedio del programa a lo largo de todo el período de tratamiento. Los coeficientes de interés son β_1 y β_2 , los cuales muestran el efecto de los programas sobre la productividad y la intensidad de la inversión en I+D, respectivamente. Las expresiones α_i capturan el efecto fijo individual o la heterogeneidad no observable y ε_{it} representan los términos de error.

2.2 Los datos

El ejercicio empírico se sustenta en un panel de datos para los años 2008a 2014 a nivel de firma que combina las siguientes fuentes de información: (i) encuestas de desempeño productivo para los sectores de manufactura y servicios (Encuesta Anual Manufacturera -EAM y Encuesta Anual de Servicios-EAS); (ii) Encuestas de Desarrollo e Innovación Tecnológica para manufactura y servicios (EDIT y EDITS) y (iii) registros administrativos sobre el apoyo público a la innovación reportados por Colciencias, el Sena e Innpulsa Colombia bajo las modalidades de crédito y cofinanciación. Dentro de la categoría de cofinanciación se incluyen las categorías de recuperación contingente y riesgo compartido pues guardan similitudes en sus formas de aplicación con la modalidad de cofinanciación (Ver Anexo 1).

La EAM y la EAS son aplicadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - Dane y recogen información del desempeño productivo de los establecimientos y empresas. La primera, reporta los datos de las firmas industriales con diez o más personas ocupadas o con un

¹³ Por ejemplo, es posible que existan empresas con más innovadoras que otras y eso es lo que genera que busquen recursos para financiar sus procesos de I+D. Justamente, los efectos fijos de empresa controlan por estos inobservables.

valor de producción superior al estipulado para cada año de realización de la encuesta¹⁴. La segunda, se aplica sobre un número definido de sectores para los cuales varían los parámetros de inclusión (Dane, 2015). La encuesta de innovación en manufactura (EDIT), se aplica al conjunto de las empresas incluidas en el directorio de la EAM. Por su parte, la encuesta en innovación de servicios (EDITS) tiene un marco muestral distinto al reportado por la EAS, aunque mantiene un número significativo de empresas en común. Las encuestas de innovación para servicios y manufactura guardan una estructura similar y su objetivo es caracterizar la dinámica tecnológica y las actividades de innovación empresariales.

Las restantes fuentes de información son proporcionadas por Colciencias, el Sena e Innpulsa Colombia, conteniendo la información de las firmas que han sido apoyadas a través de los instrumentos de promoción de la innovación. Todas las bases de datos manejadas contienen identificadores comunes de firmas que hacen posible su combinación para el propósito de nuestra estimación¹⁵. En general, se tiene un panel balanceado para los años 2008 a 2014 que contempla 33.383 observaciones manufactura y 10.535 registros para servicios.

La Tabla 1 muestra algunas de las características de la muestra de empresas que han participado en los programas de apoyo a la innovación por parte del Colciencias, el Sena e Innpulsa Colombia. Para 2014, si bien son pocas las empresas que se incluyen en el ejercicio (0,3%), en conjunto éstas representan alrededor del 27% de las ventas de los sectores manufactureros y de servicios. Por otra parte, en el Anexo 5 se muestra la comparación de los descriptivos entre las empresas tratadas y las empresas no beneficiarias. Se puede apreciar que las diferencias son considerables entre las empresas tratadas en cuanto estas son mucho más grandes en tamaño tanto en capital como en personal calificado, en variables de innovación y son más antiguas. No obstante, a simple vista no se puede observar una diferencia significativa en la productividad entre estos dos grupos de comparación.

Tabla 1. Características de la muestra de firmas manufactureras y de servicios que han recibido apoyo para innovar, 2008-2014

Año	Manufactura				Servicios				Total			
	Firmas (Nº y %)		Ventas (%)	Empleo promedio	Firmas (Nº y %)		Ventas (%)	Empleo promedio	Firmas (Nº y %)		Ventas (%)	Empleo promedio
2008	32	0,5	24,4	431	12	0,3	9,3	661	44	0,8	33,7	541
2009	18	0,2	21,9	412	17	0,4	8,2	754	35	0,6	30,1	583
2010	38	0,4	22,9	420	12	0,2	7,6	774	50	0,6	30,5	597
2011	29	0,3	21,4	428	15	0,3	7,3	780	44	0,6	28,7	604
2012	47	0,6	21,6	435	17	0,3	6,8	811	64	0,9	28,4	623
2013	25	0,3	22,4	430	22	0,4	6,5	854	47	0,7	28,9	642
2014	27	0,3	20,7	420	13	0,3	6,5	867	40	0,6	27,2	644

Fuente: Cálculos propios con base en EDIT y EDITS-Dane

¹⁴ Para 2013 este valor era de 137 millones, aproximadamente 40.000 USD.

¹⁵ La vinculación entre los registros administrativos y las encuestas mencionadas se realizó empleando en número de identificación único para cada compañía (NIT) lo que garantiza la confiabilidad del cruce de información.

2.3 Resultados

En la Tabla 2, se presentan los resultados de la aplicación del método de *propensity score* utilizado para extraer el soporte común de las empresas incluidas en la estimación econométrica. En particular, se muestran los efectos marginales de la probabilidad de recibir apoyo público para innovar en el año base de la estimación, es decir, en el 2008. Se puede observar que los determinantes más relevantes de la probabilidad de participación de las empresas manufactureras se relacionan con la realización de actividades de I+D, la generación de innovaciones y el personal altamente calificado. En el caso de los servicios, las variables que en mayor medida afectan la probabilidad de ser beneficiario son la realización de actividades de I+D y el nivel capital de la empresa. La estimación incluye *dummies* sectoriales, algunas de ellas obtienen coeficientes estadísticamente significativos que no se muestran por brevedad.

Tabla 2. Estimación del probit para el *Propensity Scores* para la construcción del soporte común

Variables	Manufactura	Servicios	Total
I+D dummy (d)	0.027*** (0.010)	0.033* (0.018)	0.031*** (0.008)
Innovación (d)	0.017*** (0.006)	0.002 (0.004)	0.012*** (0.005)
Personal calificado	0.008* (0.004)	0.003** (0.001)	0.011*** (0.002)
Productividad	-0.001 (0.000)	0.001 (0.001)	-0.000 (0.000)
Antigüedad	0.000* (0.000)	0.000* (0.000)	0.000*** (0.000)
Empleados (ln)	-0.001 (0.005)	-0.003** (0.001)	-0.006** (0.002)
Capital (ln)	0.002 (0.002)	0.003** (0.001)	0.002*** (0.001)
Dummies de sectores de intensidad tecnológica	Si	Si	Si
Chi2	118.638	179.937	274.894
Pseudo R	0.0966723	0.4100923	0.1649685
Observaciones	3914	1505	5419

Nota: se reportan los efectos marginales y la desviación estándar robusta en paréntesis.
* Significativo al 10% ** Significativo al 5% *** Significativo al 1%.

En la Tabla 3 se reportan los resultados de la estimación del impacto del apoyo público sobre la intensidad de la inversión en I+D y la productividad multifactorial de las empresas beneficiarias. Considerando que los servicios y las manufacturas son sectores heterogéneos y, por tanto, el

impacto del apoyo público a la innovación puede ser diferenciado, se presentan las estimaciones de manufactura y servicios por separado, de manera adicional a las estimaciones ejecutadas para el conjunto de empresas (columnas 5 y 6). En las estimaciones, se toma como base tanto la muestra determinada por el soporte común como la muestra completa de empresas del panel. En el Anexo 4 se pueden consultar los resultados completos de las estimaciones, así como aquellas que se realizaron con otros métodos econométricos.

Tabla 3. Efecto del apoyo público a la innovación

Variable dependiente	Manufactura		Servicios		Manufactura y servicios	
	Soporte común	Muestra completa	Soporte común	Muestra completa	Soporte común	Muestra completa
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) Intensidad del gasto en I+D (Log)	1.845*** (0.481)	0.287*** (0.108)	2.585** (1.150)	0.861*** (0.287)	1.999*** (0.460)	0.422*** (0.115)
(2) Productividad multifactorial (Log)	0.194** (0.082)	0.133* (0.069)	0.102*** (0.031)	0.035 (0.030)	0.180*** (0.062)	0.105** (0.053)
Observaciones	26922	27398	5117	10535	33075	37933

Nota: se reportan los efectos marginales y la desviación estándar robusta en paréntesis.

* Significativo al 10% ** Significativo al 5% *** Significativo al 1%.

Tanto para la muestra de soporte común como para el total de empresas, los resultados muestran que el apoyo público a la innovación tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la intensidad de la inversión privada en I+D tanto en el sector manufacturero como de servicios. Tomando como referencia las estimaciones usando el soporte común, se evidencia que, para el sector de manufactura, haber recibido apoyo público para innovar aumenta en 184% la intensidad en el gasto en I+D en manufactura, 258% en servicios y 199% en si se toma conjuntamente empresas manufactureras y de servicios. Este resultado sugiere que existe un efecto de adicionalidad de la política: el gasto público posee un efecto multiplicador sobre la inversión privada en I+D más allá del monto financiado por los programas de apoyo a la innovación. Este resultado es consistente con los hallazgos previos de la literatura relacionada (Alecke et al., 2012; Hall & Maffioli, 2008; Hussinger, 2008) y sugiere que las restricciones financieras que enfrentan las firmas potencialmente innovadoras en Colombia constituyen un obstáculo para la inversión privada en I+D; situación que ayuda a superar en parte la intervención pública. El estímulo positivo del gasto público sobre el esfuerzo en I+D, es más amplio en el caso del sector de los servicios que en el sector manufacturero.

Por otra parte, se observa que la participación en los programas de apoyo a la innovación tiene un impacto positivo sobre la productividad de las empresas manufactureras y de servicios, en el caso de la muestra de soporte común. De acuerdo con los resultados asociados al soporte común,

recibir apoyo público para innovar incrementa la productividad en un 19% en las empresas manufactureras, 10% en las firmas de servicios y 18% en el caso del total de empresas industriales y de servicios, con respecto al grupo de empresas no beneficiarias. Este hallazgo se encuentra en línea con trabajos anteriores para Colombia como el de Crespi *et al.* (2015) y otros países como Perú (Tello, 2015) y Corea (Cin et al., 2017).

Conclusiones

En la investigación se evalúa el impacto del apoyo público a la innovación, bajo las modalidades de cofinanciación y crédito, sobre la inversión en actividades de I+D y la productividad total de los factores de las empresas manufactureras y de servicios en Colombia. Para ello se utiliza una base de datos longitudinal para el periodo 2008-2014 que permite identificar efectos de la inversión pública.

Sobre la base de los resultados obtenidos, se concluye que los fondos públicos para promover la innovación en las empresas colombianas estimulan el crecimiento de la inversión privada en actividades de I+D, tanto en el caso de las manufacturas como el sector servicios. También se encuentra evidencia con respecto a que las firmas manufactureras que recibieron apoyo financiero para innovar por parte de Colciencias obtuvieron mejoras significativas en productividad, en comparación con las firmas que no recibieron financiación pública para innovar.

Los resultados sugieren cierta heterogeneidad del impacto de los programas públicos de fomento a la innovación entre los sectores manufactureros y de servicios. Mientras que en el sector de los servicios el gasto público apalanca mayores inversiones privadas en I+D, en el sector manufacturero es mayor el impacto sobre los niveles de productividad.

Finalmente, como apoyo también a los procesos de toma de decisiones de política pública, en investigaciones futuras es importante profundizar en la evaluación de la efectividad de los instrumentos de apoyo a la innovación teniendo en cuenta la heterogeneidad observada entre tipos de instrumentos por separado (p.ej. separando cofinanciación, líneas de crédito o beneficios tributarios), así como por tamaño empresarial e intensidad tecnológica de los sectores.

2.4 Referencias

- Alderson, M. J., & Betker, B. L. (1996). Liquidation costs and accounting data. *Financial Management*, 25-36.
- Alecke, B., Mitze, T., Reinkowski, J., & Untiedt, G. (2012). Does firm size make a difference? Analysing the effectiveness of R&D subsidies in East Germany. *German Economic Review*, 13(2), 174-195.
- Annique, U., & Montoro, A. (2010). Public funding for product, process and organisational innovation in service industries. *The Service Industries Journal*, 30(1), 133-147.

- Arbeláez, M. T., M. (2009). Innovation, R&D Investment and Productivity in Colombia. Bogota: Fedesarrollo and Inter-American Development Bank.
- Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* (pp. 609-626): Nber.
- Benavente, J. M. C., Gustavo| Maffioli, Alessandro. (2007). Public support to firm-level innovation: an evaluation of the FONTEC program. *Documento de trabajo*(05/07).
- Binelli, C. M., Alessandro. (2007). A Micro-econometric Analysis of Public Support to Private R&D in Argentina. *International Review of Applied Economics*, 21(3), 339-359.
- Cin, B. C., Kim, Y. J., & Vonortas, N. S. (2017). The impact of public R&D subsidy on small firm productivity: evidence from Korean SMEs. *Small Business Economics*, 48(2), 345-360. doi:10.1007/s11187-016-9786-x
- Clavijo, S. B., Miembro de la Junta Directiva. (2003). Crecimiento, Productividad y la ‘Nueva Economía’: Implicaciones para Colombia. *Borradores de Economía*, 228.
- Colciencias. (2000). *Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2000-2002*. Bogota: Colciencias.
- Crespi, G., Garone, L., Maffioli, A., & Melendez, M. (2015). Long-Term Productivity Effects of Public Support to Innovation in Colombia. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51(1), 48-64. doi:10.1080/1540496x.2015.998080
- Crespi, G., Maffioli, A., & A., M. (2011). *Public Support to Innovation: The Colombian COLCIENCIAS'Experience*. Retrieved from
- Chica, R. (1996). Crecimiento de la productividad y cambio técnico en la industria manufacturera colombiana: 1974-1994 *El crecimiento de la productividad en Colombia: Resultados del estudio sobre determinantes del crecimiento de la productividad*. Bogotá: DNP – COLCIENCIAS - FONADE,.
- Dane. (2015). *Metodología General Encuesta Anual de Servicios - EAS*. Bogotá: Dane.
- David, P. A. H., Bronwyn H| Toole, Andrew A. (2000). Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence. *Research policy*, 29(4), 497-529.
- Echavarría, J. A., M.| Rosales, M. (2006). La productividad y sus determinantes: el caso de la industria colombiana. *REVISTA DESARROLLO Y SOCIEDAD*, 57(1), 77-122.
- Gallego, J. M., Gutiérrez, L. H., & Taborda, R. (2015). Innovation and productivity in the Colombian service and manufacturing industries. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51(3), 612-634.
- Garay, J. (1997). Colombia: estructura industrial e internacionalización 1967-1996. In Departamento Nacional de Planeación (Ed.), *La industria en América Latina ante la globalización económica*: Colombia.
- Griliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity1. *Bell Journal of Economics*, 10, 925-116.
- Hall, B., & Maffioli, A. (2008). Evaluating the impact of technology development funds in emerging economies: evidence from Latin America. *The European Journal of Development Research*, 20(2), 172-198.
- Hussinger, K. (2008). R&D and subsidies at the firm level: an application of parametric and semiparametric two-step selection models. *Journal of Applied Econometrics*, 23(6), 729-747. doi:10.1002/jae.1016
- Levinsohn, J., & Petrin, A. (2003). Estimating production functions using inputs to control for unobservables. *The Review of Economic Studies*, 70(2), 317-341.

- Lucio, J., Albis, N., Guevara, A., & Barrera, A. (2017). *Boletín clasificación y cuantificación de los recursos del fondo CTEI del Sistema General de Regalías*. Bogotá: OCyT.
- Medina, P. M., Marcela| Seim, Katja. (2002). Productivity dynamics of the Colombian manufacturing sector. *Documento CEDE*.
- Petrin, A., Poi, B. P., & Levinsohn, J. (2004). Production function estimation in Stata using inputs to control for unobservables. *Stata Journal*, 4, 113-123.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.
- Salazar, M., Lozano-Borda, M., & Lucio-Arias, D. (2013). Ciencia, tecnología e innovación para un desarrollo inclusivo en Colombia: Programas piloto desarrollados por Colciencias. In G. Dutrenit & J. Sutz (Eds.), *Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo: la experiencia latinoamericana*. Mexico D.F: LALICS.
- Salazar, M. A., N. (2010). Encuestas de innovación y política pública: balance y desafíos para Colombia. . *Revista de la Información Básica-ib*, 4(1). Retrieved from http://www.dane.gov.co/revista_ib/html_r7/articulo1_r7.html website: http://www.dane.gov.co/revista_ib
- Tello, M. D. (2015). Firms' Innovation, Public Financial Support, and Total Factor Productivity: The Case of Manufactures in Peru. *Review of Development Economics*, 19(2), 358-374. doi:10.1111/rode.12147
- Villaveces, J. L., & Forero, C. (2007). *Cincuenta años deficiencia en Colombia 1955-2005*. Bogotá: Fundación Alejandro Angel Escobar.

Anexo 1

Tabla A1. Modalidades de financiación de la innovación

Modalidad	Descripción
Cofinanciación (Matching grants)	Busca fortalecer los vínculos y la asociación entre empresas y otros actores del SNCTI, a través del apoyo a programas estratégicos y/o proyectos de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación, realizados de manera conjunta entre dichos agentes. Se financia un porcentaje específico del total del proyecto de acuerdo al tamaño de las empresas. Las propuestas deben indicar la entidad del SNCTI que apoyo científica y técnicamente le proyecto, ya sea una universidad o un Centro de I+D.
Reembolso Obligatorio (crédito)	Son créditos de largo plazo con un incentivo que consiste en un prepago de las primeras cuotas de capital, que oscila entre el 25% y el 50% del valor total del crédito, dependiendo del tamaño de la entidad beneficiaria, el esfuerzo innovador del proyecto y el mercado al cual está dirigido el proyecto. Para micros, pequeñas y medianas empresas, el Incentivo a la Innovación Tecnológica es de 40% y 50%, que se aplicará si los productos objeto del proyecto, se dirigen al mercado nacional o internacional respectivamente.
Mixto	Incluye las modalidades de cofinanciación y crédito conjuntamente.
Recuperación Contingente	El alcance satisfactorio de los objetivos y la producción de los resultados esperados del proyecto exoneran a la entidad que lo presenta de reembolsar los recursos correspondientes.
Riesgo Compartido	Modalidad de financiación que permite apoyar la inversión en un proyecto que representa un riesgo tecnológico y comercial para una empresa. El riesgo se ha definido como “el grado de variabilidad o contingencia del retorno de una inversión”. El riesgo asociado a la innovación tiene dos dimensiones: el conocimiento, antes inexistente en la práctica productiva y probado sólo en forma simulada a escala de laboratorio y planta piloto, y el riesgo de apertura de nuevos mercados para productos y servicios nuevos. Las empresas que enfrentan, simultáneamente, el fenómeno de la doble innovación, es decir, innovación en la tecnología y en el mercado, son las que asumen mayor riesgo y, por lo tanto, requieren un apoyo especial del Estado a fin de consolidar su inversión y la etapa de expansión de la empresa.

Anexo 2

Para calcular la PTF, partimos de una función de producción Cobb-Douglas (log-linear) del siguiente tipo:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_m m_{it} + \omega_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

En la ecuación 1, las letras en minúscula se refieren a que se expresan las medidas en logaritmo, mientras que los subíndices i y t se refieren a la firma y al año, respectivamente. Aquí y_{it} representa las ventas reales de la firma y l_{it} , k_{it} y m_{it} son los insumos relacionados con el trabajo, el capital y el consumo de materiales. El término ω_{it} es el componente de productividad (o variables de estado) y ε_{it} es el término de error que no debe estar correlacionado con la elección de los insumos. La variable de estado no es observada y afecta la elección de los insumos realizada por las firmas, por lo cual estamos en presencia de un problema de simultaneidad en la estimación de la función de producción. Así, la medida de la PTF se construye como:

$$\hat{\omega}_{it} = \exp(v_{it} - \hat{\beta}_l l_{it} - \hat{\beta}_k k_{it}) \quad (2)$$

El cálculo de la PTF se basa en el método semiparamétrico sugerido por Levinsohn & Petrin (2003; 2004) el cual permite corregir los problemas de simultaneidad que se presentan en la estimación de la función de producción derivados de la correlación entre el nivel de insumos (capital y trabajo) y el proceso no observado que determina la productividad de las firmas. La estimación de la productividad se hace para cada uno de los sectores manufactureros y de servicios, considerando una desagregación de dos dígitos de la Clasificación de Actividades Económicas (CIIU). La descripción de las variables incluidas en la estimación de la productividad se muestra la Tabla A2.1. En el caso del sector servicios no hay disponible información de la calificación del personal, por cual solo se utiliza el total del empleo en el cálculo de la productividad.

Tabla A2.1 Definición de variables usadas en el cálculo de la productividad

Variables	Definición
Ventas	Logaritmo de las ventas deflactada por el índice de precios al productor (CIIU 2 dígitos).
Capital	Logaritmo del valor en libros del capital de las empresas deflactado por el índice de precios más cercano, de los diferentes tipos de activo fijo: terrenos, edificios y estructuras, maquinaria y equipo, equipo de transporte y equipo de oficina.
Trabajadores calificados	Logaritmo del número de profesionales, técnicos y tecnólogos y de personal de administración y ventas.
Trabajadores no calificados	Logaritmo del número de obreros y operarios (sólo para manufactura)
Materiales	Consumo de materias primas

Anexo 3

Tabla A3.1 Definición de variables usadas en el *Propensity score* y el modelo de diferencias en diferencias

Variable	Definición
Tratamiento (D)	- <i>Propensity score</i> : variable dicotómica igual a 1 si la firma ha recibido apoyo público para innovar en la modalidad de cofinanciación o crédito en el periodo. Este valor se asigna a la línea base (2008). Cero en otro caso. - <i>Diferencias en diferencias</i> : variable dicotómica igual a 1 si la firma ha recibido apoyo público para innovar en la modalidad de cofinanciación o crédito (desde el inicio del apoyo hasta el final del periodo analizado) y cero en otro caso.
Tamaño	Logaritmo de empleo
Antigüedad	Número de años desde establecida la empresa
Propensión a la I+D	Variable dicotómica igual a 1 si la firma ha invertido en actividades de innovación en el año base e igual a cero en otro caso
Innovación	Variable dicotómica igual a 1 si la firma ha innovado en producto, proceso, comercialización o técnicas organizativas e igual a cero en otro caso.
Personal calificado	Logaritmo natural del número de empleados calificados de la firma. Comprende los empleados con niveles de educación profesional hasta posgrado.
Productividad	Productividad total de los factores
Intensidad de la inversión en I+D	Inversión en actividades de investigación y desarrollo por trabajador en la firma.
Sector	Variables dicotómicas por sector CIU a dos dígitos.

Anexo 4

Tabla A4.1. Panel balanceado versus desbalanceado

Año	Panel desbalanceado					
	Manufactura		Servicios		Total	
	No tratados	Tratados	No tratados	Tratados	No tratados	Tratados
2008	6.888	36	3.870	12	10.758	48
2009	7.927	21	4.742	21	12.669	42
2010	8.551	45	5.296	15	13.847	60
2011	8.441	31	5.126	26	13.567	57
2012	8.152	56	5.399	25	13.551	81
2013	7.983	31	5.008	40	12.991	71
2014	7.860	33	4.722	25	12.582	58
Panel balanceado						
2008	4.737	32	1.495	12	6.232	44
2009	4.751	18	1.490	17	6.241	35
2010	4.731	38	1.495	12	6.226	50
2011	4.740	29	1.492	15	6.232	44
2012	4.722	47	1.490	17	6.212	64
2013	4.744	25	1.485	22	6.229	47
2014	4.742	27	1.494	13	6.236	40

Tabla A4.2. Estimación de la productividad (completa)

Variables	Manufactura		Servicios		Manufactura y servicios	
	Muestra completa	Soporte común	Muestra completa	Soporte común	Muestra completa	Soporte común
D	0.048 (0.031)	0.197*** (0.081)	0.033 (0.030)	0.115*** (0.029)	0.043* (0.025)	0.175*** (0.062)
PID	-0,011 (0.010)		0.008 (0.011)		-0,009 (0.008)	
Innovación	0,007 (0.005)		0.053** (0.008)		0.014*** (0.005)	
Personal calificado	-0.044*** (0.010)		-0.024*** (0.002)		-0.017*** (0.003)	
Antigüedad	0.001 (0.001)		0.074*** (0.002)		0.036*** (0.002)	
Tamaño (Log)	0.383*** (0.016)		0.073*** (0.012)		0.245*** (0.011)	
Capital	0.019** (0.008)		0.006 (0.004)		-0.007 (0.005)	
Dummies de tiempo	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Dummies sectoriales	Si	Si	Si	Si	Si	Si
N	33,374	32,053	10,535	4,284	43,918	32,053

Tabla A4.3. Estimación de la intensidad de la inversión en I+D (completa)

Variables	Manufactura		Servicios		Manufactura y servicios	
	Muestra completa	Soporte común	Muestra completa	Soporte común	Muestra completa	Soporte común
D	1.838*** (0.473)	1.796*** (0.481)	2.280*** (1.122)	2.664** (1.155)	1.942*** (0.451)	1.940*** (0.460)
Personal calificado	0.576*** (0.054)		0.268*** (0.041)		0.307*** (0.033)	
Tamaño (log)	1.471*** (0.077)		0.906*** (0.085)		1.157*** (0.056)	
Dummies de tiempo	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Dummies sectoriales	Si	Si	Si	Si	Si	Si
N	33,374	32,053	10,535	4,284	43,918	32,053

Tabla A4.4. Estimación de efecto del apoyo público sobre la productividad mediante efectos aleatorios y OLS

Variables	Manufactura		Servicios		Total		Manufactura		Servicios		Total	
	MC*	SC*	MC*	SC*	MC*	SC*	MC*	SC*	MC*	SC*	MC*	SC*
Método	Efectos aleatorios	Efectos aleatorios	Efectos aleatorios	Efectos aleatorios	Efectos aleatorios	Efectos aleatorios	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS
D	0.056* (0.031)	0.214*** (0.082)	0.054** (0.027)	0.121*** (0.030)	0.035 (0.025)	0.189*** (0.063)	0.139*** (0.042)	1.026*** (0.269)	0.101*** (0.020)	1.108*** (0.106)	0.025 (0.036)	0.811*** (0.208)
PID	-0,002 (0.010)		0,013 (0.011)		-0,006 (0.009)		0,017 (0.021)		0,036** (0.016)		0,25 (0.021)	
Innovación	0.010* (0.006)		0.052*** (0.008)		0.021*** (0.005)		0.017 (0.012)		0.044*** (0.010)		0.063*** (0.013)	
Personal calificado	-0.025** (0.010)		-0.021*** (0.002)		-0.012*** (0.004)		0.095*** (0.009)		0.001 (0.003)		0.058*** (0.007)	
Antigüedad	-0.003*** (0.001)		-0.001 (0.001)		-0.008*** (0.001)		-0.004*** (0.000)		0.001 (0.000)		-0.004*** (0.000)	
Tamaño (log)	0.420*** (0.016)		0.018*** (0.007)		0.278*** (0.013)		0.393*** (0.010)		0.003 (0.003)		0.160*** (0.006)	
Capital (log)	0.026** (0.008)		0.005 (0.004)		0.045*** (0.009)		0.101** (0.005)		-0.001 (0.003)		0.218*** (0.007)	
Dummies de tiempo	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Dummies sectoriales	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
N	27,398	26,495	10,535	4,284	37,933	33,740	27,398	26,495	10,535	4284	37,933	33,740

Nota: *MC: Muestra Completa. SC: Soporte común

Tabla A4.5. Estimación de efecto del apoyo público sobre la intensidad del gasto en I+D mediante efectos aleatorios y OLS

Variables	Manufactura		Servicios		Total		Manufactura		Servicios		Total	
	MC*	SC*	MC*	SC*	MC*	SC*	MC*	SC*	MC*	SC*	MC*	SC*
Método	Efectos aleatorios	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS					
D	0.056*	0.214***	0.054**	0.121***	0.035	0.189***	0.139***	1.026***	0.101***	1.108***	0.025	0.811***
	(0.031)	(0.082)	(0.027)	(0.030)	(0.025)	(0.063)	(0.042)	(0.269)	(0.020)	(0.106)	(0.036)	(0.208)
Personal calificado	-0,002		0,013		-0.006		0.017		0.036**		0.25	
	(0.010)		(0.011)		(0.009)		(0.021)		(0.016)		(0.021)	
Tamaño	0.010*		0.052***		0.021***		0.017		0.044***		0.063***	
	(0.006)		(0.008)		(0.005)		(0.012)		(0.010)		(0.013)	
Dummies de tiempo	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Dummies sectoriales	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
N	27,398	26,495	10,535	4,284	37,933	33,740	27,398	26,495	10,535	4284	37,933	33,740

Nota: *MC: Muestra Completa. SC: Soporte común

Anexo 5

Tabla A5.1. Diferencia de medias entre grupos control y tratamiento en línea base: Manufactura

Variable	No tratados			Grupo Tratado			Diferencia	P-value (Test Anova)
	Obs.	Media	D.E.	Obs.	Media	D.E.		
PID	3771	0.13	0.34	143	0.38	0.49	-0.26	***
Innovación	3771	0.47	0.50	143	0.76	0.43	-0.30	***
Personal calificado	3771	3.01	1.18	143	3.95	1.56	-0.94	***
Productividad	3771	8.93	6.02	143	9.22	6.79	-0.28	
Antigüedad	3771	29.15	14.91	143	36.99	17.02	-7.84	***
Tamaño (log)	3771	4.13	1.08	143	4.93	1.52	-0.79	***
Capital (log)	3771	9.68	1.88	143	11.00	2.56	-1.32	***
Sector de alta intensidad tecnológica	3771	0.52	0.50	143	0.43	0.50	0.08	**
Sector de media alta intensidad tecnológica	3771	0.25	0.43	143	0.24	0.43	0.01	
Sector de media baja intensidad tecnológica	3771	0.22	0.41	143	0.32	0.47	-0.10	***
Sector de baja intensidad tecnológica	3771	0.01	0.10	143	0.01	0.08	0.00	

Tabla A5.2. Diferencia de medias entre grupos control y tratamiento en línea base: Servicios

Variable	No tratados			Grupo Tratado			Diferencia	
	Obs.	Media	D.E.	Obs.	Media	D.E.		
PID	1455	0.07	0.25	50	0.62	0.49	-0.55	***
Innovación	1455	0.20	0.40	50	0.80	0.40	-0.60	***
Personal calificado	1455	1.23	1.91	50	5.07	1.98	-3.83	***
Productividad	1455	5.50	1.29	50	6.27	1.44	-0.77	***
Antigüedad	1455	20.80	13.06	50	33.98	18.37	-13.18	***
Tamaño (log)	1455	5.23	1.33	50	5.94	1.15	-0.70	***
Capital (log)	1455	14.17	1.90	50	16.91	2.18	-2.74	***
Sector de alta intensidad tecnológica	1455	0.19	0.39	50	0.08	0.27	0.11	*
Sector de media alta intensidad tecnológica	1455	0.75	0.44	50	0.80	0.40	-0.05	
Sector de media baja intensidad tecnológica	1455	0.03	0.16	50	0.02	0.14	0.01	
Sector de baja intensidad tecnológica	1455	0.04	0.19	50	0.10	0.30	-0.06	**

Tabla A5.3. Diferencia de medias entre grupos control y tratamiento en línea base: Total manufactura y servicios

Variable	Grupo Control			Grupo Tratado			Diferencia	
	Obs.	Media	D.E.	Obs.	Media	D.E.		
PID	5226	0.11	0.31	193	0.45	0.50	-0.33	***
Innovación	5226	0.39	0.49	193	0.77	0.42	-0.38	***
Personal calificado	5226	2.51	1.63	193	4.24	1.74	-1.73	***
Productividad	5226	7.98	5.39	193	8.45	6.03	-0.48	
Antigüedad	5226	26.82	14.90	193	36.21	17.38	-9.38	***
Tamaño (log)	5226	4.44	1.25	193	5.19	1.50	-0.75	***
Capital (log)	5226	10.93	2.76	193	12.53	3.58	-1.60	***
Sector de alta intensidad tecnológica	5226	0.43	0.49	193	0.34	0.48	0.08	**
Sector de media alta intensidad tecnológica	5226	0.39	0.49	193	0.38	0.49	0.01	
Sector de media baja intensidad tecnológica	5226	0.17	0.37	193	0.24	0.43	-0.08	***
Sector de baja intensidad tecnológica	5226	0.02	0.13	193	0.03	0.17	-0.01	