

PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DEL EJE CAFETERO COLOMBIANO: 2005-2019*

Nicolás Restrepo-Carvajal**
Daniel Steven Aguirre-Peña***
Diego Alejandro Manrique-Cabezas****
Carlos Evelio López-Ceballos*****

Recibido: 8 marzo de 2023 Aprobado: 17 de abril de 2023

<https://doi.org/10.22395/seec.v25n59a4>

RESUMEN

El presente estudio describe la evolución de la productividad multifactorial en el sector manufacturero del Eje Cafetero colombiano (Caldas, Risaralda y Quindío) en el periodo 2005-2019, a través de un panel de microdatos obtenidos de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Para el cumplimiento del objetivo, se emplea la metodología propuesta para corrección de los sesgos de simultaneidad, empleando la demanda por insumos intermedios como *proxy* de la productividad y la formación bruta de capital, además de los salarios reales para estimar las funciones de producción por departamentos que componen el eje cafetero. Los resultados sugieren que la productividad en el departamento del Quindío ha tenido un comportamiento desfavorable respecto a Caldas y Risaralda en el ámbito agregado, lo cual puede ser consecuencia de una composición industrial heterogénea entre los departamentos del Eje Cafetero, en donde el valor agregado suele concentrarse en zonas de actividad industrial intensivas en capital físico y humano, como Caldas y Risaralda. Por su parte, los hallazgos en el ámbito de firma muestran que existe un comportamiento disímil entre Caldas, donde las empresas

- * El presente artículo de investigación deriva del proyecto de grado titulado "Evolución de la Productividad Total de los Factores en la Industria Manufacturera del Eje cafetero entre 2005 y 2019 a través de la metodología Levhinson-Petrin" para optar por el título de economistas de la Universidad del Quindío (Nicolás Restrepo y Daniel Aguirre), tutor: Diego Alejandro Manrique, co-tutor: Carlos Evelio López.
- ** Economista, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. Estudiante Maestría en Ingeniería, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. Autor para correspondencia: nrestrepo@uqvirtual.edu.co Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5184-6693>
- *** Economista. Universidad del Quindío. Armenia, Quindío-Colombia. Autor para correspondencia: dsaguirrep@uqvirtual.edu.co Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5562-1064>
- **** Economista, Universidad del Quindío Armenia, Colombia. Magister en Economía, Universidad de Manizales, Manizales, Colombia. Magister en Ingeniería-Automatización industrial, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia. Estudiante de doctorado en Ingeniería-Automática, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia. Docente investigador, Universidad Católica Luis Amigó, Manizales, Colombia. Autor para correspondencia: diego.manriqueca@amigo.edu.co Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6493-3657>
- ***** Contador Público, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Especialista en Auditoria y Revisoría Fiscal, Universidad Libre, Cali, Colombia. Magister en Gestión Empresarial, Universidad Libre, Cali, Colombia. Decano de la Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables, Unidad Central del Valle del Cauca, Cali, Colombia. Autor para correspondencia: celopez@uceva.edu.co Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8076-5609>

grandes son más productivas, y Quindío, donde la productividad aumenta en empresas más pequeñas; entre tanto, para Risaralda los resultados son congruentes dado el tamaño de la empresa.

PALABRAS CLAVE:

Productividad; industria; salarios; eficiencia; recursos económicos.

CLASIFICACIÓN JEL:

B21, C23, C51

CONTENIDO:

Introducción; 1. Revisión de la literatura; 2. Materiales y métodos; 3. Resultados; 4. Discusión de resultados; 5. Conclusiones; Referencias bibliográficas

EVOLUTION OF TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY IN COLOMBIAN COFFEE REGION'S MANUFACTURING INDUSTRY: 2005-2019

ABSTRACT

This study describes the evolution of manufacturing sector multifactorial productivity in the Colombian coffee-growing region (departments of Caldas, Risaralda, and Quindío) in the period 2005-2019, through a panel of microdata obtained from the Colombian Annual Manufacturing Survey. To reach the objective, the methodology proposed was used to correct simultaneity biases, using the demand for intermediate inputs as a proxy for productivity and gross capital formation, in addition to real wages to estimate production functions by each department in the Colombian coffee-growing axis. Results suggest that aggregate productivity has had an unfavorable behavior in the department of Quindío compared to Caldas and Risaralda. This may be a consequence of heterogeneous industrial composition the coffee region departments, since added value tends to concentrate on areas of intensive physical and human capital industrial activity, such as Caldas and Risaralda. On the other hand, at the firm level findings show a dissimilar behavior between Caldas, where large companies are more productive, and Quindío, where productivity is higher in smaller companies. Meanwhile, for Risaralda the results are consistent with company size.

KEYWORDS

Productivity, industry, wages, efficiency, economic resources

JEL CLASSIFICATION:

B21, C23, C51

CONTENTS:

Introduction; 1. Literature Review; 2. Materials and Methods; 3. Results; 4. Discussion of Results; 5. Conclusions; Bibliographic References

EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES NA INDÚSTRIA MANUFATUREIRA DA REGIÃO CAFEIEIRA DA COLÔMBIA: 2005 A 2019

RESUMO

Este estudo descreve a evolução da produtividade multifatorial do setor manufatureiro na região cafeeira da Colômbia (departamentos de Caldas, Risaralda e Quindío) no período 2005-2019, por meio de um painel de microdados obtidos da Pesquisa Anual de Manufatura da Colômbia. Para atingir o objetivo, a metodologia proposta foi usada para corrigir vieses de simultaneidade, usando a demanda por insumos intermediários como proxy da produtividade e da formação bruta de capital, além dos salários reais para estimar as funções de produção de cada departamento no eixo cafeeiro colombiano. Os resultados sugerem que a produtividade agregada teve um comportamento desfavorável no departamento de Quindío em comparação com Caldas e Risaralda. Isso pode ser consequência da composição industrial heterogênea dos departamentos da região cafeeira, uma vez que o valor agregado tende a se concentrar em áreas de atividade industrial intensiva em capital físico e humano, como Caldas e Risaralda. Por outro lado, em nível de empresa, os resultados mostram um comportamento diferente entre Caldas, onde as grandes empresas são mais produtivas, e Quindío, onde a produtividade é maior nas empresas menores. Enquanto isso, para Risaralda, os resultados são consistentes com o tamanho da empresa.

PALAVRAS-CHAVE

Produtividade, indústria, salários, eficiência, recursos econômicos

CLASSIFICAÇÃO JEL:

B21, C23, C51

CONTEÚDO:

Introdução; 1. Revisão da literatura; 2. Metodologia; 3. Resultados; 4. Discussão de resultados; 5. Conclusões; Referências bibliográficas

INTRODUCCIÓN

La noción de productividad total de los factores se viene discutiendo en la literatura especializada desde los años treinta. En una de las primeras aproximaciones a este tema, Copeland y Martin (1938) mencionaron la pertinencia de construir índices de producción física que pudieran ser contrastados con datos de utilización de horas-hombre para medir el peso relativo del trabajo en la producción desde un sistema de cuentas nacionales (Griliches, 1996; Abramovitz, 1956). Estos desarrollos llevaron inevitablemente a reconocer el hecho de que las mejoras en la eficiencia del uso de los recursos tenían un peso importante dentro de las fuentes del crecimiento de un sistema económico (Copeland y Martin, 1938).

Durante los años posteriores se siguió avanzando en la comprensión del progreso técnico y tecnológico, pero no fue sino hasta el trabajo de Solow-Swan (1957) que se obtuvo un concepto integrado y funcional desde el punto de vista empírico y teórico de la Productividad Total de los Factores (PTF). Desde que Solow (1957) asoció los desplazamientos neutrales de la función de producción con el cambio tecnológico, se adoptó un enfoque en el cual los cambios en la PTF se calculan como la diferencia entre la tasa de crecimiento del producto y las tasas de crecimiento de los factores productivos neoclásicos, capital y trabajo, ponderadas por su participación dentro de la renta nacional; de forma tal que a esta diferencia se le conoce como *Residuo de Solow* (Arimón y Torello, 1997; Griliches, 1996).

Siguiendo lo anterior, el nivel de renta de un país depende de la acumulación de factores productivos y de la eficiencia con la que estos sean utilizados, en el largo plazo (Echavarría et al., 2006), además la evidencia empírica encontrada sugiere que las diferencias en los niveles de ingreso de los países se explican en gran parte por diferencias en la PTF (Hall y Jones, 1999; Akerberg, 2015). Este planteamiento se puede extender a los sectores dentro de la economía (García y Fuentes, 2014), con lo cual el estudio de la PTF del sector manufacturero del Eje Cafetero puede ser empleado para estudiar las diferencias en los niveles de producción de los departamentos, además de indagar por la identificación de tendencias de mediano y largo plazo, y con ello aprovechar la formulación de políticas que se encaminen en la mejora productiva de la región.

Por su parte, los avances en materia económica y social que se han logrado en Colombia han permitido afrontar de forma directa problemas como la pobreza, la desigualdad y la informalidad, mejorando en términos relativos el nivel de vida de los colombianos a través de innovaciones en los sistemas educativos y de salud; que en parte fueron posibles gracias al auge en el precio de las materias primas que se presentó entre 2006 y 2014 y que dinamizó los distintos sectores de la economía

impulsando la inversión social con los excedentes de empresas como Ecopetrol (Consejo Privado de Competitividad, 2017). Sin embargo, mantener las tasas de crecimiento ha demostrado ser un verdadero reto para las autoridades económicas debido a los fuertes rezagos en términos de productividad que exhibe la economía colombiana en su conjunto y que ha repercutido negativamente a la hora de explotar el potencial de generación de riqueza que tiene el país.

En los últimos cincuenta años el ingreso *per cápita* de América Latina y el Caribe se ha estancado en comparación con Estados Unidos, puesto que esta se caracteriza por la baja diversidad productiva y una dependencia creciente de sus recursos naturales. A pesar de esto, al analizar la variación del Producto Interno Bruto (PIB) *per cápita* en la acumulación de factores (capital y trabajo) y el crecimiento del producto por unidad de insumo se encontró que si bien la región superó el ritmo de Estados Unidos en términos de acumulación de factores, la productividad total de los factores se mantuvo estancada, mientras que Estados Unidos creció en 1,21 % subrayando que la incapacidad de la región de alcanzar el ritmo de crecimiento de Estados Unidos se explica por los bajos niveles de su PTF, haciéndose evidente la hipótesis de que el crecimiento económico basado en la acumulación de factores está sujeto a rendimientos y que una convergencia exitosa requiere de un rápido aumento de la productividad (Grazzi et al., 2016; Grazzi y Pietrobelli, 2016). Bajo esta consideración, los diferentes países de la región han llevado a las autoridades económicas y a los investigadores a analizar y examinar la importancia que tiene para la sociedad lograr niveles crecientes de productividad para fomentar la competitividad, la inclusión en el mercado laboral y el crecimiento económico (Parente y Prescott, 1994; Villalobos et al., 2021).

Por su parte, no se encuentran antecedentes en la literatura que aborden este tema para el caso de los departamentos de Risaralda y Quindío, lo cual conduce a un profundo desconocimiento de las dinámicas respecto a la eficiencia en los procesos productivos en la región que hace necesaria el surgimiento de esta investigación. Así, dada la escasez de estudios regionales acerca de la PTF en el Eje Cafetero, se hace preciso comprender las dinámicas que esta variable ha experimentado, con el fin de tener una base sólida sobre la cual analizar el comportamiento del sector manufacturero en esta región.

En concordancia con lo anterior, el presente trabajo busca indagar acerca del comportamiento de la PTF en los departamentos del Eje Cafetero durante el periodo 2005-2019, previo a la pandemia, dado que el *shock* percibido durante el 2020 en la productividad multifactorial de la economía colombiana no permite generar una comparabilidad con años previos.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

Dentro de las aportaciones más importantes en el estudio de la PTF se destaca la formulación pionera de Cobb y Douglas (1928), la cual fundó una larga tradición de investigación económica al enfocarse en la importancia de los cambios que se registran en las cantidades de capital y trabajo necesarios para llevar a cabo los procesos productivos industriales en las relaciones existentes entre los medios de producción y los bienes finales. Estas se analizan a través de funciones de variable real y de tipo exponencial con características analíticas (rendimientos constantes a escala, monotonicidad, homogeneidad, entre otros) que describen adecuadamente el desenvolvimiento económico a través del tiempo en referencia a la formación bruta de capital y el comportamiento del mercado laboral, así como también las productividades marginales de estos factores (Restuccia y Rogerson, 2012). Esta aproximación ha puesto de manifiesto la importancia de la recolección de datos y los métodos de inferencia estadística dentro del análisis económico, toda vez que los coeficientes que representan las participaciones relativas del capital y del trabajo dentro de una función de producción neoclásica pueden ser ajustados mediante métodos estadísticos apropiados para el procesamiento de la información muestral.

Los cambios de la PTF en su concepción más general se observan en términos de la diferencia entre la tasa de crecimiento del producto y la tasa ponderada de crecimiento de los insumos empleados en el proceso productivo o factores de producción (Gómez Sánchez, 2010). Esta tradición investigativa, junto con las mediciones de productividad a través del sistema de cuentas nacionales, constituye el eje central sobre el cual se han construido todos los adelantos contemporáneos que pretenden medir los cambios en la productividad como un fenómeno inherente al desarrollo productivo en las economías modernas, si lo que interesa es conocer los condicionantes de la productividad, esta aproximación es limitada, más aún, cuando su asociación tradicional con el progreso tecnológico resulta teóricamente conflictiva cuando no se cumplen ciertos supuestos de rendimientos constantes a escala, mercados perfectamente competitivos y una función de producción con neutralidad del cambio tecnológico en el sentido de Hicks (Hulten et al., 2001).

En el ámbito internacional, Vázquez et al. (2016) estudian la evolución del cambio de la productividad en el sector manufacturero del estado de Hidalgo, México, a través de la técnica no paramétrica del Índice de Malmquist entre 1989-2009, encontrando que el Índice de Malmquist que mide la PTF muestra que los incrementos de este se pueden asociar en menor medida a los cambios tecnológicos, y más a

mejoras en la eficiencia técnica, además se resalta la importancia de la inversión en capital humano como un determinante importante de la productividad.

García y Fuentes (2014) identifican una disminución sustancial de la PTF agregada en la economía chilena a través del quiebre estructural y realizan un análisis sectorial en la búsqueda de patrones de comportamiento de la productividad comunes entre los diferentes sectores de la economía que expliquen la disminución agregada de la PTF, y ponen de manifiesto que, de existir patrones comunes entre sectores, la productividad puede haber disminuido por un *shock* sistémico. Esto ocurre si algunos sectores con alta ponderación dentro del PIB disminuyeron su tasa de crecimiento, entonces estos sectores explicarían el resultado agregado. En el estudio, los autores encuentran evidencia empírica que respalda la hipótesis de que los *shocks* agregados en la economía como alzas del salario mínimo, incrementos en el costo de la energía y los costos de ajuste en el mercado laboral, explican en gran medida los rezagos en términos de productividad en los sectores que emplean intensivamente estos recursos.

Dentro de esta misma línea de investigación, el estudio productividad sectorial en Chile: 1986-2001 determina una serie de *stock* de capital con base en la identidad de inventarios perpetuos, debido a la restringida disponibilidad de datos, encontrando que la PTF creció en promedio a una tasa mayor en el sector comercio frente a los demás sectores, debido en parte al amplio uso de las tecnologías de la información empleadas en este sector para hacer más eficiente el manejo de inventarios y el ajuste de precios (Vergara y Rivero, 2006).

Por su parte, Fernández Xicoténcatl et al. (2013) encontraron que, para el sector manufacturero de la economía, las instituciones y políticas afectan directamente a los mercados de insumos intermedios y pueden tener un papel importante a la hora de explicar las dinámicas de productividad. Para el caso mexicano, en el periodo 2003-2010, haciendo uso del análisis del desempeño de la PTF ampliada, que incluye los bienes intermedios como un factor más de producción, se halló que la presencia de una estructura industrial manufacturera dependiente en gran medida de las importaciones de insumos intermedios desde países como Estados Unidos actúa como un canal de transmisión de las crisis que se presentan en los países que son exportadores netos de este tipo de bienes hacia las economías menos desarrolladas. Lo anterior sugiere que en países que persiguen el desarrollo industrial es fundamental construir esquemas institucionales propicios para el surgimiento de una industria fuerte de bienes de orden superior, con el fin de blindar estructuralmente al sector manufacturero de las posibles consecuencias que puedan

acarrear los desequilibrios macroeconómicos de corto plazo que se presenten en los países que son exportadores netos de materias primas.

Barrandey y Alarcón (2023) realizan un modelo de dos sectores en el que utilizan datos panel para identificar los efectos sobre la rentabilidad del capital. Para ello hacen uso de la PTF e identifican que el progreso tecnológico incrementa la productividad, mientras que los efectos salariales tienen efectos negativos. Así, en sectores tecnológicos la sustitución de trabajo por capital incrementa los rendimientos.

De esta forma, Armenta (2022) describe el desempeño de las manufacturas en México aplicando el residuo de *solow* para las regiones mexicanas, encontrando asimetrías en las regiones centro y sur, con rezagos en sus respectivos desempeños y con imposibilidades de mejoras en el mediano plazo.

Finalmente, Correa (2022) evalúa la productividad total de los factores comparada de las empresas de la economía social con respecto a las empresas con fines de lucro tradicionales sobre la base de datos del Servicio de Impuestos Internos de Chile para el total de la economía nacional en el período 2005-2020 mediante funciones Cobb Douglas y funciones trans logarítmicas, considerando tecnologías de producción disímiles, encontrando que existe mayor PTF en los sectores terciarios y en empresas con fines de lucro, siendo congruentes sus resultados.

1.1 La productividad total de los factores: el caso colombiano

En una de las primeras aproximaciones a través de métodos semi paramétricos para medir la productividad total de los factores en Colombia, Echavarría et al. (2006), analizan la evolución de la PTF colombiana entre los años 1981 y 2002 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2020). Empleando datos de la EAM por planta, los autores encuentran que la productividad en Colombia, contrario a lo que muestran las estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios y efectos fijos, no se redujo en los ochentas y ni en los noventas, lo que se llegó a considerar la década pérdida.

Empleando técnicas econométricas para la medición y los ajustes correctos de factores y productos, se observa que la productividad creció a tasas mayores en la década de los noventa que en la década de los ochentas. Este mayor crecimiento se relaciona en gran medida con el impacto de las reformas que se llevaron a cabo durante estos años y que se asocian con una apertura hacia adentro que se constituye en un mayor volumen de importaciones (de maquinarias, materias primas, mejores insumos, nuevas tecnologías, entre otros), bajos aranceles a las importaciones y para aranceles. Además, los autores encontraron una relación

débil entre la productividad y los subsidios a las exportaciones, así como una relación negativa entre los impuestos a las utilidades y la productividad, sugiriendo que los incrementos marginales en las tasas impositivas a las utilidades de las empresas arremeten directamente contra la capacidad de mejorar continuamente los métodos de combinación de factores en búsqueda de mayores niveles de productividad (Echavarría et al., 2006; Echavarría et al., 2019).

Dentro de los casos de estudio regionales, Gómez Sánchez (2010) emplea el modelo semi paramétrico de Levinsohn-Petrin para analizar la PTF en el sector manufacturero del Cauca, contrastando los resultados con los obtenidos mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y Efectos Fijos (EF) para un panel desbalanceado. Se observa que entre 1993 y 2006 la PTF siguió el ciclo económico en presencia de rendimientos crecientes a escala, además de sugerir que los cambios en la tendencia de largo plazo de la PTF estuvieron en gran medida influenciados por la Ley Páez¹. Por otra parte, los cálculos de la función de producción tanto por EF como por MCO presentan sesgos hacia arriba en la elasticidad del producto-trabajo al igual que en la elasticidad capital-trabajo (Bloom y Van Reenen, 2007).

1.2. Aspectos teóricos de la función de producción

Una función de producción puede ser expresada de manera general como una función de la forma:

$$y = Af(x) \quad [1]$$

Donde la variable x , representa cantidades positivas de insumos empleados para la producción, la variable y representa la cantidad máxima de producción que se alcanza y el parámetro A representa la productividad total de los factores. Cuando se considera más de un insumo dentro de la función de producción, esta se modifica y se presenta de la forma:

$$z = Af(x, y, z, \dots k) \quad [2]$$

Donde la variable z representa la producción máxima que se alcanza, mientras que las variables $x, y, z, \dots k$ representan los distintos insumos (en general tierra, trabajo, capital) empleados de manera combinada en el proceso productivo.

De acuerdo con Monsalve (2017), algunas consideraciones relevantes sobre la función de producción como características analíticas son la cuasi concavidad y la diferenciabilidad. Para el análisis de competencia es importante que estas se

¹ Ley 218 (1995) en la que se consagraban beneficios tributarios en la región Páez como consecuencia del desastre natural ocurrido en esta área.

comporten de tal forma que a mayor cantidad de insumos mayor sea la producción obtenida, y las productividades marginales sean estrictamente crecientes para cada uno de los factores, esto es:

$$\partial \frac{F}{\partial} x > 0; \partial \frac{F}{\partial} y > 0 \quad [3]$$

Dentro del análisis de competencia es relevante distinguir entre tres funciones que presentan distintos tipos de rendimientos de producción: (I) rendimientos constantes a escala, (II) rendimientos crecientes a escala y (III) rendimientos decrecientes a escala.

Dada una función de producción $y = f(k, l)$ donde k y l representan los factores capital y trabajo, si se multiplican todos los factores de producción por la misma constante $t > 1$, se presentan los siguientes casos:

(I) Si se cumple que $f(tk, tl) = tf(k, l) = tf$ los rendimientos son constantes.

(II) Si se cumple que $f(tk, tl) > tf(k, l) = tf$ los rendimientos son crecientes.

(III) Si se cumple que $f(tk, tl) < tf(k, l) = tf$ los rendimientos son decrecientes.

Para Nicholson (2008) la importancia macroeconómica de los rendimientos en las funciones de producción radica en que informan acerca de cómo reacciona la cantidad producida cuando se presentan incrementos proporcionales de todos los factores al mismo tiempo. Cabe resaltar que es posible encontrar funciones de producción que presenten rendimientos diversos para diferentes niveles de uso de los factores, lo cual se expresa a través de la elasticidad de escala en los distintos tramos de la función de producción. De esta forma, la elasticidad de escala mide el aumento porcentual que se presenta en la producción cuando los insumos se multiplican por el mismo escalar positivo, y permite determinar si en determinada parte de la función de producción los rendimientos son localmente crecientes, constantes o decrecientes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Olley y Paker (1966) identifican las correlaciones entre los niveles de insumos empleados en el proceso productivo y la productividad no observada de las firmas, con lo cual han dejado en evidencia la importancia de desarrollar métodos con los que se logren corregir los sesgos presentes en los parámetros de la función de producción, estos surgen principalmente por problemas de selección (debido a la relación entre la productividad no observada de las firmas y sus decisiones de cierre) y problemas

de simultaneidad que surgen debido a que la elección de insumos por parte de las firmas está relacionada con la productividad de

El presente trabajo se basa en la metodología de estimación en dos etapas propuesta por Levinsohn y Petrin (2003) para estimar una función de producción empleando insumos intermedios como variables de control para resolver los problemas de endogeneidad que se presentan al estimar por MCO y EF, entre otras técnicas econométricas estándar.

Siguiendo a Marschak y Andrews (1944), para estimar un sistema de ecuaciones a partir de un modelo de MCO se debe tener en cuenta que estos son aplicables para estimar parámetros constantes desconocidos de una única ecuación aleatoria y un término de error, aunque las virtudes de los MCO no son suficientes para determinar con precisión los parámetros en un sistema de ecuaciones. En este sentido, los modelos en los que se tienen tantas ecuaciones como variables y, en particular, a la hora de estimar los parámetros de una función de producción, el método MCO resulta teóricamente conflictivo, pues la estimación de los coeficientes obedece a una lógica de eficiencia técnica, determinada por la empresa, y puede diferenciarse de una empresa a otra, como dentro de una misma estructura industrial.

Levinsohn y Petrin (2003) emplean una transformación monotónica de una función de producción de tipo Cobb Douglas; los insumos intermedios empleados en el proceso productivo (i) o el conjunto de bienes necesarios (V(Y)) compuesto por: materias primas, energía, entre otros.

$$y_t = \ln \beta_0 + \ln \beta_l l_t + \ln \beta_i i_t + \ln \beta_k k_t + \ln \varepsilon_t \quad [4]$$

Para Gujarati y Porter (2009), el error ε_t se puede descomponer en dos elementos: la productividad de los factores y un error u_t con media cero que no se relaciona con las variables de control.

$$\varepsilon_t = \omega_t + u_t \quad [5]$$

La productividad ω_t es una variable de estado que afecta las decisiones de las firmas en torno a los factores productivos, es decir, puede estar correlacionada con los factores en el momento de ser afectada por un *shock* de productividad, que hace necesario un uso diferenciado del capital y del trabajo. En los datos, si la elección de un factor responde a la productividad observada en dicho periodo entonces estos estarán correlacionados y el estimador de elasticidad del producto a dicho factor estará sesgado, ya sea hacia arriba o hacia abajo, cuando se estima por MCO (Levinsohn y Petrin, 2003).

Con el fin de corregir los sesgos de simultaneidad, Levinsohn y Petrin (2003) emplean la demanda por insumos intermedios, la cual depende de ω_t y k_t como proxy de la productividad no observada de la firma.

$$i_t = i_t(\omega_t, k_t) \quad [6]$$

En este caso, se asume que la demanda de insumos intermedios i_t es monótona y creciente en ω_t de forma que puede ser invertida para expresar la productividad en términos de las variables de control como sigue:

$$\omega_t = \omega_t(i_t, k_t) \quad [7]$$

Con lo cual, la productividad se puede expresar como una función creciente de la demanda de insumos intermedios mp_t , llegando a una función de producción de la forma:

$$y_t = \beta_l l_t + \varphi(i_t, k_t) + u_t \quad [8]$$

Donde:

$$\varphi(i_t, k_t) = \beta_0 + \beta_k k_t + \beta_i i_t + \omega_t(i_t, k_t) \quad [9]$$

Como se desconoce la forma funcional de ω_t , los parámetros de la ecuación 8 no pueden ser estimados a través de MCO. Por otro lado, Racine (2008) identifica que, al encontrarse en presencia de un modelo parcialmente lineal que describe la variable respuesta como la suma de un componente lineal y un componente no paramétrico, se hace menester el uso de técnicas semi-paramétricas.

De esta forma, Levinsohn y Petrin (2003) proponen una estimación en dos etapas: en la primera etapa se busca estimar los parámetros para los regresores diferentes al proxy de la productividad, incorporando en lugar de $\varphi(mp_t, k_t)$, una aproximación polinomial de orden 3 en la ecuación 8 para el capital e insumos intermedios, lo cual hace posible estimar la función por MCO, obteniendo β_l y $\varphi(mp, k_t)$. Para esto, se calculan los valores esperados de la ecuación:

$$E[Y_t \vee k_t, i_t] \quad [10]$$

$$E[l_t \vee k_t, i_t] \quad [11]$$

De esta forma, restando los valores esperados a la ecuación 8 se encuentra un modelo de la forma:

$$Y_t - E[Y_t | k_t, i_t] = \beta_l(l_t - E[l_t | k_t, i_t]) + u_t \quad [12]$$

La ecuación 12 representa la estimación para obtener los parámetros de trabajo y materias primas en la primera etapa del procedimiento. Obsérvese que la función se estima en ausencia de intercepto, lo cual responde al hecho de que el intercepto del modelo debe ser consistente con la estimación de los demás parámetros, los cuales no se obtendrán sino hasta la segunda etapa, en la cual se hace posible encontrar el intercepto adecuado luego de tener todos los estimadores calculados. Levinsohn y Petrin (2003) encontraron que al emplear el método de MCO junto con la aproximación polinomial, usando una interpolación de orden 3, se obtienen resultados similares a los que se obtienen empleando órdenes superiores e inferiores del polinomio de interpolación.

En la segunda etapa, una vez obtenidos β_l y φ , se busca estimar β_k , para lo cual se encuentra una expresión del error de la función de producción, la cual será la función para minimizar. Dado que en la etapa anterior se obtuvieron $\beta_l l_t$ y $\beta_{mp} mp_t$, se tiene así que:

$$Y_t - \beta_l l_t - \beta_{mp} mp_t = \omega_t + u_t \quad [13]$$

En este punto, se asume que ω_t sigue un proceso de Markov de orden 1 y el problema se resuelve empleando el método generalizado de momentos para obtener β_k . Además de identificar la ecuación 13 que representa la estimación de la segunda etapa del modelo una vez se han obtenido los coeficientes de trabajo y materias primas.

Por otro lado, en términos metodológicos se empleará un procedimiento de tipo cuantitativo, partiendo de un panel con datos de la EAM para el periodo comprendido entre 2005 y 2019 en los departamentos de Risaralda, Caldas y Quindío. En cuanto a la agrupación de actividad enmarcada dentro de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) 3,1 y 4,1 comprendido para el periodo de análisis, se decidió actualizar las actividades del CIIU 3,1, a cuatro dígitos con el fin de homogenizar en la medida de lo posible las actividades productivas del sector manufacturero.

Para el modelo se empleará una metodología econométrica semiparamétrica y su respectivo algoritmo construido en Stata, propuesto por Levinson-Petrin para corregir los sesgos de simultaneidad (endogeneidad), empleando la demanda de electricidad como proxy. Por otra parte, se toma el valor agregado como la variable de producción deflactado por el Índice de Precios al Productor (IPP), año base 2014, de las manufacturas. Para el capital se toma el valor deflactado por

el IPP de las manufacturas de los activos fijos. El factor trabajo se toma como la suma de los salarios de los trabajadores cualificados y obreros involucrados en la en el proceso productivo, el cual es deflactado por el Índice de Precios al Consumidor (IPC), año base 2014. Como último factor productivo, se toma el consumo intermedio de materias primas deflactado por el IPP de la industria manufacturera.

Dado que la PTF es calculada para las firmas a partir de una función de producción ajustada a cada departamento esta medida no es del todo comparable a partir de la heterogeneidad que presentan en la estimación por departamento, bajo esta consideración se hace necesario llevar las productividades individuales a una misma unidad de medida. En este sentido, se procedió a estandarizar los valores a partir de una media igual a cero y una desviación estándar igual a uno a partir de la siguiente ecuación para cada año (Villalobos et al., 2021).

$$Z_{ij} = \frac{PTF_{ij} - PTF_j}{S_j} \quad [14]$$

Dónde:

Z_{ij} es el índice estandarizado de la productividad total factorial del establecimiento i perteneciente al departamento j .

PTF_{ij} es el logaritmo de la productividad total factorial del establecimiento i que pertenece al departamento j .

PTF_j es el promedio del logaritmo de la productividad total factorial del establecimiento que pertenecientes al departamento j .

S_j es la desviación estándar del logaritmo de la productividad total factorial de los establecimientos pertenecientes al departamento j .

Con el fin de tener una productividad agregada para cada departamento, se procedió a tener un promedio ponderado ajustado por la participación de la firma en el mercado, la cual se obtuvo como razón entre el valor agregado de cada establecimiento y la suma del valor agregado de todos los establecimientos para cada periodo.

3. RESULTADOS

A partir de los datos reportados en la EAM, se observa una alta entrada y salida de empresas en el sector condicionado tanto por la decisión de cierre de la empresa como por la metodología planteada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), a partir de dos principales consideraciones de 1992, para la cual censan los establecimientos con diez o más ocupados, y/o firmas que tengan

una producción anual igual o superior a sesenta y cinco millones de pesos colombianos, ajustado por el IPP. Regionalmente, como se muestra en la tabla 1, a partir del número de plantas por división CIIU 4 A.C. se observa la alta diversidad industrial manufacturera para el departamento de Risaralda, con un total de veinte divisiones entre las que destacan las divisiones de elaboración de productos alimenticios, confección de prendas de vestir, fabricación de productos de caucho y de plástico, así como otras industrias. Para Caldas, la participación de las actividades integra dieciséis divisiones. En este sentido destaca la estabilidad a través del tiempo en el número de empresas netas para el periodo de análisis. Entre estas divisiones resaltan la elaboración de productos alimenticios, fabricación de otros productos minerales no metálicos, otras industrias y fabricación de productos elaborados de metal. En el ámbito industrial manufacturero del Quindío destaca su alta concentración por división, con una participación mayor de las divisiones de productos alimenticios, curtidos y recurtidos, así como otras industrias y la elaboración de muebles.

Tabla 1. Número de firmas por división industria (CIIU rev.4.1) para cada departamento

Departamento	División	Nombre de la división	Número de firmas			
			2005	2009	2013	2017
Risaralda	10	Elaboración de productos alimenticios	33	38	38	32
	11	Elaboración de bebidas	-	4	-	-
	13	Fabricación de productos textiles	-	3	6	5
	14	Confección de Prendas de vestir	31	45	44	37
	15	Curtido de cuero, derivados	3	8	5	6
	16	Transformación de madera	-	3	-	-
	17	Fabricación de papel, etc.	3		3	5
	18	Actividades de impresión y copias	5	7	10	8
	19	Coquización y refinamiento de petróleo	-	-	-	4
	20	Fabricación de sustancias y productos Químicos	-	-	3	4
	22	Fabricación de productos de Caucho	9	10	12	10
	23	Fabricación de otros minerales	10	11	7	6
	24	Fabricación de Productos Metalúrgicos	-	-	-	4
	25	Fabricación de productos elaborados de metal	7	7	10	8
	27	Fabricación de electrónicos	6	3	-	6
	28	Fabricación de maquinaria y equipo	7	8	8	5
	29	Fabricación de vehículos automotores	4	6	6	8
	30	Fabricación de otros equipos de transporte	3	7	3	5
	31	Fabricación de muebles y colchones	4	6	0	7
	32	Otras industrias manufactureras	46	36	36	13

Departamento	División	Nombre de la división	Número de firmas			
			2005	2009	2013	2017
Caldas	10	Elaboración de productos alimenticios	48	48	48	45
	13	Fabricación de productos textiles	3	-	-	-
	14	Confección de Prendas de vestir	8	4	6	8
	15	Curtido de cuero, derivados	-	5	5	7
	16	Transformación de madera	6	3	6	7
	18	Actividades de impresión y copias	7	6	5	4
	20	Fabricación de sustancias y productos Químicos	6	7	3	4
	22	Fabricación de productos de Caucho	3	3	7	9
	23	Fabricación de otros minerales	12	15	11	13
	24	Fabricación de Productos Metalúrgicos	6	5	4	3
	25	Fabricación de productos elaborados de metal	27	24	24	20
	27	Fabricación de electrónicos	3	3	-	4
	28	Fabricación de maquinaria y equipo	8	10	8	3
	29	Fabricación de vehículos automotores	-	3	3	3
	31	Fabricación de muebles y colchones	7	5	7	5
Quindío	32	Otras industrias manufactureras	32	20	24	8
	10	Elaboración de productos alimenticios	13	15	18	15
	14	Confección de Prendas de vestir	8	3	5	4
	15	Curtido de cuero, derivados	8	9	8	7
	23	Fabricación de otros minerales	3	3	4	5
	25	Fabricación de productos elaborados de metal	4	8	3	5
	31	Fabricación de muebles y colchones	11	8	8	8
	32	Otras industrias manufactureras	12	13	14	11

Fuente: elaboración propia.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la tabla 2 se presenta la estimación de los parámetros de la función de producción manufacturera para los departamentos del Eje Cafetero (Caldas, Quindío y Risaralda). Los coeficientes son positivos para los factores de producción neoclásicos y para las materias primas que son estadísticamente significativas según lo esperado bajo las hipótesis iniciales.

Tabla 2. Funciones de producción de la industria manufacturera para los departamentos del Eje Cafetero (2005-2019)

Variables	Quindío	Risaralda	Caldas
Método	Levinsohn-Petrin		
Trabajo	0,291***	0,346***	0,527***
Desviación estándar	(0,0635)	(0,03)	(0,041)
Materias primas	0,437***	0,396***	0,241***
Desviación estándar	(0,042)	(0,034)	(0,036)
Capital	0,323***	0,166***	0,182***
Desviación estándar	(0,079)	(0,045)	(0,050)
Rendimientos	1,051	0,908	0,95
Observaciones	858	2.712	2.228

*** $p < 0,01$

** $p < 0,05$

* $p < 0,1$

Fuente: elaboración propia.

Se observa una fuerte variabilidad en cuanto a las elasticidades producto de las materias primas y el capital. En particular, se encuentra que para el sector manufacturero del departamento del Quindío la elasticidad producto del capital es 0,323, frente a 0,166 de Risaralda y 0,182 de Caldas, lo que sugiere que la industria del Quindío se encuentra rezagada frente a la de sus pares. Por su parte, Gómez (2015) encuentra que las ponderaciones del capital han perdido representatividad paulatinamente dentro de los determinantes de la producción, ya que el empleo con cualificación ha ido ganando reconocimiento en la industria mundial con respecto al capital. Esto podría ir acorde con la introducción de nuevas tecnologías y los mejores mecanismos de capacitación y difusión del conocimiento práctico y de educación para el trabajo.

De acuerdo con Gómez Sánchez (2010), si se asume que la productividad del trabajo es una buena *proxy* de su cualificación (al menos en el sector de las manufacturas), se observa como los cargos organizacionales, de alta gerencia y operativos en general, los cuales, en términos generales, se asocian a cargos de personal con experiencia y mejor formación, pueden estar aportando en mayor medida a la elasticidad producto del trabajo en los departamentos de Caldas y Risaralda. En estos departamentos se observa que los rendimientos se encuentran más asociados al personal ocupado, presentando unos coeficientes de 0,346 y 0,527. respectivamente. Esto conduce a que este factor influya en mayor medida en la evolución de la PTF en estos departamentos.

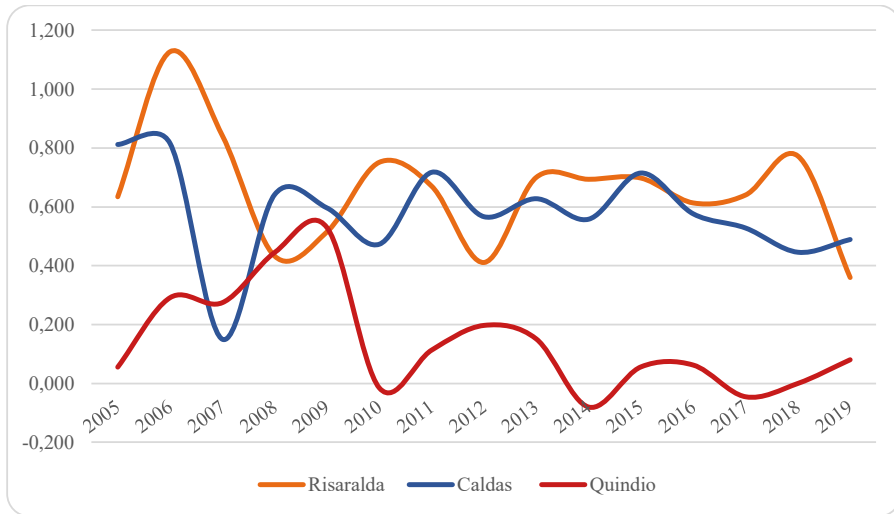
Además, se debe considerar el hecho de que los trabajadores mejor cualificados tienden a buscar posicionarse en ubicaciones con mejores remuneraciones, y oportunidades de ascenso (Balat y Casas, 2018). Esto hace que sea más difícil retener y aprovechar la mano de obra calificada en departamentos con bajos niveles de productividad y salarios más bajos. Sin embargo, dado que en Colombia los salarios son rígidos, esto puede ir en contra de la teoría.

De hecho, se ha encontrado que, en departamentos con mayor productividad, los salarios son más elevados por efectos inflacionarios. Así, el costo de la mano de obra reconoce este pulso al alza de los precios. Además, estos efectos se acentúan en el Eje Cafetero por cuenta de la facilidad de la movilidad de capitales y personas entre los tres departamentos de la región.

Por otra parte, cabe destacar el papel que representa la concentración sectorial en las industrias puede ofrecer beneficios a la hora de reducir costos de transacción con respecto a clientes y proveedores en un espacio determinado. Además, tal y como plantea Gómez (2015), las regiones más rezagadas en términos de producción y productividad parecen quedar atrapadas en sus propios círculos de bajo desarrollo, debido a que les es imposible formar las dinámicas necesarias para generar estímulos de largo plazo a su desarrollo productivo. No obstante, cada región puede encontrar sus propios nichos de mercado en las actividades en la que cuentan con una mayor especialización, incluso cuando sus dinámicas internas no parecen evolucionar de manera favorable a nivel agregado.

Así, la figura 1 muestra la evolución de la PTF estandarizada para cada uno de los departamentos del Eje Cafetero entre 2005 y 2019. Bajo esta escala, los valores menores a 0 no indican que la productividad sea negativa, sino que se estandariza. Por su parte, lo que se proyectan son desviaciones estándar por encima o debajo de la media durante el periodo de estudio. El departamento de Risaralda exhibe los niveles más altos de productividad de sus firmas con respecto a la media, seguido por el departamento de Caldas, el cual ha seguido una tendencia muy próxima. Sin embargo, el Quindío ha presentado un comportamiento menos favorable de sus firmas en torno a la media.

Figura 1. PTF estandarizada del sector manufacturero de los 3 departamentos del Eje Cafetero (2005-2019)

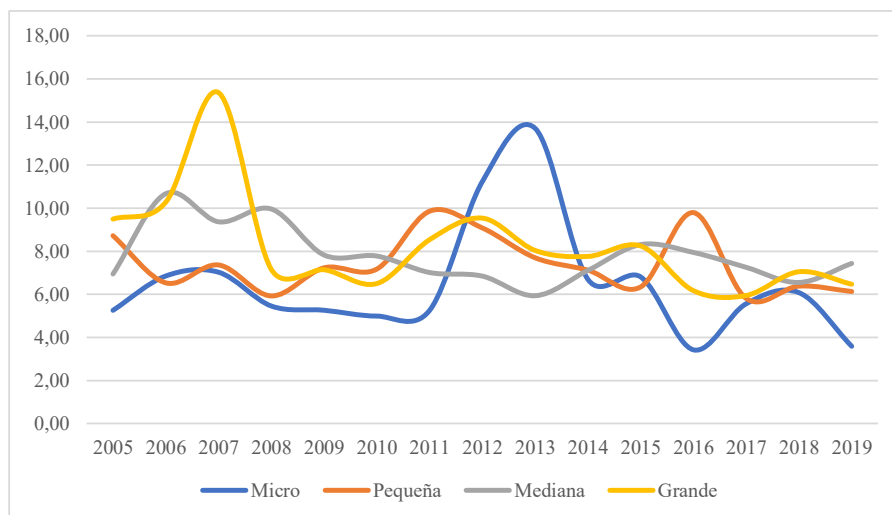


Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la figura anterior, hasta el año 2009 se evidencia una convergencia para el departamento del Quindío en términos de incrementos de la productividad que le permitió acercarse a Caldas y Risaralda, pero este progreso se interrumpió a partir del 2009, año en el cual las pérdidas de productividad se hicieron permanentes hasta el final de periodo muestral. Por otra parte, el comportamiento de la productividad en el departamento de Caldas fue similar al de Risaralda, a excepción de 2007-2008, periodo en el que Caldas experimentó crecimientos en su productividad frente a las caídas presentadas en Risaralda. En el periodo 2009-2010 el comportamiento se revierte, ya que la productividad de Risaralda crece, mientras la de caldas disminuye, evidenciando un breve periodo coyuntural con comportamientos disimiles en los dos departamentos.

En promedio, la productividad de Risaralda medida a través de elasticidades fue de 0,66 a lo largo del periodo de estudio. Esto posicionó a Risaralda como el departamento con una industria manufacturera más dinámica en términos de PTF. En segundo lugar, el departamento de Caldas se ubicó en un promedio de 0,58 y por último el Quindío con un índice de 0,14 (figura 2).

Figura 2. Evaluación de la PTF en la industria de Caldas por tamaño de empresa 2005-2019



Fuente: elaboración propia.

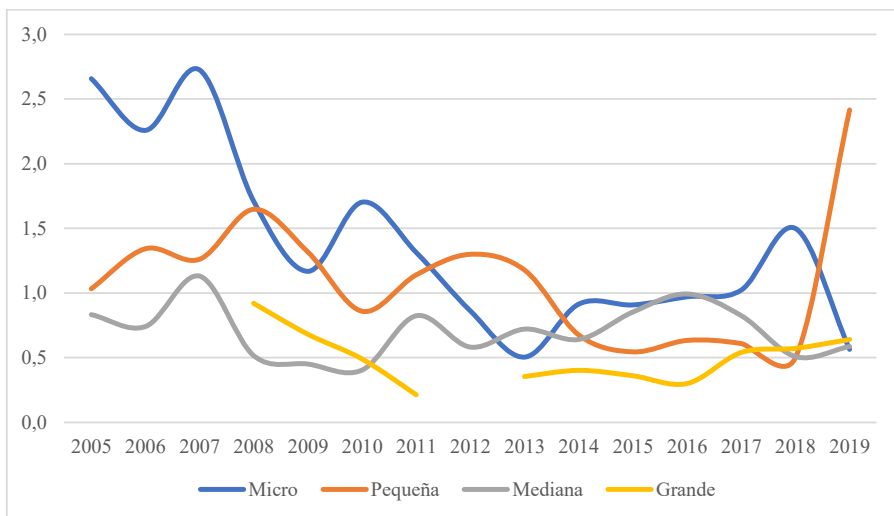
En lo referente al tamaño de la empresa de la industria caldense, el índice se ajustó de acuerdo con el número de trabajadores Ley 905 (2004), y se presenta un aumento de la PTF en función del tamaño de empresa, siendo las micro, pequeñas y medianas empresas un 21 %, 10 % y 5,32 % respectivamente menos productivas en promedio para el periodo muestral respecto a las grandes empresas. De acuerdo con Cohen y Klepper (1996), las firmas de mayor tamaño tienden a ser más eficientes en el uso de factores como consecuencia de la inversión en innovación, dado que disminuyen los costos por unidad producida basado en economías de escala, aunque también pueden existir desventajas en estas, asociadas a un sofoco creativo o una lenta respuesta a oportunidades.

En este contexto, Villarreal et al. (2014) afirman que es intuitivamente lógico suponer que las empresas grandes, que son las que atienden una porción mayor de la demanda del mercado, se verían más incentivadas a invertir en innovación para satisfacer un grupo de consumidores cada vez más exigentes. En contraste, las pequeñas y medianas empresa son de naturaleza adaptativa con una alta relevancia en los procesos dinámicos de aprendizaje incorporados en la experiencia productiva de la firma. Bajo estas condiciones las empresas tienden a ser menos competitivas debido a su menor productividad laboral, llevando a las firmas a pagar menores salarios por persona y contratar mano de obra de menor cualificación

con el fin de involucrarse en producciones de menor complejidad tecnológica (Hernández-Laos, 2007).

Además, la figura 3 muestra el comportamiento de la productividad por tamaño de empresa en el Quindío, en comparación con Caldas sigue una lógica inversa pues se evidencia una mayor productividad por firma cuanto más pequeñas son las empresas. Lo anterior sugiere que las estructuras productivas de los distintos departamentos determinan si la escala juega en favor o detrimento de evolución de la productividad al incurrir en mayores costos de ajustes que en ocasiones pueden ser difíciles de asumir.

Figura 3. Evaluación de la PTF en la industria del Quindío por tamaño de empresa 2005-2019



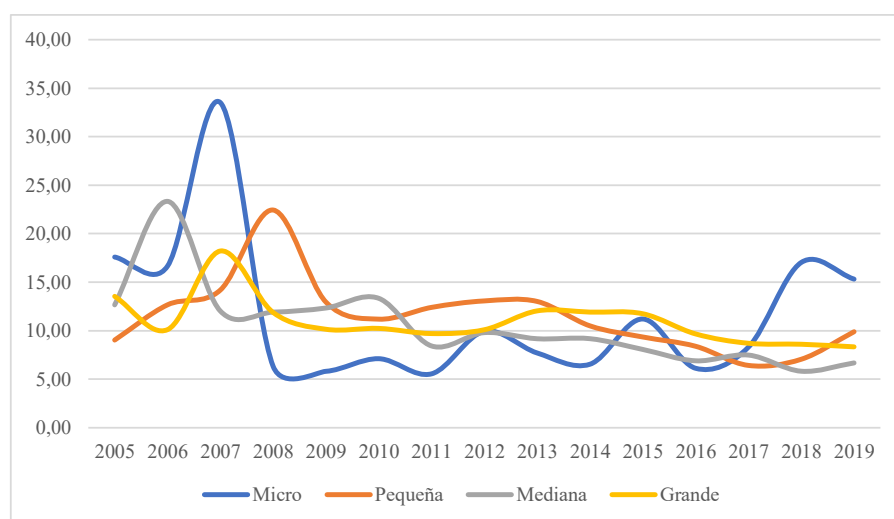
Fuente: elaboración propia.

En promedio, las empresas pequeñas, medianas y grandes son un 20,74 %, 48,88 % y 58,90 % respectivamente menos productivas que las microempresas. Esta discontinuidad en las grandes empresas puede ser explicada por la poca capacidad del departamento para dinamizar industrias de gran tamaño, pues hasta 2014 únicamente existían grandes empresas en la división de alimentación y otras industrias con un promedio de tres empresas por año para cada división. Posterior a esto, las divisiones de confección de prendas de vestir y muebles expandieron su tamaño de empresa con un promedio de tres firmas por periodo.

Por último, la figura 4 muestra la evolución de la productividad por tamaño de empresa en el departamento de Risaralda, el cual presenta la mayor productividad

respecto a los otros departamentos. Esto exhibe un comportamiento más homogéneo en relación con la productividad por tamaño de firma, contribuyendo de forma notoria a la productividad agregada, debido a que no existen grandes grupos de pequeñas empresas con productividad muy inferiores a las de las empresas de mayor tamaño, que tiendan a la baja los indicadores de productividad, aun cuando son condicionados de acuerdo con su participación el mercado.

Figura 4. Evaluación de la PTF en la industria de Risaralda por tamaño de empresa 2005-2019



Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Los estimadores obtenidos bajo el método semi paramétrico de Levinsohn y Petrin son significativos, consistentes y permiten obtener la PTF a nivel de planta a través del tratamiento de los residuos en la función de producción. Con la metodología empleada se superan los sesgos identificados en el análisis econométrico de las funciones de producción vía MCO, EF u otras técnicas econométricas estándar. Además, se superan las críticas basadas en los problemas de simultaneidad y endogeneidad al momento de estimar la PTF desde la econometría.

La productividad del sector manufacturero en la industria del Eje Cafetero ha evidenciado un comportamiento parcialmente homogéneo en Caldas y Risaralda. No obstante, el Quindío muestra un rezago en términos de la evolución de su productividad que lo ubica por debajo de la media de los demás departamentos.

Cabe destacar que la evolución de la productividad de 2005 a 2009 en el Quindío fue muy próxima a la de Caldas y Risaralda, indicando un periodo coyuntural de convergencia que se interrumpe debido a una dificultad para reajustar los factores productivos de forma eficiente después de un choque negativo.

Los resultados encontrados para Colombia indican que los periodos de crisis van acompañados de caídas en la productividad individual de los factores productivos que posteriormente se difuminan en el sistema económico por la dificultad de una reasignación y un flujo dinámico de los factores hacia los sectores donde más se requieren, lo cual va en línea con los resultados obtenidos para el departamento de Cauca, donde las caídas vertiginosas en la PTF posterior a la crisis de 1999 se asocian también con insuficiencias en la demanda agregada que afecta al sector y a la economía en general.

Por otro lado, siguiendo el tamaño de empresa, existe un comportamiento disímil para los tres departamentos con relación a su productividad. En Caldas se observa que las empresas más grandes tienden a ser más productivas, mientras que para Risaralda no existen diferencias muy marcadas entre tamaño de empresa. A pesar de ello, en el Quindío las pequeñas empresas exhiben niveles más altos de productividad en contraposición a lo encontrado para Caldas. Esto puede explicarse debido a la composición industrial heterogénea de los departamentos, ya que las estructuras productivas y sus distintas especializaciones pueden conllevar a diferentes equilibrios en los que las empresas grandes se estancan en productividad mientras las pequeñas asumen riesgos y adoptan mejoras en sus técnicas de reducción de costes.

Además, se encuentra que los rendimientos en la función de producción de los departamentos de Risaralda y Caldas parecen estar poco asociados al capital. Sin embargo, estudios posteriores pueden corroborar si existe una elasticidad mayor del capital de acuerdo con la actividad a partir de una función de producción ajustada por división industrial.

En suma, siguiendo los resultados obtenidos para Colombia, se sugiere que las políticas y las instituciones son relevantes para determinar las productividades en el ámbito nacional y regional, más aún en un contexto en el que los comportamientos del mercado en los diversos departamentos se presentan totalmente distintos y aun así están sometidos a políticas e instituciones rígidas que ignoran las diferencias y, por tanto, conducen a resultados desfavorables para las regiones que tienen más dificultades para cumplir las regulaciones dictadas de manera centralizada.

En el entorno regional, se puede afirmar que la diversidad productiva en los departamentos exhibe mejores comportamientos de PTF, mientras que una alta concentración de actividades industriales como es el caso del Quindío, dificultan las condiciones al departamento con el fin de desarrollar un fortalecimiento del tejido industrial que se sostengan en periodos de choques exógenos, siendo las micro y pequeñas empresas las menos preparadas ante una contracción en la demanda, pues cuentan con menos maniobrabilidad para ajustar sus costos, conllevando a una alta salida y entrada de empresas.

REFERENCIAS

- Abramovitz, M. (1956). Resource and output trends in the United States since 1870. *National Bureau of Economic Research*, 1-23. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c5650/c5650.pdf>
- Akerberg, D. C. (2015). Identification properties of recent production function estimators. *Econometrica*, 83(6), 2411-2451. <https://doi.org/10.3982/ECTA13408>
- Arimón, G. y Torello, M. (1997). *Productividad total de factores: revisión metodológica y una aplicación al sector manufacturero uruguayo*. Cepal. <https://hdl.handle.net/11362/28778>
- Armenta, J. (2022). Productividad total de los factores de las regiones de México. *Revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 24(3), 19-43. <https://doi.org/10.36390/telos243.07>
- Balat, J. y Casas, C. (2018). Firm productivity and cities: The case of Colombia. *Borradores de Economía*, (1032), 1-95.
- Barrandey, J. y Alarcón, M. (2023). Rentabilidad y Progreso Tecnológico en el Sector Manufacturero Mexicano: Análisis de Datos en Panel, 2004-2019. *Análisis económico*, (97), 93-110.
- Bloom, N. y Van Reenen, J. (2007). Measuring and Explaining Management Practices Across Firms and Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(4), 1351-1408. <https://doi.org/10.1162/qjec.2007.122.4.1351>
- Cobb, C. y Douglas, P. (1928). A Theory of Production. *The American Economic Review*, 18(1), 139-165. <https://www.jstor.org/stable/1811556>
- Cohen, W. y Klepper, S. (1996). Firm size and the nature of innovation within industries: The case of process and product R&D. *The Review of Economics and Statistics*, 78(2), 232-246. <https://doi.org/10.2307/2109925>
- Congreso de la República de Colombia. (1995, 17 de noviembre). Ley 218 de 1995. *Por la cual se modifica el Decreto 1264 del 21 de junio de 1994 proferido en desarrollo de la emergencia declarada mediante Decreto 1178 del 9 de junio de 1994 y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial n. ° 42.117. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0218_1995.html
- Congreso de la República de Colombia. (2004, 2 de agosto). Ley 905 de 2004. *Por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial n. ° 45.628. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=14501>

- Consejo privado de competitividad. (2017). Productividad: la clave del crecimiento para Colombia. <https://compite.com.co/proyecto/productividad/>
- Copeland, M. y Martin, M. (1938). The correction of wealth and income estimates for price changes. En C. o. Wealth (ed.), *Studies in Income and Wealth* (pp. 85-135). NBER. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c10563/c10563.pdf>
- Correa, F. (2022). *Productividad comparada de las empresas de la economía social en Chile*. Cepal.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (Marzo de 2020). *Productividad total de los factores año base 2015*. Recuperado el 9 de 5 de 2020, de dane.gov.co: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/productividad/bol-PTF-productividad-total-factores-2020.pdf>
- Echavarría, J. J., Arbeláez, M. A. y Rosales, M. F. (2006). La productividad y sus determinantes: el caso de la industria colombiana. *Desarrollo y Sociedad*, 77-122. <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/5392>
- Echavarría, J. J., Giraldo, I. y Jaramillo, F. (2019). Protección y productividad en la industria Colombiana, 1993-2011. *Borradores de Economía*, (1082). <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/9715>
- Fernández Xicoténcatl, R. I., Almagro Vázquez, F. y Terán Vargas, J. (2013). Un análisis de la productividad total de los factores ampliada en la industria manufacturera de México. *Investigación Administrativa*, (112), 51-63.
- García, G. y Fuentes, J. R. (2014). Una mirada desagregada al deterioro de la productividad en Chile: ¿existe un cambio Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología estructural? *Economía chilena*, 17(1), 4-36.
- Gómez Sánchez, A. M. (2010). Productividad multifactorial del sector manufacturero del Cauca 1993-2006. *Sociedad y Economía*, 1(20), 243-265. https://sociedadyeconomia.univalle.edu.co/index.php/sociedad_y_economia/article/view/4067
- Gómez, L. M. (2015). Diferencias en la evolución de la productividad regional en la industria colombiana: un análisis sectorial a partir de fronteras estocásticas de producción time varying: 1992-2010. *Desarrollo y Sociedad*, (75), 101-152. <https://doi.org/10.13043/dys.75.3>
- Grazzi, M. y Pietrobelli, C. (eds.). (2016). *Firm innovation and productivity in latin america and the caribbean*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Grazzi, M, Pietrobelli, C. y Szirma, A. (2016). Determinants of Enterprise Performance in Latin America and the Caribbean . En I. A. Development (ed.), *Firm Innovation and Productivity and Latin America and The Caribbean* (pp. 317-324). BID.
- Griliches, Z. (1996). The discovery of the residual: an historical note. *Journal of economic literature*, 34, 1324-1330.
- Gujarati, D. N. y Porter, D. C. (2009). *Econometría*. McGraw Hill.
- Hall, R. y Jones, C. (1999). Why do some countries produce so much more output per worker than others. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(1), 83-116. <https://web.stanford.edu/~chadj/HallJonesQJE.pdf>

- Hernández-Laos, E. (2007). La productividad multifactorial: conceptos, medición y significado. *Economía: Teoría y práctica*, (26), 31-67. <https://doi.org/10.24275/ETYPAM/NE/262007/Hernandez>
- Hulten, C., Dean. E. R. y Harper, M. (2001). *New Developments in Productivity Analysis*. University of Chicago .
- Levinsohn, J. y Petrin, A. (2003). Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables. *The review of Economic Studies*, 70(2)317-341. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00246>
- Marschak, J. y Andrews, M. (1944). Random Simultaneous Equations and the Theory of Production. *Econometrica*, 12(3), 143-205.
- Monsalve, S. (2017). *Análisis bajo equilibrio parcial*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Nicholson, W. (2008). *Teoría Microeconómica*. Cengage Learning Editores.
- Olley, S. y Pakes, A. (1996). The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry. *Econometrica*, 64(6), 1263-1297. <https://doi.org/10.2307/2171831>
- Parente, S. y Prescott, E. (1994). Barriers to technology adoption and development. *Journal of Political Economy*, 102(2), 298-321. <https://www.jstor.org/stable/2138663>
- Racine, J. S. (2008). *Nonparametric Econometrics: A primer*. Foundations and Trends in Econometrics.
- Restuccia, D. y Rogerson , R. (2013). Misallocation and productivity. *Review of Economic Dynamics*, 16(1), 1-10.
- Solow, R. (1957). Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, 39(3), 214-321.
- Vázquez Rojas, A. M., Rodríguez Juárez, E. y González Gómez, D. X. (2016). Un análisis de la productividad manufacturera en el estado de Hidalgo. *Revista Cimexus*, XI(2) 13-28.
- Vergara, R. y Rivero, R. (2006). Productividad sectorial en Chile: 1986-2001. *Cuadernos de economía*, 43(127), 143-168. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-68212006000100005
- Villalobos, V., Angelo, D., Molero, O., Leobaldo , E., Castellano , M. y Gregorio, A. (2021). Análisis de la productividad total de los factores en América del Sur en el período 1950-2014. *Lecturas de Economía*, (94), 127-163. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n94a341253>
- Villarreal, N. F. Lucio-Arias, D., Albis, N. y Mora, H. (2014). Determinantes de la innovación y la productividad en la industria manufacturera colombiana por tamaño de firma. *Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología*, 16(31), 1-48. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-59962014000200011