



**¿LA INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AUMENTA LA  
PRODUCTIVIDAD DE LAS FIRMAS EN COLOMBIA?**

**AUTORES:**

**HARLEY FELIPE CUERVO RODRÍGUEZ**

**INGRID JULIETH NARVÁEZ SAMBONY**

**DIRECTOR DEL PROYECTO:**

**JAIME ANDRÉS CARABALÍ MOSQUERA**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS**

**ECONOMÍA**

**ECONOMÍA Y NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**SANTIAGO DE CALI**

**2020**

## **¿LA INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AUMENTA LA PRODUCTIVIDAD DE LAS FIRMAS EN COLOMBIA?**

### **ABSTRACT**

We estimate an endogenous productivity model to evaluate the impact of investment in research and development on the unobservable productivity of Colombian firms. Considering that firms which maximize their profits respond to positive productivity shocks by expanding production, which in turn requires additional inputs; where we use the estimator used by Levinsohn and Petrin (2003) which uses intermediate inputs as substitutes, arguing that intermediaries can respond more easily to productivity shocks. In addition, a data panel of more than 8,500 Colombian manufacturing companies in the industrial sector is used for a period of time from 2009 to 2018, which is analyzed through the fixed effects method. This is done in order to determine that R&D expenditure plays a key role in determining the level of productivity and its evolution in companies over time.

**Keywords:** Productivity, research and development, production function, panel data, fixed effects, intermediate inputs.

### **RESUMEN**

Estimamos un modelo de productividad endógena para evaluar el impacto de la inversión en investigación y desarrollo en la productividad no observable de las firmas de Colombia. Para ello se tiene en cuenta que, las empresas que maximizan sus beneficios responden a perturbaciones positivas de la productividad ampliando la producción, lo que a su vez requiere insumos adicionales; donde se usa el estimador utilizado por Levinsohn y Petrin (2003) que usa insumos intermedios como sustitutos, argumentando que, los intermedios pueden responder más fácilmente a las crisis de productividad. Además, se utiliza un panel de datos de más de 8.500 empresas

manufactureras colombianas del sector industrial, durante un periodo de tiempo del año 2009 al 2018, lo cual es analizado a través del método de efectos fijos. Esto con el fin de determinar que el gasto en I+D juega un papel clave en la determinación del nivel de productividad y su evolución en las empresas a través del tiempo.

**Palabras claves:** Productividad, investigación y desarrollo, función de producción, datos de panel, efectos fijos, insumos intermedios.

## Tabla de Contenido

<b>¿LA INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AUMENTA LA PRODUCTIVIDAD DE LAS FIRMAS EN COLOMBIA?.....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
Modelo.....	10
Estrategia empírica.....	11
<b>INFORME DE LA MUESTRA.....</b>	<b>13</b>
Explicación de las variables utilizadas.....	14
Estadística descriptiva de la muestra.....	15
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>31</b>

## INTRODUCCIÓN

La inversión de investigación y desarrollo se ha convertido en un componente muy importante para las firmas, intuitivamente se puede pensar que las empresas con grandes producciones invierten altas cantidades en I+D e innovación, pero ¿Qué tan productivas son las firmas que invierten en I+D?, ¿Cuánto es la diferencia entre una firma que invierte y otra que no? Posterior a estas preguntas, decidimos ubicar un espacio geográfico y elegir las variables necesarias para llevar a cabo la comparación entre firmas.

Teniendo en cuenta que los autores del siguiente estudio, se ubican en la ciudad de Cali, Valle del Cauca, Colombia, se decidió encaminar el estudio en la comparación de firmas colombianas y su inversión en investigación y desarrollo. Para obtener esta información, se determinó que el ente que podría brindar al estudio la información necesaria más fidedigna, sería el DANE, entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia.

Consiguiente a elegir la entidad, se procedió a la búsqueda de la información necesaria dentro de dicha entidad. Revisando cada uno de los documentos del DANE correspondiente a las firmas colombianas, se concluyó que la encuesta que más se adecuaba al análisis es la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera – EDIT.

A pesar de que la EDIT es una encuesta extensa que brinda mucha información importante, se generó una elección entre las variables necesarias para el estudio. Teniendo en cuenta que, el análisis tiene como fundamento la econometría, se deben generar dos tipos de variables: una variable dependiente y otras variables explicativas.

La variable explicativa no podía ser otra diferente a la productividad, porque es la referencia propuesta para hacer comparaciones entre firmas, eso hace que se genere un alto nivel de dificultad en la investigación, dado que no existe ninguna variable de productividad en ninguna encuesta ni ningún documento, por lo que es una variable difícil de calcular, ya que las firmas que estudiamos son de diferentes sectores y tamaños, por lo que la producción no es igual a productividad en este caso. Para poder generar esta variable tuvimos en cuenta lo dicho por Doraszelski, U y Jaumandreu, J. (2013).

Con la variable dependiente, se pasó a definir que variables se pueden considerar como variables explicativas de la productividad, para esto nos basamos en distintos modelos económicos. Por supuesto, la primera variable explicativa escogida, fue la inversión en I+D, las demás variables explicativas, fueron el capital, las horas de trabajo, las exportaciones, las importaciones, el sector de las empresas, el periodo de tiempo en el cual se hizo la encuesta, el código de cada firma y la productividad inmediatamente anterior de la empresa (Lag. Productivity).

Como se mencionó anteriormente, el análisis se hizo con bases econométricas, por lo que cada análisis se hizo con una serie de regresiones que se decidieron organizar por “grupos” para que la interpretación de dichas regresiones fuera más comprensible y “sencilla de hacer”. Siguiendo la línea esperada se pudo demostrar que las firmas que invierten en I+D en promedio suelen ser más productivas.

## **MARCO TEÓRICO**

La Investigación y el desarrollo es uno de los factores más relevantes a tener en cuenta siempre que, se realicen estudios económicos relacionados a la productividad. Por medio de la siguiente y contando con la información compilada de una serie de documentos económicos idóneos y altamente calificados, se ha decidido desarrollar el siguiente estudio acerca de cómo la inversión en Investigación y desarrollo (I & D) puede influenciar la productividad en Colombia.

Investigaciones empíricas y literatura desarrollada en Investigación y desarrollo (I & D) han acrecentado la importancia de entender cómo el gasto en I & D contribuye significativamente, tanto a los beneficios y valor de una firma, como al crecimiento económico de un país. Sin embargo, qué tanto afecta o en qué cantidad una variable influye la otra, no es una respuesta demasiado intuitiva, como se pensaría en un principio. Esta relación que se ha estudiado históricamente en la literatura económica, también incluye otros factores, que en algunos casos resultan ser significativos, como el tamaño de la firma, el grueso de la inversión en I & D, si esta inversión está dedicada al área gubernamental o al área privada de negocios; o en su defecto, a la

educación superior. Son varias las variables y/o factores que pueden influenciar esta relación de I & D y productividad.

Uno de los factores que han sido fuertemente estudiados por varios autores, es la dirección, hacia donde se va a enfocar la inversión en I & D en el país. Está claro que la literatura existente sobre el gasto de I & D enfocada hacia el sector privado o gubernamental, es extensa dado el grueso de la participación en la economía por parte de tales sectores, sin embargo, desde la década de 1980, estudios económicos han dirigido su atención a la educación superior y qué tan relacionada está con la productividad de un país; según un estudio empírico que se realizó para los países de altos ingresos pertenecientes a la OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) se ha comprobado que la inversión en I & D en la educación superior genera más productividad que la generada en el sector de negocios y gobierno.

Adicionalmente, Ashraf, E. (2010), logró comprobar que, pese a que el gasto en I & D sobre la educación superior haya sido menor, en proporción al gasto sobre el sector privado y público, la educación superior mostró mejores resultados en términos de productividad. En la misma línea, existen otros estudios que, si bien no estudian los mismos focos, es decir, la educación superior, si comparan otros sectores como lo son el área gubernamental y la privada; cuyas investigaciones demuestran que, el producto marginal de la investigación gubernamental es negativo.

Al respecto, Lichtenberg, F. (1992) en su investigación sobre la inversión en I & D y las diferencias de productividad internacional, encontró que: los países con mayor gasto gubernamental en I & D mostraron un crecimiento de productividad significativamente menor que los países con un mayor gasto gubernamental en I & D. Además, el autor de este último documento, también afirma que “el producto marginal social del capital de investigación financiado por el gobierno es mucho más bajo que el del capital de investigación privado”.

Otro de los factores que resultan ser importantes de sujetar a la investigación de I&D y productividad es el tamaño de la firma. Inicialmente se podría pensar que las grandes empresas, son en su mayoría, las que realizan más gasto en I & D, y, por tanto, quienes se llevan el mayor crédito en términos de productividad. Sin embargo, según un estudio realizado en Alemania, se demostró que el vínculo entre I & D, innovación y productividad en microempresas no difiere en gran medida de sus contrapartes más grandes; esto porque las microempresas se benefician de manera comparable de los procesos de innovación como las empresas más grandes, ya que de

manera similar pueden aumentar su productividad laboral, tal como lo comprobaron en el artículo *The Link between R&D, Innovation and Productivity: Are Micro Firms Different?*.

Además de que las microfirmas o pymes en Colombia puedan ser tan capaces de generar considerables efectos sobre la productividad de las mismas, se encontró que “las microempresas que invierten en actividades de innovación tienen un gasto de I & D más del 90% por empleado que las empresas medianas”. Por lo tanto, el tamaño de la empresa se correlaciona negativamente con la intensidad de I & D.

Independientemente de los factores señalados anteriormente, los beneficios y el valor agregado que puede producirle la inversión en I & D a una firma es un hecho y objeto de estudio por parte de una gruesa cantidad de autores, investigadores que no solo se enfocan en encontrar una relación positiva entre la I & D y la productividad, sino que también dicha relación se considere significativa y con qué intensidad se conectan. Según una estimación estructural realizada en una investigación sobre los beneficios y valor de la empresa, *Research and development, profits, and firm value: A structural estimation*, (2015), el autor concluyó que las inversiones en I & D llevan a las empresas a generar innovaciones estocásticas que aumentan los beneficios, específicamente, se encontró que en promedio “las empresas esperan que las innovaciones conduzcan a un aumento de aproximadamente el 20% en la rentabilidad, y una tasa de obsolescencia estimada de I + D igual al 23%”; esto cuando se trata de modelos dinámicos de I & D sobre el capital físico de una firma. Además de la relación positiva y significativa entre el gasto en I & D y la productividad, será necesario involucrar la innovación, un factor que ha sido ampliamente estudiado y directamente relacionado con la I & D, de hecho, muchos estudios económicos incluyen a la innovación al punto de estudiar no solo las siglas I & D sino en su lugar estudian “the i&R&D (innovation, Research and Development). Claramente, la innovación juega uno de los roles más relevantes dentro de esta investigación, sin embargo, no será el único factor directamente relacionado con la I & D, según Griffith, R., et all (2006), en su investigación del crecimiento a la productividad en un panel de las industrias pertenecientes a los países OECD, existen dos caras de la I & D, la primera es la estimulación a la innovación y la segunda, el facilitar la imitación de los descubrimientos de otros, es decir, algunos conocimientos son tácitos, difíciles de codificar en manuales y libros de texto, y difícil de adquirir sin directa investigación. Al participar activamente en I + D en un particular



campo intelectual o tecnológico, uno adquiere tal tácito conocimiento y puede comprender y asimilar más fácilmente los descubrimientos de otros.

La Investigación y el desarrollo, no solo ha sido estudiado desde un enfoque microeconómico, que revisa el cambio de producción cuando invierte en estos factores en diferentes empresas, pues algunos autores se han centrado en un enfoque macroeconómico, donde realizan un análisis profundo en inversión de R&D en países y como se ve afectado el PIB por la inversión a gran escala de estos mismos. Uno de los papers que explica explícitamente cuales son los efectos y como se ven reflejados en el deflactor del PIB es “*Constructing a Price Deflator for R&D: Calculating the Price of Knowledge Investments as a Residual*”. De esta manera podemos determinar también, las necesidades de un país en incentivar la inversión en innovación, investigación y desarrollo. Estos conceptos están fuertemente ligados a la propuesta del estudio de Martínez, E. y Corchuelo, B. (2009). donde se calculan cómo los incentivos fiscales que proporciona el gobierno español afectan positivamente un aumento en esta inversión. El cálculo de estos efectos nos vuelve a sugerir como en la gran mayoría de las investigaciones, se presenta que, a un mismo nivel de inversión los sectores de la economía se van a ver afectados de maneras distintas.

Además, como ya lo vimos anteriormente, la R&D genera un efecto mayor en la producción en empresas de mayor dimensión también podemos concluir que los incentivos lanzados por los países para el aumento de la inversión en estos también beneficia en mayor medida a las grandes empresas. Anclado a lo ya mencionado, tenemos como Hoffman, K., et all, (1998), reafirman que las pequeñas empresas tienen desventajas comparativas frente a las grandes empresas.

En esta misma línea el paper “*the influence of r&d expenditures on new firm formation and economic growth*” desarrolla modelos econométricos en los que se estudian principalmente los efectos de la inversión en investigación y desarrollo en firmas que estén en crecimiento, que en este caso las podríamos considerar empresas medianas. Así nuestra recolección de literatura está centrada principalmente en las llamadas PYMES.

Por lo propuesto anteriormente, es de nuestro conocimiento que la inversión de R&D es directamente proporcional a la producción, lo que hace que ante un aumento en inversión aumente la producción. A pesar de lo dicho, como lo han reflejado muchos papers y que se desarrolla de manera explícita por Hall, B. (2002) en su artículo “*The financing of research and development*”

la utilidad de la inversión en R&D tiene una marginalidad decreciente, lo que inmediatamente nos indica que debe haber unos niveles óptimos de inversión y utilización.

Chan, L. et al (2002) siguen esta misma línea en el texto “*The Stock Market Valuation of Research and Development Expenditures*” al afirmar que el gasto óptimo y por medio de las regresiones, se comprueba que un gasto superior a un óptimo establecido, es ineficiente y no remunera el gasto.

En todos los casos la inversión en R&D no está necesariamente relacionada con países con altos ingresos, esto lo demuestra lo dicho por Lichtenberg (1992) al afirmar que, por medio de una variación en el modelo clásico de producción, demuestra que los países con un mayor gasto gubernamental en I + D mostraron un crecimiento de la productividad significativamente menor a los países con un mayor gasto gubernamental en I + D que mostraron un crecimiento de la productividad significativamente menor.

## METODOLOGÍA

### Modelo

Las empresas en cada periodo deben escoger la cantidad de insumos para producir, lo cual determina la cantidad que ofertan en el mercado y el precio asociado. Estos insumos son: el trabajo ( $L_{it}$ ), materia prima ( $M_{it}$ ) e inversión en capital ( $I_{it}$ ). Aquí se sigue el supuesto tradicional de que, la firma demanda la cantidad de insumos que maximiza el valor presente de los flujos de ganancias, presente y futuros. Además, se supone que el trabajo y los materiales son variables, esto es, su ajuste esta libre de costes de ajuste; mientras que, el capital es fijo. Esto ultimo se debe a que el capital se acumula de acuerdo con:

$$K_{it} = (1 - \delta)K_{it-1} + I_{it-1}$$

Es decir, si se compran nuevos bienes de capital en el periodo  $t$ , estos son productivos a partir del siguiente periodo ( $t+1$ ) (tarda todo un periodo ordenar, recibir e instalar el capital).

Por otro lado, se supone que la función de producción de una firma toma la siguiente forma:

$$Y_{it} = F(K_{it}, L_{it}, M_{it})e^{v_{it}}$$

donde  $v_{it}$  es la productividad a nivel de firma. Aquí se supone que esta es la adicción de un componente persistente ( $\omega_{it}$ ) y otro puramente aleatorio ( $e_{it}$ ):

$$v_{it} = \omega_{it} + e_{it}$$

$\omega_{it}$  es persistente porque sigue un esquema markoviano de primer orden:

$$\omega_{it} = E(\omega_{it} | \omega_{it-1}) + \xi_{it} = g(\omega_{it-1}) + \xi_{it}$$

Lo anterior implica que las demandas de insumos variables son aquellas maximizan las ganancias brutas de la firma (no son netas de los costos de inversión):

$$\max_{M_{it}, L_{it}} [P_{it}Q_{it}e^{e_{it}} - P_{itM}M_{it} - P_{itL}L_{it}]$$

Donde  $P_{it}$ ,  $P_{itM}$  y  $P_{itL}$  son los precios del producto, el costo unitario de los materiales y el costo unitario del factor trabajo, respectivamente. Se deduce que, las demandas de factores variables son:

$$M_{it} = M(k_{it}, \omega_{it})$$

$$L_{it} = L(k_{it}, \omega_{it})$$

Suponiendo que la demanda de materiales es monótona creciente en la productividad, entonces se puede invertir para encontrar a esta última:

$$\omega_{it} = M^{-1}(k_{it}, M_{it}) = h(k_{it}, M_{it})$$

Como se muestra a continuación, este hecho es clave en la estimación.

### **Estrategia empírica**

Parametrizando la función de producción como una Cobb-Douglas se obtiene las siguientes ecuaciones<sup>1</sup>:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_k k_{it} + \beta_l l_{jt} + \beta_m m_{it} + \omega_{it} + e_{it}$$

$$K_{it} = (1 - \delta)K_{it-1} + I_{it-1}$$

$$\omega_{it} = E(\omega_{it} | \omega_{it-1}) + \xi_{it} = g(\omega_{it-1}) + \xi_{it}$$

---

<sup>1</sup> Las variables en minúsculas indican logaritmos.

En el periodo  $t$ , la firma observa sus variables de estado  $(K_{it}, \omega_{it})$  y dado este conjunto de información escoge  $L_{it}$  y  $M_{it}$  de tal forma que maximicen sus ganancias de corto plazo. Esto implica que la productividad (que es no observada por el econometrista) esta correlacionada con las demandas de factores variables, lo que en la literatura se reconoce como endogeneidad en la escogencia de insumos. Por tanto, para recuperar los parámetros de la función de producción consistentemente se requiere algo más que una regresión del logaritmo del producto en los logaritmos de los factores por medio de MCO. Al respecto, aquí se sigue la propuesta de LP.

Antes se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\omega_{it} = h(k_{it}, m_{it})$$

Sustituyendo esto en la función de producción se obtiene:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_k k_{it} + \beta_l l_{it} + \beta_m m_{it} + h(k_{it}, m_{it}) + e_{it}$$

Por tanto, esto nos permite controlar por la productividad, lo que a su vez nos permite sortear el problema de endogeneidad en la elección de factores. Esta observación da a entender porque esta técnica es llamada método de las variables *proxy*.

Combinando las funciones que comparten argumentos, se obtiene:

$$y_{it} = \beta_l l_{it} + \varphi(k_{it}, m_{it}) + e_{it}$$

Donde  $\varphi(k_{it}, m_{it}) = \beta_0 + \beta_k k_{it} + \beta_m m_{it} + h(k_{it}, m_{it})$

$\varphi_t(\cdot)$  en principio es desconocida dado que la función de demanda de los materiales no se tendrá a la mano hasta que se resuelva el problema de maximización de corto plazo. Aunque es factible obtener la función de demanda de los materiales de forma analítica, en LP se recomienda utilizar de aproximaciones, específicamente, series de Taylor. Entonces, aproximando  $\varphi_t(\cdot)$  con un polinomio de un orden 3 en el capital y los materiales, se puede estimar la función de producción por medio de MCO:

$$y_{it} = \beta_l l_{it} + \sum_{h=0}^3 \sum_{j=0}^{3-h} \gamma_{hj} m_{it}^h k_{it}^j + e_{it}$$

MCO aplicado a la regresión anterior estima consistentemente el coeficiente del factor trabajo, dado que  $\varphi(\cdot)$  controla por productividad. Sin embargo, para identificar los parámetros del capital y los materiales, se requiere una fase más, pues, estos dos factores impactan el producto

por dos canales, el canal directo y a través de la función  $h_t$ , por lo cual, sus coeficientes (el canal directo) no están identificados.

Para estimar los parámetros de los materiales y el capital se emplea el método generalizado de los momentos (GMM). Dado el parámetro estimado del factor trabajo ( $\widehat{\beta}_l$ ) y una conjetura sobre los parámetros que se desean estimar ( $\beta_m^*, \beta_k^*$ ) se puede obtener la productividad como:

$$\widehat{\omega}_{it} = \widehat{\varphi} - \widehat{\beta}_k k_{it} - \widehat{\beta}_l l_{it} - \widehat{\beta}_m m_{it}$$

Al realizar una regresión no paramétrica de  $\widehat{\omega}_{it}$  en su rezago, se obtiene una estimación de  $E(\omega_{it} | \omega_{it-1})$ :

$$\widehat{\omega}_{it} = \widehat{\gamma}_0 + \widehat{\gamma}_1 \widehat{\omega}_{it-1} + \widehat{\gamma}_2 \widehat{\omega}_{it-1}^2 + \widehat{\gamma}_3 \widehat{\omega}_{it-1}^3 + \widehat{\xi}_{it}$$

Con todo lo anterior se puede obtener  $\widehat{\xi}_{it} + e_{it}$  como:

$$\widehat{\xi}_{it} + e_{it} = \widehat{\varphi} - \widehat{\beta}_k k_{it} - \widehat{\beta}_l l_{it} - \widehat{\beta}_m m_{it} - E(\widehat{\omega}_{it} | \widehat{\omega}_{it-1})$$

Cuando este residual es interactuado con mínimo dos instrumentos, se identifica los parámetros de interés. Dado que el capital en t se fijó en t-1, este es independiente de  $\widehat{\xi}_{it} + e_{it}$ . Adicionalmente, dado que en t-1 la desviación imprevista del producto observado respecto al esperado ( $e_{it}$ ) y la innovación en la productividad ( $\widehat{\xi}_{it}$ ) son impredecibles para la firma en t-1,  $m_{it-1}$  es independiente de  $\widehat{\xi}_{it} + e_{it}$ :

$$E[\widehat{\xi}_{it} + e_{it} | K_{it}] = 0$$

$$E[\widehat{\xi}_{it} + e_{it} | m_{it-1}] = 0$$

Por lo tanto, GMM resuelve la siguiente expresión:

$$\min_{\beta_m^*, \beta_k^*} \left[ \left( \sum_{it} (\widehat{\xi}_{it} + e_{it}) k_{it} \right)^2 + \left( \sum_{it} (\widehat{\xi}_{it} + e_{it}) m_{it-1} \right)^2 \right]$$

Con lo cual se obtienen los parámetros del capital y de los materiales. Vale la pena mencionar dos cosas. Primero, se podría agregar más condiciones de momentos (de modo que, los parámetros estarían sobre identificados) utilizando instrumentos como  $l_{it-1}$ ,  $m_{it-2}$  y  $k_{it-1}$ . Segundo, la minimización de la última expresión no se puede hacer de forma analítica, se debe utilizar Newton Raphson, una variante de este o algún otro método numérico.

## INFORME DE LA MUESTRA

## Explicación de las variables utilizadas

Dado que ya se ha introducido al lector a través de una amplia y extensa literatura sobre cómo la inversión en investigación y desarrollo tiene efectos sobre la productividad de las firmas, y cómo este efecto depende de factores como el tamaño de la firma y si es pública o privada. Además de hacer claro la importancia que tiene la productividad en el entorno nacional e internacional y cómo la productividad generada a partir de la inversión en I+D es mayor si es dirigida a la educación superior que a las firmas. Procedemos a la sesión técnica y práctica de este proyecto; lo cual es iniciar por explicar las variables utilizadas y de dónde proviene la base de datos usada en el modelo econométrico estudiado.

Para la obtención de variables, se utilizó la base de datos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria manufacturera (EDIT) hecha por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), que es “la entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia” (DANE, 2019). Por su parte, la base de datos EDIT tiene como objetivo general “*Caracterizar la dinámica tecnológica y las actividades de innovación y desarrollo tecnológico en las empresas de la industria manufacturera de Colombia*” (DANE, 2019); cuyo objetivo va en la misma dirección del objetivo de este proyecto pues cobija varias variables útiles para el modelo econométrico de este documento.

La población de la base de datos comprende 82.783 empresas que funcionan en el país y se definen como industriales, según la CIU Rev. 4, A.C con establecimientos que tengan diez o más personas ocupadas o un valor de producción superior al estipulado anualmente por la EAM. Además, el estudio EDIT está comprendido en un periodo del año 2009 hasta el 2018.

Las variables utilizadas para realizar el modelo econométrico relevante y significativo en este documento son las siguientes: número de orden por empresa (nordemp), el valor de las ventas totales de la empresa (VALORVEN), la cantidad total de trabajadores en la firma (PERTOTAL), el valor de los activos fijos (ACTIVFI), el costo de la materia prima o materiales (CONSMATE), la cantidad de energía consumida en KWH (EnergiaKWH), periodo al que corresponden los datos de la firma (periodo), departamento donde proviene la empresa (DPTO), sector al que pertenece la firma (sector).

Teniendo en cuenta estas variables en mente, es relevante mencionar que el modelo econométrico realizado en esta investigación se hizo a través de Stata, un paquete de software estadístico, se utilizó dicho software dado que es un paquete completo e integrado que satisface todas las necesidades en la ciencia de datos y para modelar investigaciones de carácter económico. Por otro lado, para la elaboración de tablas y gráficos explicativos acerca de la estadística descriptiva de la base de datos, su comportamiento respecto a la productividad y la inversión en investigación y desarrollo se utilizó el programa estadístico R, pues es un software que permite realizar gráficos de gran calidad y de alta versatilidad; todo esto, pensando en la facilidad de la interpretación de los datos.

A continuación, se dará paso al análisis de la estadística descriptiva donde se pretende estudiar las relaciones que hay entre la productividad, la inversión en investigación y desarrollo y las demás variables pertenecientes al estudio de esta investigación.

### **Estadística descriptiva de la muestra**

Con el objetivo de tener una óptima y eficiente interpretación de los datos, hemos realizado distinta variedad de gráficos y tablas descriptivas de la base de datos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria manufacturera que sean capaces de incorporar toda la información posible y útil para poder abarcar los aspectos más relevantes sobre el comportamiento de los dos conceptos más abordados en esta investigación: productividad e inversión en investigación y desarrollo, con respecto a las distintas variables económicas estudiadas.

Toda la información usada para hacer las gráficas es recolectada por la encuesta EBITDA por lo que todos los resultados que se van a tener a continuación son de firmas Colombianas, por lo que al referirnos a las firmas nos estaremos refiriendo a empresas colombianas a las que se les haya efectuado las encuestas.

**Gráfico 1.** Promedio en (miles) de la inversión hecha por las firmas en diferentes periodos seleccionados(2014, 2015, 2016, 2017 y 2018):



Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

El Gráfico 1. ilustra qué el año en donde las firmas en promedio invirtieron más en I+D fue el año 2015, seguido por el año 2018 y 2016. Además de esto los años con menor inversión e I+D fueron los años 2014 y 2017.

**Gráfico 2.** Promedio de productividad de las firmas por cada año seleccionado ( 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018)





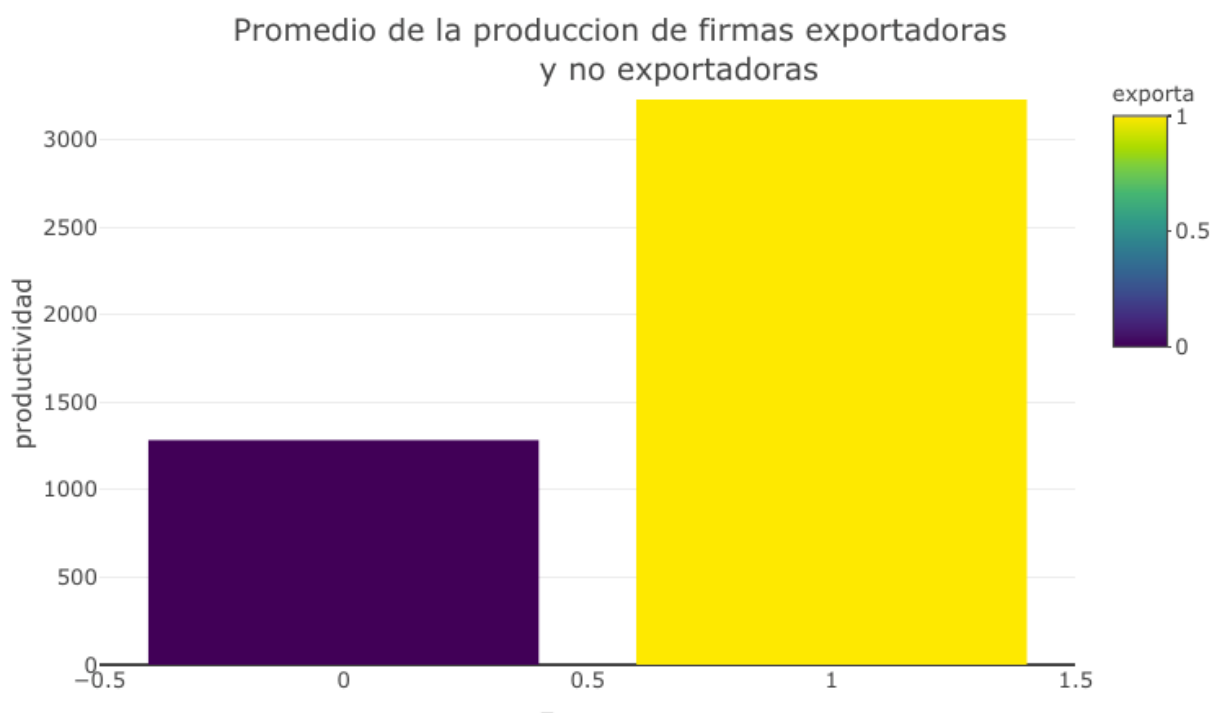
Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

Con base en los gráficos 1. se puede ver que los años con mayor productividad en promedio son el 2014, 2015 y 2016.

Para poder generar conclusiones se debe usar la información suministrada por las dos gráficas. Lo primero a resaltar es que el año que en promedio invierte más en I+D, no es el año que en promedio es más productivo para las firmas del país, esto es relativamente entendible por el hecho de que se espera que la inversión en I+ D no se vea reflejada en la productividad a corto plazo, normalmente se esperan ver sus efectos al mediano y largo plazo.

El segundo hecho a resaltar es que el año en donde más se invirtió en Investigación y desarrollo fue el año siguiente al año en donde se presentó más productividad en promedio, lo que podría generar la hipótesis de que posterior a grandes productividades de las firmas, se generarán mayores inversiones en I+D, pero realmente esto no es significativo, solo sucede en esta sucesión de años y se debe hacer un estudio más a fondo para probar o no esta hipótesis.

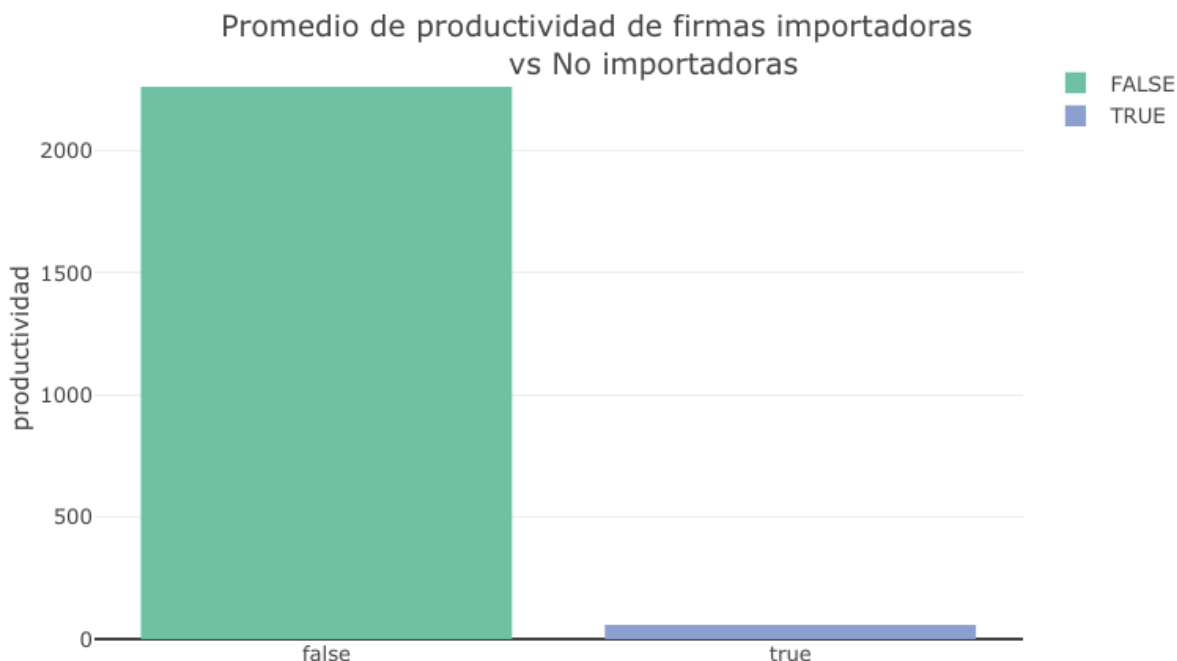
**Gráfico 3.** Promedio de producción de las firmas que exportan y no exportan(1= firmas que exportan, 0=firmas que no exportan)



Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

Como era de esperar lo que nos indica la Gráfica 3. es que las firmas exportadoras en promedio son más productivas. Esto se puede inferir, porque se espera que en promedio las firmas capacitadas para exportar sean aquellas firmas que son consideradas más productivas para competir en el mercado internacional. Con esta gráfica se prueba la hipótesis del modelo de economías a escala con Comercio.

**Gráfico 4.** Promedio de la productividad de firmas que importan insumos(True=importa insumos, False= No importa insumos)



Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

Contrario a lo esperado el Gráfico 4. nos muestra que en promedio las firmas que importan insumos son en promedio menos productivas que las firmas que no importan insumos. A pesar del gráfico estos resultados todavía no son concluyentes y se debe hacer un estudio más amplio y más enfocado para tener resultados significantes y concluyentes de esta variable y su relación con la productividad.

## RESULTADOS

Una vez expuesto tanto la metodología seguida en la investigación, como un análisis de las estadísticas descriptivas de los datos pertenecientes a la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria manufacturera, procederemos a analizar los resultados obtenidos a partir de las regresiones evaluadas en el programa estadístico STATA y explicar qué implicaciones tienen para cumplir con el objetivo de evaluar la relación positiva entre inversión en investigación y desarrollo en las empresas colombianas para su respectiva productividad.

Tabla 1  
*Regresión de productividad en función de inversión en I+D(dummy)*

	(1) regl	(2) peridol	(3) DPTOI	(4) sectorl
I(I+D>0)	0.023* (0.009)	0.021* (0.009)	0.017* (0.009)	0.005 (0.008)
_cons	3.979** (0.003)	3.980** (0.003)	3.980** (0.003)	3.981** (0.002)
N	78127.000	78127.000	78127.000	78127.000
r2_a	0.000	0.001	0.005	0.310
FE		Periodo	DPTO	Sector

Standard errors in parentheses

\* p<0.10, \* p<0.05, \*\* p<0.01

Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

En la Tabla 1 se consideró la inversión en I+D como una variable dummy que toma el valor de 1 si la empresa hizo inversión en I+D y toma el valor de 0 en caso contrario  $I=(I+D)>0$ , además la regresión expuesta es  $\ln(\text{productividad})=\beta_0+\beta_1*(I)+\varepsilon$  donde el primer coeficiente arrojado 0.023 indica que si una firma en Colombia invierte en I + D la productividad de la misma incrementará en 2,3% con un nivel de confianza del 90%. Por otro lado, cuando se involucran los efectos fijos como por ejemplo el periodo, manteniendo este constante, el efecto que tiene invertir en I+D en Colombia se reducirá, es decir que, si no se considera el periodo en el que la firma invierte, entonces su productividad incrementará en 2,1%. Si se considera el departamento como efecto fijo, entonces el efecto que hay en la productividad a partir de la inversión en I+D es incluso menor, se reduce a un 1,7%.

Tabla 2  
*Regresión de productividad en función de inversión en I+D(dummy), trabajo y capital*

	(1) reglLK	(2) periodoILK	(3) DPTOILK	(4) sectorILK
--	---------------	-------------------	----------------	------------------

I(I+D>0)	0.039** (0.010)	0.037** (0.010)	0.029** (0.010)	0.032** (0.008)
Trabajo	-0.057** (0.003)	-0.057** (0.003)	-0.059** (0.003)	-0.054** (0.003)
Capital	0.029** (0.002)	0.029** (0.002)	0.032** (0.002)	0.022** (0.002)
Constant	3.775** (0.020)	3.780** (0.020)	3.751** (0.021)	3.868** (0.018)
N	78127.000	78127.000	78127.000	78127.000
r2_a	0.004	0.004	0.009	0.313
FE		Periodo	DPTO	Sector

Standard errors in parentheses

\* p<0.10, \* p<0.05, \*\* p<0.01

Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

En la Tabla 2, teniendo en cuenta el modelo económico  $\ln(\text{productividad}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot (I) + \beta_2 \cdot \ln(L) + \beta_3 \cdot \ln(K) + \varepsilon$ , se puede observar que la primera salida arrojada por la tabla, 0,039 nos indica que si una firma invierte en I+D en Colombia y considerando el resto de variables incluidas en el modelo como el trabajo y capital, se espera que esta firma incremente su productividad en un 3,9% con una significancia del 95%. Una vez incluimos los efectos fijos, observamos cómo se reduce el efecto que tiene realizar la inversión en I+D, si consideramos el periodo como efecto fijo se espera que si una empresa invierte en I+D su productividad incremente en un 3,7%, un parámetro significativo al 95%. Ahora bien, si se considera el departamento en el que se encuentra la firma registrada como efecto fijo, el parámetro se reduce, de forma que la productividad de una firma que invierte en I+D, si el departamento permanece constante, incrementará en un 2,9%.

Tabla 3

*Regresión de productividad en función de inversión en I+D(dummy), trabajo, capital, exportaciones e importaciones*

	(1)	(2)	(3)	(4)
	regE-I	periodoE-I	DPTOE-I	sectorE-I

I(I+D>0)	0.029** (0.010)	0.027** (0.010)	0.020* (0.010)	0.022** (0.008)
Trabajo	-0.071** (0.004)	-0.071** (0.004)	-0.073** (0.004)	-0.066** (0.003)
Capital	0.027** (0.002)	0.026** (0.002)	0.029** (0.002)	0.018** (0.002)
Export	0.011** (0.001)	0.011** (0.001)	0.011** (0.001)	0.007** (0.000)
Import	-0.006** (0.001)	-0.006** (0.001)	-0.007** (0.001)	-0.002** (0.001)
Constant	3.835** (0.022)	3.839** (0.022)	3.810** (0.023)	3.943** (0.020)

N	75159.000	75159.000	75159.000	75159.000
r2_a	0.010	0.010	0.016	0.319
FE		Periodo	DPTO	Sector

Standard errors in parentheses

\* p<0.10, \* p<0.05, \*\* p<0.01

Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

En la Tabla No. 3, teniendo en cuenta el modelo económico  $\ln(\text{productividad}) = \beta_0 + \beta_1(I) + \beta_2 \ln(L) + \beta_3 \ln(K) + \beta_4 \ln(\text{expor} + I) + \beta_5 \ln(\text{impor} + I) + \varepsilon$ , se ha incluido además de los factores productivos, qué tanto porcentaje una firma importa y/o exporta. Se denota en los resultados lo siguiente: una firma que invierta en I+D incrementara su productividad en un 2,9% manteniendo el resto de variables constantes. Por su parte, al incluir efectos fijos, el efecto en la productividad de invertir en I+D disminuye a un 2,7% cuando el periodo es el efecto fijo. Ahora bien, este valor se reduce significativamente a 2% cuando el efecto fijo es el departamento en el que la firma se registra. No obstante, si se considera el sector al que pertenece la firma como efecto fijo, el coeficiente estimado representa que independientemente del sector la productividad de una firma que invierta en investigación y desarrollo incrementara en 2,2%. Todos los parámetros mencionados en este párrafo son estadísticamente significativos al 95%.

Tabla 4

*Regresión de productividad en función de inversión en I+D(dummy), trabajo, capital, exportaciones, importaciones y la productividad rezagada*

	(1)	(2)	(3)	(4)
	reg4	periodo4	DPTOE4	sector4
I(I+D>0)	0.014** (0.005)	0.013* (0.005)	0.013* (0.005)	0.012* (0.005)
Trabajo	-0.023** (0.002)	-0.024** (0.002)	-0.024** (0.002)	-0.027** (0.002)
Capital	0.008** (0.001)	0.008** (0.001)	0.009** (0.001)	0.009** (0.001)
Export	0.003** (0.000)	0.003** (0.000)	0.003** (0.000)	0.003** (0.000)
Import	-0.002** (0.000)	-0.002** (0.000)	-0.002** (0.000)	-0.001** (0.000)
Lag productividad	0.850** (0.002)	0.850** (0.002)	0.850** (0.002)	0.787** (0.002)
Constant	0.570** (0.014)	0.567** (0.014)	0.565** (0.014)	0.820** (0.016)
N	66024.000	66024.000	66024.000	66024.000
r2_a	0.725	0.725	0.725	0.736

FE                                      Periodo      DPTO      Sector

Standard errors in parentheses

\* p<0.10, \* p<0.05, \*\* p<0.01

Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

En la Tabla No. 4, teniendo en mente el modelo económico  $\ln(\text{productividad}) = \beta_0 + \beta_1(I) + \beta_2 \ln(L) + \beta_3 \ln(K) + \beta_4 \ln(\text{expor} + I) + \beta_5 \ln(\text{impor} + I) + \beta_6(l.\text{productivity}) + \varepsilon$ , donde se incluye la variable “l. productividad” que indica la productividad rezagada de la firma (lag productivity). Se puede observar de entrada como la productividad del periodo anterior de una firma está altamente correlacionada con la productividad actual de la misma firma, tomando un valor de incluso 85%. Al interpretar los resultados, observamos como el hecho de haber incluido la productividad rezagada disminuye significativamente el valor explicado por la inversión en I+D a un 1,4%, lo cual es bajo respecto a los resultados arrojados en los anteriores modelos económicos. Además, se observa que incluso cuando se realiza la regresión con efectos fijos en las variables como el periodo, departamento y sector, la productividad explicada por la inversión en investigación y desarrollo es igualmente baja en comparación, tomando valores de 1,3%, 1,3% y 1,2% respectivamente, los tres parámetros con una significancia del 90%.

Posterior a las regresiones anteriores que tomaron a la inversión en investigación y desarrollo como una variable Dummy en donde se busca probar que las empresas que invierten en I+D en promedio son más productivas que las empresas que no invierten. procederemos a generar una serie de regresiones que muestran por cada por ciento de inversión en I+D que tanto se afecta la productividad de las firmas.

Tabla 5

*Regresión de productividad en función de inversión en I+D(cuantitativa)*

	(1)	(2)	(3)	(4)
	regLnI	periodoLnI	DPTOLnI	sectorLnI
I+D	0.023*	0.021*	0.017*	0.005
	(0.009)	(0.009)	(0.009)	(0.008)



Constant	3.979** (0.003)	3.980** (0.003)	3.980** (0.003)	3.981** (0.002)
N	78127.000	78127.000	78127.000	78127.000
r2_a	0.000	0.001	0.005	0.310
FE		Periodo	DPTO	Sector

Standard errors in parentheses

\* p<0.10, \* p<0.05, \*\* p<0.01

Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

En la regresión de la Tabla No. 5 tomamos como base el siguiente modelo:

$$\ln(\text{productividad}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln((I+D)+I) + \varepsilon$$

Teniendo en cuenta este modelo se espera que ante un aumento de 1% en la inversión de I+D de una firma colombiana la productividad aumente en promedio 0,023% con un nivel de confianza del 90%. Manteniendo fijo el **periodo**, se espera que ante un aumento de 1% en la inversión de I+D, la productividad crezca en promedio 0,021% con un nivel de confianza del 90%. Ahora, si se mantiene fijo el **Depto.** lo esperado es que ante un aumento de 1% en la inversión de I+D la productividad aumente en promedio 0,017% con nivel de confianza del 90%. Con el mismo modelo y manteniendo fijo el **Sector** la variable I+D deja de ser estadísticamente significativa.

Tabla 6

*Regresión de productividad en función de inversión en I+D(cuantitativa), trabajo y capital*

	(1)	(2)	(3)	(4)
	regLnILK	periodoLnIL K	DPTOLnIL K	sectorLnIL K
I+D	0.039**	0.037**	0.029**	0.032**

	(0.010)	(0.010)	(0.010)	(0.008)
Trabajo	-0.057** (0.003)	-0.057** (0.003)	-0.059** (0.003)	-0.054** (0.003)
Capital	0.029** (0.002)	0.029** (0.002)	0.032** (0.002)	0.022** (0.002)
Constant	3.775** (0.020)	3.780** (0.020)	3.751** (0.021)	3.868** (0.018)
<hr/>				
	78127.00			
N	0	78127.000	78127.000	78127.000
r2_a	0.004	0.004	0.009	0.313
FE		Periodo	DPTO	Sector

Standard errors in parentheses

\* p<0.10, \* p<0.05, \*\* p<0.01

Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

En la Tabla No. 6 conforme la metodología de las primeras regresiones se aumentarán el número de variables explicativas, para ver cómo reacciona la variable de productividad con respecto a la inversión en investigación y desarrollo.

$$\ln(\text{productividad}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln((I+D)+I) + \beta_2 * \ln(L) + \beta_3 * \ln(K) + \varepsilon$$

En este modelo se añadió como variables explicativas el Capital y el trabajo medido en horas trabajador. Luego, las interpretaciones quedan así: Ante un aumento de 1% en la inversión de I+D de una firma colombiana, se espera que la productividad de la firma aumente en promedio 0,039% con un nivel de confianza del 95%. Conservando fijo el **periodo**, se aguarda que con un aumento de 1% en la inversión de I+D la productividad acreciente en promedio 0,037% con un nivel de confianza del 95%. Con igual modelo y almacenando el **Depto** fijo, se espera que ante un aumento de 1% en la inversión de I+D la productividad aumente en promedio 0,029% con un nivel

de confianza del 95%. Asimismo, manteniendo fijo el **Sector** se espera que con un aumento de 1% en la inversión de I+D, la productividad crezca en promedio 0,032% con un nivel de 95% de confianza.

Tabla 7

*Regresión de productividad en función de inversión en I+D(cuantitativa), trabajo, capital, exportaciones e importaciones*

	(1)	(2)	(3)	(4)
	regLnIE-I	periodoLnIE-I	DPTOLnIE-I	sectorLnIE-I
I+D	0.029** (0.010)	0.027** (0.010)	0.020* (0.010)	0.022** (0.008)
Trabajo	-0.071** (0.004)	-0.071** (0.004)	-0.073** (0.004)	-0.066** (0.003)
Capital	0.027** (0.002)	0.026** (0.002)	0.029** (0.002)	0.018** (0.002)
Export	0.011** (0.001)	0.011** (0.001)	0.011** (0.001)	0.007** (0.000)
Import	-0.006** (0.001)	-0.006** (0.001)	-0.007** (0.001)	-0.002** (0.001)
Constant	3.835** (0.022)	3.839** (0.022)	3.810** (0.023)	3.943** (0.020)
N	75159.000	75159.000	75159.000	75159.000

r2_a	0.010	0.010	0.016	0.319
FE		Periodo	DPTO	Sector

---

Standard errors in parentheses

\* p<0.10, \* p<0.05, \*\* p<0.01

Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

En la Tabla No. 7 y siguiendo con la adición de variables explicativas se generan dos variables que se encuentran correlacionadas con la productividad: la exportación y la importación.

$$\ln(\text{productividad}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln((I+D)+I) + \beta_2 * \ln(L) + \beta_3 * \ln(K) + \beta_4 * \ln(\text{expor}+I) + \beta_5 * \ln(\text{impor}+I) + \varepsilon$$

Con este modelo se espera que con un aumento de 1% en la inversión de I+D de una firma colombiana, la productividad tenga un crecimiento en promedio de 0,029% con un nivel de confianza del 95%. Con el mismo modelo y dejando fijo el **periodo**, esperamos que ante un aumento del 1% en la inversión de I+D aumente en promedio 0,027% la productividad con un nivel de confianza del 95%. Conservando fijo el **Depto** la expectativa es que ante un aumento de 1% en la inversión de I+D la productividad acreciente 0,020% en promedio con un nivel de confianza de 90%. Y finalmente, si se mantiene fijo **Sector** lo esperado es que ante un aumento en la inversión I+D del 1%, aumente en promedio 0,022% la productividad con un nivel de confianza de 95%.

Tabla 8

*Regresión de productividad en función de inversión en I+D(cuantitativa), trabajo, capital, exportaciones, importaciones y la productividad rezagada*

	(1)	(2)	(3)	(4)
	reg8	periodo8	DPTO8	sector8
I+D	0.014**	0.013*	0.013*	0.012*
	(0.005)	(0.005)	(0.005)	(0.005)

Trabajo	-0.023** (0.002)	-0.024** (0.002)	-0.024** (0.002)	-0.027** (0.002)
Capital	0.008** (0.001)	0.008** (0.001)	0.009** (0.001)	0.009** (0.001)
Export	0.003** (0.000)	0.003** (0.000)	0.003** (0.000)	0.003** (0.000)
Import	-0.002** (0.000)	-0.002** (0.000)	-0.002** (0.000)	-0.001** (0.000)
Lag				
productividad	0.850** (0.002)	0.850** (0.002)	0.850** (0.002)	0.787** (0.002)
Constant	0.570** (0.014)	0.567** (0.014)	0.565** (0.014)	0.820** (0.016)
N	66024.000	66024.000	66024.000	66024.000
r2_a	0.725	0.725	0.725	0.736
FE		Periodo	DPTO	Sector

Standard errors in parentheses

\* p<0.10, \* p<0.05, \*\* p<0.01

Fuente: Autoría propia - Base de datos EBIT.

Por último, en la Tabla No. 8 se agregará al modelo la inclusión de la variable 1. Productividad que indica la productividad de la firma en el periodo anterior (lag.productivity).

$$\ln(\text{productividad}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln((I+D)+I) + \beta_2 * \ln(L) + \beta_3 * \ln(K) + \beta_4 * \ln(\text{expor}+I) + \beta_5 * \ln(\text{impor}+I) + \beta_6 * (l.\text{productivity}) + \varepsilon$$

Se espera que con un incremento de 1% en la inversión de I+D de una firma colombiana, la productividad aumente en promedio 0,014% con un 95% en el nivel de confianza. Que lo esperado es que, si se conserva el **periodo** fijo, ante un aumento de 1% en la inversión de I+D la productividad aumente en promedio 0,013% con confianza del 90%. Manteniendo fijo el **Depto**, se espera que ante un aumento de 1% en la inversión de I+D la productividad aumente en promedio 0,013% con un nivel de 90% de confianza. Ahora bien, si se mantiene fijo el **Sector** los esperado es que ante un aumento de 1% en la inversión de I+D, la productividad se agrande en promedio 0,012% con un nivel de confianza del 90%.

## CONCLUSIONES

Las firmas colombianas, en promedio, cuando aumentan su inversión en Investigación y Desarrollo incrementan su nivel de productividad; para llegar a esto, se hizo fundamental el análisis de las variables explicativas utilizadas en esta investigación, teniendo en cuenta que se generaron regresiones con diferentes modelos. Lo anterior permitió tener una visión más amplia, pues al hacer la revisión de estadísticos como el R2, que nos permiten saber qué proporción de la variable es explicada por el modelo, podemos afirmar que la bondad de ajuste toma un valor significativo en la mayoría de las regresiones.

Adicionalmente, se pudo afirmar que la variable lag.productivity (productividad del periodo anterior de la firma) es la variable que más influye en la productividad de las firmas; esto es explicado por la diferencia entre los R2 en los momentos en los que se le hace la inclusión de esta variable al modelo, sumado a los valores tomados por el Beta6 (estimador de lag.productivity) los cuales son muy elevados.

Por otro lado, diferente a la intuición en donde las firmas que importan en promedio suelen ser más productivas, los estimadores de la importación son negativos, lo que indica que una firma

al importar tiende a ser menos productiva en promedio. No obstante, los resultados para variables como la exportación, el capital y el trabajo, tomaron valores esperados al ser variables que afectan positivamente a la productividad según los resultados de las regresiones.

Finalmente, podemos concluir que la inversión en investigación y desarrollo afecta positivamente a la productividad de las firmas, sin embargo es difícil con los datos recolectados saber cual es la magnitud óptima de inversión para maximizar la productividad de la firma; para esto se requeriría tener datos precisos sobre cada firma.

## REFERENCIAS

- Arbussà, A., Bikfalvi, A. y Valls, (2004). La I+D en las pymes: Intensidad y estrategia. Departamento de Organización, Gestión Empresarial y Diseño de Producto. Universitat de Girona. *Universia Business Review*. pp. 41-49.
- Ashraf, E. (2010) Higher education R&D and productivity growth: an empirical study on high-income OECD countries. Pp 53-68.
- Baumann, J. y Kritikos, A. (2016). The link between R&D, innovation and productivity: Are micro firms different? *Research Policy* 45. German Institute for Economic Research (DIW Berlin), Germany University of Potsdam, Pp. 1263-1274.
- Benavente H., J. M. (2005). Investigación y Desarrollo, Innovación y Productividad: Un análisis econométrico a nivel de la firma. *Estudios de Economía*, vol. 32, núm. 1, pp. 39-67. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Bermúdez, M., Boscán, N., Muñoz, D., Vidal, B. y Archila, C. M. (2017). Gestión del conocimiento en grupos de I+D: un enfoque basado en los componentes del capital humano. *Revista Lasallista de Investigación*. Vol. 14. No. 1. Pp. 133-143.
- BJK Associates (2002) The influence of R&D expenditures on new firm formation and economic growth. Electronic resource. Published 2002.
- CIIU, (2020). Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) Documento CIIU Rev. 4 A.C. Estructura Detallada CIIU Rev. 4 A.C.

- Chan, L., Lakonishok, J. y Sougiannis, T. (2002) The Stock Market Valuation of Research and Development Expenditures. *The Journal of Finance*. Vol. 56. Issue 6.
- Czarnitzkin, D. (2006). Research and development in Small and medium-sized Enterprises: the role of Financial constraints and Public funding. *Scottish Journal of Political Economy*, Vol. 53, No. 3, Blackwell Publishing.
- DANE, (2019). DANE - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales y Banco de la República, Estudios Económicos - Cuentas Financieras.
- Doraszelski, U. y Jaumandreu, J. (2013) R&D and productivity: Estimating endogenous productivity. *Review of Economic Studies*. Vol. 80. Pp. 1338-1383.
- Elise, R. (2014). Can High-involvement innovation practices improve productivity and the quality of working-life simultaneously? Management and Employee Views on Comparison. *Nordic journal of working life studies*, Vol. 4. Número 4.
- Griffith, R., Redding, S. y Reenen, J. (2006). Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries.
- Hall, B. (2002). The Financing of Research and Development. Working Paper No. E01-311 University of California at Berkeley, National Bureau of Economic Research Institute of Fiscal Studies.
- Haskel, J., Goodridge, P. y Corrado, C. (2011). "Constructing a price deflator for R&D: calculating the price of knowledge investments as a residual," Working Papers 9028, Imperial College, London, Imperial College Business School.
- Heijs, J. y Buesa, M. (2016) Manual de economía de innovación, Tomo I, Teoría del cambio tecnológico y sistemas nacionales de innovación. Instituto de Análisis Industrial y Financiero. Universidad Complutense Madrid.
- Hoffman, K., Parejo, M, Bessant, J. y Perren, L. (1998). Small firms, R&D, technology and innovation in the UK: a literature review. *Technovation*, Vol. 18, Issue 1, Pp. 39-55.
- Jason, H. (2018) Research and development and labour productivity: do high-tech firms exhibit labour- or capital- saving technical change? *Applied Economics*.
- Levinsohn, J. y Petrin, A. (2003) Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables. *Review of Economic Studies*, 2003, vol. 70, issue 2, p.p. 317-341.
- Lichtenberg, F. (1992). R&D Investment and International Productivity Differences. NBER Working Papers, National Bureau of Economic Research, Inc.



- Martínez, E. y Corchuelo, B. (2009). The Effects of Fiscal Incentives for R & D in Spain, DEE - Working Papers. Business Economics, Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Economía de la Empresa.
- Warusawitharana, M. (2015). Research and development, profits, and firm value: A structural estimation. *Quantitative Economics* 6. Pp. 531-565.