

Departamento de Economía

Tipo de documento: Tesis de maestría



Maestría en Economía

Analizando el impacto de la heterogeneidad en programas con recursos para fomentar la I+D en el sector servicios de Colombia

Autoría: Feroce, Andrés

Fecha: 2025

¿Cómo citar este trabajo?

Feroce, A. (2025). "Analizando el impacto de la heterogeneidad en programas con recursos para fomentar la I+D en el sector servicios de Colombia". [Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella]. Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella
<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/13575>

El presente documento se encuentra alojado en el Repositorio Digital de la **Universidad Torcuato Di Tella** bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional
Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>



**UNIVERSIDAD
TORCUATO DI TELLA**

UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

**Analizando el impacto de la heterogeneidad
en programas con recursos para fomentar
la I+D en el sector servicios de Colombia**

Alumno: Andrés Feroce (22K1145)

Tutor: Pablo Sanguinetti

Fecha: 15/06/2025

Analizando el impacto de la heterogeneidad en programas con recursos para fomentar la I+D en el sector servicios de Colombia

Andrés Feroce

2025

Resumen

El presente trabajo es un análisis complementario del trabajo de Sanguinetti y Feroce (2024), 'Productividad en el sector servicios de Colombia: los canales de la asignación inadecuada de recursos y la innovación'. En el mismo, se detalla como los programas públicos tienen un significativo impacto positivo en las ventas, cantidad de personal e innovaciones producidas, aunque no es así la productividad. En este nuevo trabajo pretendemos extender el análisis para ver que sucede a medida que una firma es mas grande (medido como mayor cantidad de empleados). En general encontramos que los programas son mas eficientes en su cometido en las microempresas (menos de 10 empleados), y en menor medida en las firmas de 250 empleados en adelante.

1. Motivación y revisión de literatura

En un mundo en donde los servicios explican cada vez mayor porcentaje del producto de los países, donde los salarios en el sector servicios son cada vez mayores que en el resto de la economía y siendo un sector económico que demanda cada vez mas trabajadores calificados, como podemos ver en la parte empírica del trabajo de Buera y Kaboski (2012), resulta cada vez de mayor importancia conocer las dinámicas de este sector tan relevante para la economía de los países.

Tener una mejor comprensión del sector terciario nos puede alumbrar un poco más sobre un problema que ha sido documentado en una enorme cantidad de trabajos (se ha hecho extensivamente en el trabajo de Jones (2016)), que es el mal desempeño en crecimiento que podemos observar de América Latina en comparación con los países mas desarrollados como Estados Unidos, Europa occidental, y partes de Asia oriental y Oceanía.

Uno de los problemas fundamentales en la distribución de recursos entre unidades productivos radica en la asignación pobre de los recursos de una economía entre sus sectores productivos, y la pobre asignación de los recursos dentro de las firmas de un mismo sector (con asignación pobre nos referimos a dotar de recursos a unidades menos productivas que otras). Y el otro problema fundamental al que nos enfrentamos es a una baja productividad promedio de los sectores y de las economías mas rezagadas en desarrollo.

Entonces, un recurso de gran importancia para la productividad de las firmas es lo que se conoce como investigación y desarrollo (a partir de aquí lo llamaremos I+D), que son las actividades realizadas por empresas o gobiernos, para el desarrollo de nuevos productos y servicios, mejora de los mismos, o mejora de procesos. Son actividades que no reportan beneficios económicos inmediatos, pero las instituciones deciden incurrir en ese costo de oportunidad esperando tener beneficios a mediano o largo plazo. Esta actividad del I+D impacta positivamente tanto en la innovación de firmas como en el acercamiento de las empresas más tecnológicamente rezagadas a las mas innovadoras(Griffith, Redding y Reenen 2004)

Todo esto hace que resulte clave entender que tan buenos son los programas públicos para otorgarle recursos para realizar I+D a las firmas del sector servicios, en materia de que tanto realmente se aplica a los gastos en innovación, de como impactan a la productividad de las firmas, si desplazan trabajadores a estos sectores mas productivos de la economía y si fomenta la demanda de trabajadores con alta calificación que sean mas productivos.

Ahora nos preguntamos, ¿que se ha escrito hasta el momento? En una revisión de la literatura hasta el momento de que se ha escrito sobre subsidiar el I+D Zúñiga-Vicente et al. (2014) encuentran que una gran cantidad de estudios empíricos en las últimas décadas muestran buenos resultados en cuanto a la eficiencia de estos programas. Con una metodología similar a la que vamos a usar Sanguinetti (2005)

encuentra para Argentina que la aplicación del programa FONTAR impacta positivamente en el gasto en I+D pero no tiene efectos en la innovación producida, y este resultado es robusto a distintas técnicas econométricas. En un trabajo que se hizo al país al que vamos a estudiar, Crespi et al. (2015) concuerdan en que la aplicación de los distintos programas del ColCiencias (la agencia gubernamental de innovación de Colombia, que ahora cambió su nombre a MinCiencias) tiene efectos positivos en la productividad, esto lo logrando utilizando estrategias de efectos fijos para controlar por posibles sesgos de selección.

2. Metodología

A continuación, detallaremos los distintos programas públicos que vamos a considerar:

Primeramente tenemos los programas del MinCIT (el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo). Entre ellos están el INNPulsa, que financia la asistencia técnica, y además otorga capital semilla. El Colombia Productiva, que también financia la asistencia técnica pero focalizado en aumentar la producción y en que las firmas puedan obtener certificados internacionales para alcanzar mercados extranjeros. También están los programas que tiene en conjunto con el Bancoldex, que es el banco público de desarrollo de Colombia, que otorga subvenciones para que las firmas puedan adquirir servicios de consultoría, además de financiar programas de formación emprendedora.

Otra institución que otorga fondos es el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) que cuenta con el Fondo Emprender, que otorga capital semilla para emprendedores. Además, cuenta con el SENAINnova, que cofinancia servicios tecnológicos y equipamiento para que las empresas mejoren procesos productivos o calidad de productos.

El ya mencionado MinCiencias (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación) es responsable de un programa que otorga descuentos impositivos para empresas que realicen actividades de I+D y piden asistencia pública para proyectos de investigación específicos.

Por otro lado está el MinTIC (Ministerio de la Información y las Comunicaciones que tiene un programa que se llama SETI, el mismo otorga fondos para proyectos de I+D de investigadores o empresas considerados estratégicos, usualmente en los sectores que abarca el ministerio.

Por ultimo, el también ya mencionado Bancoldex, que cuenta con un programa de créditos blandos (esto es, créditos en condiciones más favorables) para empresas que desarrollen actividades de I+D. Por ejemplo, en 2023, cuando la tasa de interés de mercado estaba en torno al 20 %, el programa concedió líneas de créditos con tasas de entre el 10 y 18 %.

Para el siguiente trabajo vamos a utilizar la base de datos de la encuesta de desarrollo e innovación tecnológica, en su versión para el sector servicios y comercio (EDITS), desde el año 2010 hasta el 2019. Dicha encuesta presenta una estructura bianual, por lo que fue necesario para armar un panel trabajar en como unir las distintas encuestas. En la misma encontramos variables relevantes para nuestro estudio como las ventas, los gastos en innovación, los montos percibidos por distintos programas públicos, la creación de productos y servicios nuevos, mejorados, la cantidad de empleados, la cantidad de empleados dedicados a actividades de tecnología e innovación, siendo una encuesta muy completa y detallada.

Como tenemos luego de unir las distintas encuestas los datos estructurados como un panel, podemos utilizar una estrategia de *DiD* (diferencias en diferencias o *differences-in-differences* en inglés), en donde vamos a controlar por el efecto de cada empresa, y en todos los casos probaremos también con agregarle un control por la interacción de año y sector. Utilizaremos regresiones de efectos fijos de datos de panel para toda la muestra, para las firmas hicieron gasto de innovación, para las que recibieron de los fondos públicos mencionados previamente y utilizaremos una estrategia de *PSM* (emparejamiento por puntuación de propensión o *propensity score matching* en inglés) para identificar un soporte común entre empresas tratadas y no tratadas.

El software utilizado en el trabajo original fue la versión 16 de STATA, y ahora utilizaremos el paquete estadístico R en su versión 4.4.1 y principalmente la librería *fixest* en su entrega 0.12.1, que nos va a permitir poder realizar regresiones de panel con efectos fijos.

3. Trabajo original

El trabajo original se divide en dos partes, una primera parte en donde se utiliza la descomposición planteada en el trabajo de Olley y Pakes (1996) para explicar la mala asignación de recursos de mano de obra en sectores poco productivos, y dentro de cada sector en empresas poco productivas (midiendo la productividad como producto por trabajador).

Y una segunda parte, que es la que nos interesa, donde se estimó el efecto de los montos de estos programas en la cantidad de recursos que terminan invirtiendo las empresas en innovación y, principalmente, los efectos de la adhesión al programa en la cantidad de empleados, en la cantidad de empleados destinados a actividades de innovación, número de innovaciones producidas, el gasto en innovación, ventas y la productividad. Esta parte econométrica del estudio se realizó utilizando regresiones de datos de panel con efectos fijos por firma empleando la metodología de diferencias en diferencias (*DiD*), corriendo las regresiones para toda la muestra, para las firmas con gasto de innovación positivo, para las que tuvieron recursos

públicos, y con la metodología de *propensity score matching (PSM)* o emparejamiento por puntaje de propensión en español, además de correr las regresiones con y sin variables binarias de la interacción sector-año. En general, las regresiones arrojaron coeficientes positivos significativos en la mayoría de los casos. Vale la pena aclarar que se utilizó como variable de adhesión al programa una dicotómica que toma como valor 1 a partir de la primera vez que En los únicos casos donde las estimaciones no fueron significativas fue para las regresiones entre la binaria de participación y la productividad en logaritmos (considerada como la producción dividido la cantidad de empleados).

Para ilustrar lo que vamos a hacer, se muestran a continuación las ecuaciones de los modelos planteados:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{it} + \gamma_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

La ecuación 1 se usará en las primeras dos especificaciones y nos da un modelo en el cuál la variable dependiente Y que varía en cada firma y cada año depende de un intercepto β_0 , la variable independiente denotada por X que también varía por firma y periodo y su coeficiente es el β_1 , es acompañada por efectos fijos por firma γ (para controlar por las características propia de cada empresa) y finalmente el término del error, que en este caso es ε . Cuando agreguemos los efectos fijos de sector interaccionado con el año δ , la ecuación será como la 2:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{it} + \gamma_i + \delta_{st} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Para las demás especificaciones de la sección, tendremos una ecuación similar, solo que en vez de una variable dependiente tendremos una *dummy* o dicotómica D que toma como valor 1 cuando la firma participa en el programa y se mantiene así hasta el final de periodo.

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot D_{it} + \gamma_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Por último, cuando a la especificación con la variable binaria le agreguemos los efectos fijos interaccionados como ya hicimos antes, la ecuación nos quedará de la siguiente manera:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot D_{it} + \gamma_i + \delta_{st} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

A continuación, exhibimos los resultados obtenidos de replicar con R y la librería `fixest` los modelos de regresión del trabajo original, que en todos los casos fueron prácticamente idénticos a los de la investigación original, y comentamos los resultados:

Variable dependiente:	Inversión en innov.							
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.		Recibieron fondos		PSM	
<i>Variables</i>								
Fondos públicos	2.064***	2.044***	2.064***	2.039***	2.237***	2.218***	2.064***	2.026***
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	80,480	80,480	46,473	46,473	32,628	32,628	3,824	3,824
R ² 'adentro'	0.04463	0.04345	0.04463	0.04333	0.03879	0.03782	0.13082	0.13235

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 1

Primeramente analizamos la regresión en niveles de la inversión en innovación como dependiente y los fondos públicos recibidos como independiente, como lo vemos en cuadro 1 que se corresponde con la tabla 16 de la obra original. En todos los casos notamos que el coeficiente es positivo y estadísticamente significativo, por lo que pareciera que los recursos recibidos impactan positivamente al gasto en innovación. Es interesante notar el aumento del R^2 de dentro de cada unidad aumenta fuertemente en el modelo de *PSM*, por lo que en esa especificación aumenta la variabilidad de la dependiente explicada por el modelo.

Variable dependiente:	Log. inv. innov.							
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.		Recibieron fondos		PSM	
<i>Variables</i>								
Log. fondos. fúb.	0.4954***	0.4765***	0.4954***	0.4733***	0.4864***	0.4647***	0.4954***	0.4772***
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	80,480	80,480	46,473	46,473	32,628	32,628	3,824	3,824
R ² 'adentro'	0.02080	0.01954	0.02080	0.01966	0.02378	0.02211	0.23268	0.21960

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 2

En segundo lugar, planteamos en el cuadro 2 la misma regresión que antes pero con ambas variables en logaritmo. Devuelta, nos encontramos coeficientes positivos y significativos que explican que un aumento porcentual en los fondos otorgados aumenta también de manera porcentual el gasto en esfuerzos de I+D. También la observación que hicimos antes del coeficiente de determinación es válida e incluso es

mas fuerte la diferencia entre el valor para el *PSM* y los demás modelos estimados.

Variable dependiente:	Log. personal ACTI							
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.		Recibieron fondos		PSM	
<i>Variables</i>								
Binaria 1° vez	0.6991***	0.7655***	0.6991***	0.7816***	0.5619***	0.6949***	0.6991***	1.091***
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	80,480	80,480	46,473	46,473	32,628	32,628	3,824	3,824
R ² 'adentro'	0.00566	0.00643	0.00573	0.00680	0.00384	0.00555	0.03653	0.05674

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 3

Ahora, pasando a la identificación con la variable dicotómica que toma por valor 1 la primera vez que accede la firma al programa, podemos ver en el cuadro 3 que en todos los modelos se verifica un aumento porcentual de la cantidad de trabajadores destinados a actividades de ciencia, tecnología e investigación desde la primera vez que la firma es incluida en el programa. Se vuelve a verificar un aumento del R^2 cuando reducimos el número de firmas para el soporte común.

Variable dependiente:	Log. innovaciones							
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.		Recibieron fondos		PSM	
<i>Variables</i>								
Binaria 1° vez	0.1801***	0.1119***	0.1801***	0.1127***	0.1935***	0.1240***	0.1801***	0.0555
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	80,480	80,480	46,473	46,473	32,628	32,628	3,824	3,824
R ² 'adentro'	0.00419	0.00156	0.00421	0.00158	0.00496	0.00197	0.01141	0.00073

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 4

En el cuadro 4, considerando como variable dependiente el logaritmo de la cantidad de productos y procesos nuevos o mejorados, que fue nombrada como 'innovaciones', vemos en todos los casos p valores positivos y significativos, salvo en el caso de *PSM* cuando aplicamos los efectos fijos interaccionados entre sector y año. Lo que está pasando es que en ese grupo de empresas con características

similares, pareciera que el efecto significativo que se ve en el penúltimo coeficiente de la binaria pareciera perderse con el control de los efectos sectoriales-anales. No es prudente afirmar que hay un efecto en la cantidad de innovaciones producidas entonces.

Variable dependiente:	Log. ventas							
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.		Recibieron fondos		PSM	
<i>Variables</i>								
Binaria 1° vez	0.8258***	0.2368***	0.8258***	0.2192***	0.8540***	0.1771**	0.8258***	0.2346***
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	73,262	73,262	41,516	41,516	25,747	25,747	3,354	3,354
R ² 'adentro'	0.00633	0.00059	0.00990	0.00083	0.00692	0.00034	0.08807	0.00598

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 5

En el caso de usar como variable dependiente el logaritmo de las ventas, en todos los casos podemos concluir que el coeficiente de la dicotómica es positivo y significativo, por lo que parecieran verificarse efectos positivos sobre las ventas desde la inclusión en alguno de los programas públicos.

Variable dependiente:	Log. personal							
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.		Recibieron fondos		PSM	
<i>Variables</i>								
Binaria 1° vez	0.4374***	0.2008***	0.4374***	0.1751***	0.4732***	0.1875***	0.4374***	0.1995***
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	80,480	80,480	46,473	46,473	32,628	32,628	3,824	3,824
R ² 'adentro'	0.00475	0.00098	0.00726	0.00117	0.00670	0.00105	0.06432	0.00891

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 6

Lo mismo que en el cuadro anterior podemos concluir al utilizar como variable dependiente el logaritmo de la cantidad de empleados, así que no tenemos razón para descartar efectos positivos en la cantidad de personal.

Variable dependiente:	Log. productividad							
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.		Recibieron fondos		PSM	
<i>Variables</i>								
Binaria 1° vez	0.4577***	0.0245	0.4577***	0.0304	0.4892***	-0.0221	0.4577***	-0.0008
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	73,262	73,262	41,516	41,516	25,747	25,747	3,354	3,354
R ² 'adentro'	0.00265	$8,37 \times 10^{-6}$	0.00439	$2,19 \times 10^{-5}$	0.00296	$6,65 \times 10^{-6}$	0.04559	$1,26 \times 10^{-7}$

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 7

En el caso de usar la productividad (medida como monto total de ventas dividido la cantidad de trabajadores) como dependiente, como se muestra en el cuadro 7, podemos ver que solo hay efectos positivos y significativos en los modelos sin los efectos fijos de la interacción año-sector, por lo que parece que la variación observada en estos modelos son simplemente *shocks* externos que afectaron a los distintos sectores del sector servicios a lo largo del tiempo. Además, podemos ver esto en los coeficientes de determinación adentro de cada unidad en los modelos que consideramos los efectos fijos ya mencionados como se reducen a valores tan bajos que necesitamos notación científica para expresarlos, por lo que el modelo no explica nada de la variación de la productividad adentro de cada unidad.

4. Analizando el impacto en firmas de diferentes tamaños

Ahora una pregunta que resulta pertinente es que sucede a medida que aumenta el tamaño de la firma.

Para analizar como afectan las variables independientes a las diferentes variables dependientes a medida que aumenta el tamaño de la firma, primero tenemos que definir lo que es tamaño: Aquí se va a utilizar la cantidad de empleados como manera de clasificar a las empresas, y lo haremos de la siguiente manera:

- **Microempresas:** menos de 10 empleados
- **Pequeñas:** de 10 hasta 49 empleados
- **Medianas:** de 50 hasta 249 empleados

- **Grandes:** de 250 empleados en adelante

Luego, vamos a buscar el primer año en el que aparece la firma contestando a la pregunta de cuántos años tiene y crear una *dummy* o dicotómica para cada tamaño de empresa y asignándole 1 dependiendo del valor que tenga al contestar por primera vez la pregunta. Queremos que la empresa no pueda cambiar de grupo para evitar problemas (ej. la firma crece por recibir fondos y cambia de grupo). Posteriormente utilizaremos la variable explicativa en una regresión y le agregaremos la interacción con las *dummies* de cada tamaño, dejando una variable afuera. Entonces esto hace que el coeficiente de la variable explicativa 'sola' sea el efecto que tiene dicha variable independiente sobre la dependiente para ese grupo en específico, repetiremos este proceso para los otros tres tamaños de firma, por lo que en cada cuadro presentado a continuación, no veremos en las columnas distintos coeficientes de un mismo modelo, sino que son coeficientes de distintos modelos que lo que cambia es el grupo que dejamos afuera para ver el impacto en ese grupo en específico. Además se van a reportar los R^2 *within* y las observaciones una vez por cada especificación, dado que siempre los 4 modelos de cada columna tendrán los mismos valores por como fueron construidos.

Esta operatoria será aplicada a los modelos del cuadro 2, 4, 5 y 7. Solo vamos a considerar agregarle esto a los modelos que me pareció pertinente hacerlo, por eso no se incluyen los modelos con variables dependientes vinculadas a la cantidad de trabajadores.

Matemáticamente, el primer modelo que va a ser con el logaritmo de la inversión en innovación como dependiente, considerando a b como el grupo que dejo afuera, va a contar con esta estructura:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta \cdot X_{it} + \sum_{\substack{g \in \text{grupos} \\ g \neq b}} \delta_g \cdot (X_{it} \times D_g) + \gamma_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

En la ecuación 5, X denotaría el logaritmo de los fondos recibidos y D_g serían las dicotómicas asociadas a cada uno de los grupos de firmas, a excepción del grupo que dejamos afuera. Para los casos donde agreguemos los efectos fijos interaccionados como ya mencionamos en la sección anterior, la especificación va a ser la siguiente:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta \cdot X_{it} + \sum_{\substack{g \in \text{grupos} \\ g \neq b}} \delta_g \cdot (X_{it} \times D_g) + \gamma_i + \delta_{st} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Para las siguientes familias de modelos, donde se usará como explicativa interaccionada con las *dummies* de firmas la binaria que toma por valor 1 la primera vez que la firma aparece en alguno de los programas (presentada como D_{it}), se usará la ecuación 7:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta \cdot D_{it} + \sum_{\substack{g \in \text{grupos} \\ g \neq b}} \delta_g \cdot (D_{it} \times D_g) + \gamma_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Además, para el caso de agregar los efectos fijos interaccionados:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta \cdot D_{it} + \sum_{\substack{g \in \text{grupos} \\ g \neq b}} \delta_g \cdot (D_{it} \times D_g) + \gamma_i + \delta_{st} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

A continuación se muestran los resultados de los modelos estimados:

Efecto en: Modelo:	Log. inversión en innovación							
	Muestra completa		Gastaron en Innov.		Recibieron fondos		PSM	
<i>Estimación</i>								
Log. fondos. púb. en micro	0.7099***	0.7092***	0.7099***	0.7093***	0.6994***	0.6943***	0.7099***	0.7079***
Log. fondos. púb. en pequeñas	0.5854***	0.5809***	0.5854***	0.5800***	0.6224***	0.6137***	0.5854***	0.5858***
Log. fondos. púb. en medianas	0.5670***	0.5457***	0.5670***	0.5394***	0.5720***	0.5421***	0.5670***	0.5430***
Log. fondos. púb. en grandes	0.3779***	0.3580***	0.3779***	0.3564***	0.3226***	0.3119***	0.3779***	0.3593***
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	80,480	80,480	46,473	46,473	32,628	32,628	3,824	3,824
R ² 'adentro'	0.02174	0.02057	0.02174	0.02070	0.02575	0.02406	0.24315	0.23128

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 8

Cuando dejamos afuera la *dummy* de las micro empresas (como hacemos en la primer fila del cuadro 8) y revisamos el efecto que tiene en la inversión en innovación un aumento porcentual de los fondos públicos recibidos en este grupo, tenemos como resultado coeficientes significativos en torno al 0.7 en todos los casos.

En el caso de medir los efectos en las firmas de tamaño pequeño, esto es de 10 a 49 trabajadores, notamos coeficientes significativos en todos los casos pero inferiores en comparación con las microempresas, rondan entre el 0,58 y el 0,61. Si consideramos dejar afuera a la dicotómica de las medianas, el efecto es ligeramente menor que en las pequeñas, devuelta tenemos coeficientes significativos que alcanzan valores de entre 0,53 a 0,56.

Finalmente si nos fijamos en los resultados para las empresas de mayor tamaño, los coeficientes son menores que en todos los casos anteriores, y presentan valores de aproximadamente la mitad que en el caso de las micro. La interpretación que podemos hacer es que el aumento en el gasto de innovación producto de un aumento porcentual en los fondos es de aproximadamente la mitad que en el caso de las firmas de menor tamaño, en torno al 0,35 % por cada 1 % de aumento en los fondos percibidos.

Si nos fijamos en las distintas especificaciones que planteamos (las distintas columnas), podemos ver como el coeficiente de dejar a cada grupo afuera para medir

el efecto en ese grupo va en decrecimiento, por lo que podemos concluir entonces que entre mas pequeña la firma, menor es el aumento que produce en la inversión en innovación un aumento porcentual de los fondos públicos percibidos. No se verifican cambios significativos en el coeficiente de determinación con las distintas especificaciones.

Variable dependiente:	Log. innovaciones							
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.			Recibieron fondos		PSM
<i>Variables</i>								
Binaria 1° vez en micro	0.5076***	0.4545***	0.5076***	0.4563***	0.5434***	0.5060***	0.5076***	0.4091***
Binaria 1° vez en pequeñas	-0.0475	-0.0748	-0.0475	-0.0701	-0.0512	-0.0822	-0.0475	-0.1104**
Binaria 1° vez en medianas	0.0763**	0.0312	0.0763**	0.0322	0.0846**	0.0330	0.0763**	-0.0138
Binaria 1° vez en grandes	0.3917***	0.2813***	0.3917***	0.2790***	0.4142***	0.3053***	0.3917***	0.1987***
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	80,480	80,480	46,473	46,473	32,628	32,628	3,824	3,824
R ² 'adentro'	0.00875	0.00475	0.00882	0.00472	0.01034	0.00615	0.02386	0.00773

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 9

Al plantear como dependiente el logaritmo de las innovaciones producidas y como explicativa a la dicotómica que toma como valor 1 la primera vez que la firma accede al programa, sumado a las interacciones ya explicadas, podemos ver como el efecto en las microempresas es positivo y estadísticamente significativo, de en torno al 0,5.

Al medir el efecto en firmas pequeñas los coeficientes no son significativos, salvo en el caso del *propensity score matching* con efectos fijos sector-año, que arroja un coeficiente significativo negativo, aunque realmente pequeño en valor absoluto.

Los efectos en las empresas consideradas como medianas son pequeños pero significativos y positivos en algunos casos, aunque desaparecen al considerar los efectos fijos interaccionados entre sector y año, por lo que podemos pensar que ese aumento en las innovaciones productivas se da por *shocks* en ese tipo de años. Además, al considerar el R^2 adentro de cada unidad, vemos como cae la variabilidad explicada por el modelo al aplicar estos efectos fijos.

Finalmente volvemos a tener coeficientes positivos y significativos para el caso de las empresas grandes, pero menores que en el caso de las empresas mas chicas.

Variable dependiente:	Logaritmo de ventas							
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.		Recibieron fondos		PSM	
<i>Variables</i>								
Binaria 1° vez en micro	4.505***	3.799***	4.505***	3.831***	4.761***	4.108***	4.505***	3.963***
Binaria 1° vez en pequeñas	0.9116***	0.3631***	0.9116***	0.3542***	0.8541***	0.2591	0.9116***	0.3596***
Binaria 1° vez en medianas	0.7732***	0.2022**	0.7732***	0.1807**	0.8429***	0.1478*	0.7732***	0.1974**
Binaria 1° vez en grandes	0.6620***	0.0319	0.6620***	0.0110	0.5567***	-0.1593**	0.6620***	0.0067
<i>Efectos fijos</i>								
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
<i>Estad. de ajuste</i>								
Observaciones	73,262	73,262	41,516	41,516	25,747	25,747	3,354	3,354
R ² 'adentro'	0.00861	0.00324	0.01347	0.00531	0.01149	0.00601	0.11979	0.04863

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 10

Los resultados del cuadro 10 son realmente interesantes. Al usar como variable explicada el logaritmo de las ventas, podemos ver cómo las microempresas tienen un aumento realmente significativo en ventas en los años posteriores a su inclusión en el programa. Esto lo podemos ver en los coeficientes de la primera fila que en todos los casos son significativos al 0,01.

Para las empresas pequeñas los resultados son más modestos, además de que al considerar la muestra de las empresas que participaron de los distintos programas y aplicar los dos tipos de efectos fijos, vemos un coeficiente que no es para nada significativo.

En las compañías de tamaño medio, devuelta pareciera haber un resultado significativo pero módico, aunque al considerar el mismo caso especial que en el párrafo anterior, el coeficiente falla en la significatividad al 0,05 %, por lo que una vez más no sería prudente hacer afirmaciones sobre los efectos.

Con las firmas grandes, casi siempre que incluimos los efectos fijos sector-año la significatividad se va de los coeficientes, por lo que si existió algún efecto, se puede atribuir a shocks exógenos al modelo que afectaron a algunos sectores en los años relevados.

La conclusión a la que podemos llegar es que la inclusión en el programa tiene como resultado desde la inclusión en el mismo un impacto positivo y notorio para las empresas de hasta 9 empleados.

Variable dependiente:	Log. productividad								
Modelo:	Muestra completa		Gastaron en Innov.			Recibieron fondos		PSM	
<i>Variables</i>									
Binaria 1° vez en micro	1.922***	1.329*	1.922***	1.366**	2.065***	1.475*	1.922***	1.288*	
Binaria 1° vez en pequeñas	0.3836***	-0.0353	0.3836***	-0.0138	0.3546***	-0.0967	0.3836***	-0.0811	
Binaria 1° vez en medianas	0.4216***	0.0118	0.4216***	0.0144	0.5985***	0.0930*	0.4216***	-0.0169	
Binaria 1° vez en grandes	0.4706***	0.0134	0.4706***	0.0117	0.3451***	-0.2044***	0.4706***	-0.0029	
<i>Efectos fijos</i>									
Firma	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
Inter. año-sector	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	
<i>Estad. de ajuste</i>									
Observaciones	73,262	73,262	41,516	41,516	25,747	25,747	3,354	3,354	
R ² 'adentro'	0.00314	0.00045	0.00520	0.00081	0.00407	0.00122	0.05400	0.00825	

Códigos de significatividad: ***: 0,01; **: 0,05; *: 0,1

Cuadro 11

En el cuadro 11 podemos ver el efecto de la participación en el programa en la productividad presente y futura, y los resultados no nos sorprenden a la luz de lo que vimos antes en el cuadro 7, que había arrojado que no había efecto sin separar por tamaño. Vemos coeficientes positivos y significativos para el caso de los modelos sin las binarias de efectos fijos sector-año, pero ese efecto no se verifica al agregarlas (salvo el caso de las microempresas que tienen gasto en innovación positivo). Estos efectos que luego no se vuelven a ver se podrían atribuir a *shocks* que afectaron a los sectores en algunos años. Concluimos finalmente que el resultado de no tener efectos sobre la productividad en el general de las empresas se ratifica para los 4 tamaños de empresa.

5. Conclusión

Los resultados observados para el I+D de las firmas del sector servicios de Colombia son los siguientes:

Con respecto al impacto de los montos recibidos al gasto en esfuerzos de innovación, no tenemos razón para rechazar la hipótesis que dicho impacto es positivo, tanto en niveles como porcentualmente. Además, a medida que aumenta la cantidad de empleados, vemos que los efectos disminuyen, por lo que podemos pensar que a medida que aumentan los fondos recibidos, las firmas gastan menos en dichos esfuerzos.

El personal dedicado a ese tipo de esfuerzos parece aumentar una vez que la firma es incluida en los programas. Un resultado similar encontramos al considerar a todo tipo de empleados, la inclusión en el programa parece mostrar un efecto

positivo en la cantidad total de trabajadores.

El número de innovaciones producidas (esto es, la cantidad de productos y procesos nuevos o mejorados) aumenta en casi todos los modelos considerados cuando la firma es incluida en los programas. Considerando firmas de diferentes tamaños pareciera que los efectos positivos mas fuertes se ven en las empresas de hasta 9 empleados, seguido de las empresas de 250 trabajadores o más. En las empresas catalogadas como pequeñas y medianas no pareciera haber efecto.

Con respecto a las ventas de las empresas, la inclusión en el programa pareciera tener un efecto positivo. Como contracara, los efectos de la permanencia por mayor tiempo son diferentes con los distintos modelos, por lo que tampoco podemos llegar a una conclusión definitiva. De cualquier manera, en las empresas mas chicas pareciera verificarse un efecto positivo realmente fuerte. Este efecto va bajando a medida que aumenta el tamaño de empresa hasta ser estadísticamente no significativo para las firmas de mayor tamaño.

Por último, pareciera haber efectos positivos en la productividad con la inclusión de la firma en los distintos programas y la cantidad de años que lo hace, pero dichos efectos desaparecen al controlar los modelos por los efectos fijos interaccionados entre sector y año. Entonces los efectos positivos observados son simplemente *shocks* que fueron recibiendo los sectores en determinados años, así que podemos rechazar la idea de que hay efectos estadísticamente significativos por la inclusión y mayor cantidad de años. Considerando el modelo con las firmas que realizaron esfuerzos de innovación, pareciera haber un leve efecto positivo en las microempresas, pero la significancia estadística baja en los otros modelos, por lo que tenemos que tomar este resultado entre pinzas.

Referencias

- Buera, Francisco J. y Joseph P. Kaboski (mayo de 2012). “The Rise of the Service Economy”. En: *American Economic Review* 102.6, págs. 2540-69. DOI: 10.1257/aer.102.6.2540. URL: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.102.6.2540>.
- Crespi, Gustavo et al. (2015). “Long-term productivity effects of public support to innovation in Colombia”. En: *Emerging markets finance and trade* 51.1, págs. 48-64.
- Griffith, Rachel, Stephen Redding y John Van Reenen (2004). “Mapping the two faces of R&D: Productivity growth in a panel of OECD industries”. En: *Review of economics and statistics* 86.4, págs. 883-895.
- Jones, Charles I (2016). “The facts of economic growth”. En: *Handbook of macroeconomics*. Vol. 2. Elsevier, págs. 3-69.
- Olley, G. Steven y Ariel Pakes (1996). “The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry”. En: *Econometrica* 64.6, págs. 1263-1297. ISSN: 00129682, 14680262. URL: <http://www.jstor.org/stable/2171831> (visitado 28-05-2025).
- Sanguinetti, Pablo (2005). “Innovation and R&D expenditures in Argentina: evidence from a firm level survey”. En: *Universidad Torcuato Di Tella, Department of Economics, Buenos Aires*.
- Sanguinetti, Pablo y Andrés Feroce (2024). *Productivity in the service sector in Colombia: the misallocation and innovation channels*. Inf. téc. Universidad Torcuato Di Tella.
- Zúñiga-Vicente, José Ángel et al. (2014). “Assessing the effect of public subsidies on firm R&D investment: a survey”. En: *Journal of economic surveys* 28.1, págs. 36-67.