

# Análisis de la eficiencia técnica de las empresas manufactureras en Villavicencio (Colombia)

Jennifer Katherine Avendeño Mancera<sup>1</sup>, Juan Andrés Cardona Candamil<sup>2</sup>, Gabriel Alfredo Torres-Rodríguez<sup>3</sup>, Rafael Ospina Infante<sup>4</sup> & Javier Díaz Castro<sup>5</sup>

Universidad de los Llanos - Colombia



**Para citaciones:** Avendeño Mancera, J., Cardona Candamil, J., Torres Rodríguez, G., Ospina Infante, R., & Díaz Castro, J. (2022). Análisis de la eficiencia técnica de las empresas manufactureras en Villavicencio (2008 – 2018). *Panorama Económico*, 30(3), 164-187. DOI: <https://doi.org/10.32997/pe-2022-4215>

**Recibido:** 28 de mayo de 2022

**Aprobado:** 30 de junio de 2022

**Autor de correspondencia:**

Jennifer Katherine Avendeño Mancera  
[Economista.avendano@gmail.com](mailto:Economista.avendano@gmail.com)

**Editor:** Andrés Escobar E. Universidad de Cartagena-Colombia.

**Copyright:** © 2022. Avendeño Mancera, J., Cardona Candamil, J., Torres Rodríguez, G., Ospina Infante, R., & Díaz Castro, J.. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> la cual permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre y cuando que el original, el autor y la fuente sean acreditados.



## RESUMEN

La industria es un sector central para el desarrollo económico de una región debido al progreso tecnológico que incorpora y el efecto multiplicador que tiene en la economía. Este artículo se propone analizar el comportamiento de la eficiencia técnica de las empresas manufactureras de la ciudad de Villavicencio (Meta) para realizar algunas aproximaciones teóricas y empíricas y comparaciones entre 9 ciudades colombianas. Este es un estudio cuantitativo, que utiliza el método no paramétrico de Análisis Envolvente de Datos (DEA) para estimar la eficiencia técnica a partir de las cifras de la Encuesta Anual Manufacturera que realiza el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Se toman tres inputs: salarios del personal permanente, consumo intermedio y activos fijos; y como output el valor de las ventas. Se encuentra que la eficiencia técnica de las empresas de Villavicencio ha crecido los últimos años, producto de ajustes en los activos fijos y los salarios del personal, y su tasa de crecimiento anual ha sido más alta que el de las 9 ciudades analizadas. Se concluye que la mayor eficiencia está vinculado a la flexibilidad de las empresas para ajustar sus factores a los niveles de producción.

**Palabras clave:** Análisis de Datos; Eficiencia técnica; Industria; Factores productivos.

**JEL:** L10, L23, L60

## Technical efficiency of manufacturing firms in Villavicencio (Colombia)

## ABSTRACT

The manufacturing sector is central for the economic development of a region given the technological progress it incorporates and the multiplier effect it has on other economic sector. This article aims to analyze the behavior of the technical efficiency of firms located in Villavicencio (Meta). In addition, the empirical approach allows comparing with other 9 capital cities in Colombia. This is a quantitative, non-experimental, longitudinal study and

<sup>1</sup> Economista, Especialista en Finanzas Públicas. Directora de Planeación Socioeconómica, Secretaría de Planeación, Alcaldía de Villavicencio.

<sup>2</sup> Administrador de Empresas. Profesional de Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

<sup>3</sup> Economista, Especialista en Econometría. Consultor Centro de Estudios de Desarrollo de la Orinoquia-CEDRO (Villavicencio). Investigador Observatorio del Territorio Universidad de los Llanos. Asesor Coordinación General Organización Nacional de los Pueblos Indígenas de la Amazonia Colombiana (OPIAC).

<sup>4</sup> Administrador de Empresas, Magister en Mercadeo, Magister en Administración de Negocios. Profesor Tiempo Completo Universidad de los Llanos.

<sup>5</sup> Administrador de Empresas, Magister en Economía, Dr. en Economía y Gestión Empresarial. Profesor Tiempo Completo Universidad de los Llanos.

trend design that uses the non-parametric method of Data Envelopment Analysis (DEA) to estimate technical efficiencies using the Annual Manufacturing Survey carried out by the National Statistical Office (DANE). We identify three inputs: permanent staff salaries, intermediate consumption, and fixed assets; and as output the value of sales. Technical efficiency of Villavicencio businesses has grown in recent years, as result of adjustments in fixed assets and staff salaries, and their annual growth rate has been higher when compared to other cities. We conclude that the achievement of greater efficiency is linked to the flexibility of companies to adjust their factors to production levels.

**Keywords:** Data Analysis; Technical Efficiency; Industry; Productive Factors.

---

## INTRODUCCIÓN

El sector industrial es uno de los principales motores de desarrollo económico de un país, pues a través de la combinación de factores, la diversificación productiva, el conocimiento científico acumulado y el aprendizaje práctico, incorpora progreso tecnológico, genera valor agregado para la economía, cualifica la mano de obra y aumenta directa o indirectamente la productividad de las empresas (Ortiz & Uribe, 2012). Todos los logros del sector industrial tienen efectos de arrastre en la economía y se han identificado en la literatura del desarrollo como motores del crecimiento económico (Hirschman, 1958; Kaldor, 1961; Prebisch, 1961). Así pues, la hipótesis industrialista prevé que los países con economías emergentes pueden acelerar su crecimiento económico si desarrollan sus fuerzas productivas y núcleos tecnológicos, incluso en contextos de apertura económica (Ortiz & Uribe, 2012). De estos planteamientos surge la necesidad de estudiar el desempeño del sector industrial.

La eficiencia técnica es una variable que refleja el desempeño relativo de la industria y tiene un papel central en el crecimiento de la productividad total de los factores y el crecimiento económico (Valderrama et al., 2015). Específicamente, se refiere a la capacidad que tiene una empresa para generar la mayor cantidad de producción, dado un grupo de insumos (Farrell, 1957). En este sentido, el estudio del nivel de eficiencia en el uso de los recursos en esta actividad es clave para comprender el nivel de progreso de una región.

Los modelos de crecimiento han tenido diferentes enfoques para la eficiencia: por un lado, los modelos neoclásicos promueven la eficiencia a partir de las fuerzas del mercado y las ventajas comparativas estáticas (Cass, 1965; Koopmans, 1963; Ramsey, 1928; Solow, 1956), lo que ha llevado a los países a especializarse en lo que mejor saben hacer y que ha concluido en la tesis de que los países desarrollados deben proveer maquinaria, semillas mejoradas, insumos industriales y medicinas a los países menos desarrollados, a cambio de materias primas, combustibles fósiles y productos agrícolas. Por otro lado, los modelos

estructuralistas promueven la eficiencia a través de un proceso más lento en el que dichas ventajas comparativas no están dadas y pueden adquirirse a través de la diversificación de su industria manufacturera, la organización social del proceso de industrialización, la madurez estructural y la transición paulatina a la producción de bienes de capital y de alta intensidad tecnológica; lo que requiere la intervención y la organización estatal (Chenery et al., 1986; Hirschman, 1958; Landes, 1998; Leontief, 1963; Prebisch, 1961).

En Colombia se han vislumbrado los efectos de estos modelos de crecimiento visible en una leve y definida tendencia de aceleración de la economía entre los años 30 y 70 y posteriormente una tendencia de desaceleración económica desde los años 80, producto del cambio progresivo de un modelo de desarrollo industrialista hacia un modelo de apertura neoliberal (Ortiz, 2016; Ortiz & Uribe, 2012). El nuevo modelo adoptado paulatinamente a partir de los años 80 ha inducido en el país la desindustrialización, visible en una pérdida de participación del sector manufacturero en el producto nacional, aumento de las importaciones de maquinaria, una mayor explotación y exportación de productos primarios, tercerización de actividades de baja productividad y uso de tecnología y una menor innovación en el sector industrial (Caro, 2015a; Ortiz & Uribe, 2012; Sanabria, 2007). Adicional a esto, el modelo neoliberal adoptado ha aumentado la desigualdad, ha precarizado el empleo y menores niveles de participación laboral (Caro, 2015b; Ortiz & Uribe, 2012).

Bajo este marco de decrecimiento industrial de los últimos 40 años, se realiza el análisis de eficiencia técnica de la industria manufacturera del departamento del Meta. Este sector representó para el año 2018 el 0.7% del PIB industrial colombiano; 0.1% menos que en el año 2005, lo que evidencia el retroceso de la industria del Meta respecto las demás regiones (DANE, 2020). Dentro del mismo departamento, entre el año 2017 y 2018 la producción de la industria creció el 1.6% ubicándose en 683 mil millones de pesos constantes y representó el 2.3% del PIB departamental (DANE, 2020). Esta participación ha venido disminuyendo a lo largo de los años, puesto que en el año 2005 el peso de la industria era del 6% del PIB del Meta, lo cual obedece a una reducción del ritmo de crecimiento del sector de una tasa promedio anual del 3.4% entre el año 2005 y 2012 a una tasa del -1% entre el año 2013 y 2018 (DANE, 2020). Esta pérdida de dinamismo del sector industrial del departamento en mención conduce a cuestionar la forma como se combinan los factores productivos y plantear la pregunta: ¿Cuál es el nivel de eficiencia técnica de las empresas manufactureras existentes en la ciudad de Villavicencio para el periodo 2008 - 2018?

El análisis envolvente de datos (DEA) es una de las dos herramientas principales que se utilizan en la medición de la eficiencia técnica, junto con el análisis de frontera estocástica (SFA) (Dia et al., 2020). El DEA es un enfoque de programación matemática no paramétrica usado para estimar las fronteras de

eficiencia de los procesos de transformación de múltiples entradas y múltiples salidas y se le ha reconocido como una herramienta práctica y moderna para evaluar la eficiencia productiva de un conjunto de Unidades de Toma de Decisiones (DMU) (Emrouznejad & Yang, 2018; Wohlgemuth et al., 2020). Por ello, este método de estimación tiene relevancia empírica a la hora de medir la eficiencia técnica del sector industrial.

En Colombia, la aplicación del DEA es escasa y se ha centrado en la estimación de la eficiencia de empresas del sector de Administración pública y defensa, planes de seguridad social de afiliación obligatoria, el 7% de los estudios se han hecho en industrias manufactureras y ninguno para la ciudad de Villavicencio, Meta (Pineda et al., 2017). Esto revela la importancia de la investigación como aporte al campo de estudio y la utilidad de los resultados para mejorar el desempeño del sector industrial de este departamento, y específicamente, en Villavicencio.

El objetivo del presente artículo fue analizar el comportamiento de la eficiencia técnica de las empresas manufactureras de la ciudad de Villavicencio (Meta) para realizar algunas aproximaciones teóricas y empíricas y comparaciones con principales ciudades colombianas. Esto se realiza por medio del Análisis Envoltante de Datos (DEA, siglas en inglés), como método no paramétrico de estimación de la eficiencia técnica a partir de las cifras de la Encuesta Anual Manufacturera que realiza el DANE, tomando tres inputs: salarios del personal permanente, consumo intermedio y activos fijos; y como output se tomó el valor de las ventas (De Jorge & Díaz, 2018).

En este artículo se lleva a cabo, en primer lugar, la revisión de literatura que sustenta la investigación; en segundo lugar, la metodología de investigación y de estimación de la eficiencia técnica; en tercer lugar, los resultados del comportamiento de la eficiencia técnica manufacturera de Villavicencio y su comparación con las principales ciudades colombianas. Al final, se realiza la discusión de los hallazgos y se obtienen conclusiones.

## **1. Revisión de literatura**

La eficiencia técnica implica maximizar el nivel de productos que se pueden obtener con una combinación determinada de insumos (Fuente et al., 2020). Este es uno de los indicadores de análisis del proceso de transformación dentro de la industria y compara el desempeño productivo de la empresa con el mejor desempeño observado en el sector, es decir, permite evaluar qué tan bien una unidad organizativa transforma sus entradas en salidas (Norman & Stoker, 1991; Wohlgemuth et al., 2020). La eficiencia tiene un papel central en el crecimiento de la productividad total de los factores y el crecimiento económico (Valderrama

et al., 2015), por lo tanto, los resultados de su análisis permite entender la dinámica de crecimiento del sector y de una región.

Farrel (1957) estableció el concepto de eficiencia técnica como la maximización de la producción (output), dados unos factores que se utilizan en el proceso de transformación (inputs). Este trabajo seminal se aproxima a la medición de la eficiencia teniendo en cuenta la frontera de posibilidades de producción y sienta las bases conceptuales y metodológicas del cálculo de la eficiencia empírica a partir de observaciones de las unidades productivas utilizando datos de los insumos empleados y los productos generados. Este es un concepto de eficiencia relativa, como aquella que se obtiene en referencia a la conseguida por otras unidades productivas.

A partir de estos aportes, Charnes et al. (1978) plantearon el Análisis Envolvente de Datos (DEA) como una metodología que toma indicadores de entrada y salida en la evaluación de la eficiencia de programas de educación. A pesar de algunas limitaciones, los autores introdujeron ponderaciones en precios y costos a las funciones de eficiencia y afirmaron que la metodología es aplicable a determinados programas públicos, donde los tomadores de decisiones deban evaluar logros o conservar recursos entre diferentes programas. Teniendo en cuenta lo anterior, Banker (1980) concluyó que la combinación de juegos y programación lineal pueden alimentar la toma de decisiones bajo simulaciones de eficiencia.

Posteriormente, Charnes & Cooper (1980) continuaron profundizando en la aplicación de DEA en programas que no tenían fines de lucro y concluyeron que es una herramienta muy útil cuando no se busca comprobar alguna teoría de producción, para evaluar la eficiencia de programas que no están sujetos al mercado y la competencia entre entidades, o donde el mercado y sus características no son una alternativa viable. Con estos avances, el DEA se empezó a generalizar para estudiar la eficiencia en ámbitos educativos, estudiando las escuelas como empresas que tienen insumos y productos y se discuten mejoras en la estimación teniendo en cuenta nuevas ponderaciones o los contextos en los que se pueden usar o no, dada la variación de insumos y productos en los diferentes programas (Bessent et al., 1982; Bessent et al., 1983).

Por lo general, la programación lineal se utilizaba en ámbitos de la planificación; sin embargo, con la implementación del DEA se logró obtener una evaluación ex post de lo planificado y ejecutado, ya sea un programa público o una estrategia empresarial. Sobre esto Banker et al. (1984) desarrollaron diferentes modelos que permitían entender la ineficiencia técnica y de escala al introducir una nueva variable que permitía saber si la operación se realizó en una fase de crecimiento, rendimientos a escala constantes, también teniendo en cuenta múltiples entradas y salidas en el modelo. Lo anterior, otorgó cierta flexibilidad al DEA para su

aplicación en diferentes contextos de asignación de recursos, que han mostrado un desempeño en distintos niveles (crecimiento y rendimientos a escala constantes).

En los años 90 se empezaron a aplicar modelos DEA en diferentes sectores: en el sector agrícola en el estado de Kansas (Thompson et al., 1990), en la industria de abarrotes de Reino Unido (Athanassopoulos & Ballantine, 1995) y firmas minoristas y cadenas de restaurantes de Reino Unido (Athanassopoulos, 1995). Esto demostró la utilidad del DEA para analizar el desempeño de sectores productivos y de transformación.

Dentro de esta misma década, Andersen & Petersen (1993) crearon un procedimiento alternativo dentro del DEA para clasificar unidades eficientes, o que les permitió desarrollar un método de clasificación denominado súper-eficiencia, el cual posibilita la evaluación y clasificación las Unidades de Toma de Decisiones (DMU), cuestión que abrió la puerta para comparar las estimaciones no paramétricas realizadas por el DEA con modelos paramétricos.

Con la capacidad computacional avanzada en la década del 2000, aparecen aplicaciones combinando métodos de mayor eficiencia en términos de cálculo y cómputo, y la estimación de modelos paramétricos subyacentes. Así, McDonald (2009) estimó mediante modelos de mínimos cuadrados ordinarios y Tobit el DEA de segunda etapa y encontró que el modelo Tobit no es adecuado en ningún punto, mientras que los mínimos cuadrados ordinarios muestran consistencia. Así mismo, Selim & Bursalioglu (2013) aplicaron un modelo de panel Tobit con el fin de observar los efectos de ciertos factores sobre la eficiencia.

En la práctica, existen diversas formas de medir la eficiencia; sin embargo, estas metodologías han sido agrupadas en modelos paramétricos y no paramétricos. Ambas tipologías tienen sus fortalezas y debilidades, por lo tanto, su elección dependerá de la naturaleza de la problemática a estudiar. Los modelos paramétricos deben realizar supuestos respecto a la función de producción y a la frontera eficiente, mientras que los modelos no paramétricos, por su estructura, no tienen esta desventaja (Rodríguez, 2011). Dentro de los modelos paramétricos, los modelos más utilizados para estudios sobre eficiencia son el método de Máxima Verosimilitud, método de Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregidos (MCOC), Enfoque Determinista y el Método de Frontera Estocástica (SFA por sus siglas en inglés). De igual manera, los modelos no paramétricos más utilizados son el Free Disposal Hull (FDH) y Data Envelopment Analysis (DEA). Existen varias razones para seleccionar una técnica no paramétrica como el DEA en contraste con una técnica paramétrica como el método de regresión, debido que en la segunda se evalúan las desviaciones desde el promedio del rendimiento, mientras que el DEA se refiere a las desviaciones de lo superior representadas por la frontera de producción (Rodríguez, 2011).

Con los años, el DEA se ha convertido en una herramienta ampliamente aplicada dentro de la comunidad científica y traspasó las fronteras de la ciencia económica y ciencias sociales. Recientemente, el DEA se aplica en áreas de estrategia empresarial, sector financiero, innovación, cadenas de suministro, eficiencia en administración ambiental, eco eficiencia, sistemas de salud, y todos aquellos ámbitos que requieran medición de eficiencia para toma de decisiones y ajuste de estrategia en la administración de una amplia gama de recursos.

Las aplicaciones más recientes del DEA en el sector industrial se han vinculado a la eficiencia de la innovación tecnológica verde (Luo et al., 2019), la ecoeficiencia y la compensación medioambiente y crecimiento económico (Shao et al., 2019) y la eficiencia energética, la eficiencia en contaminación ambiental y la eficiencia en salud humana (Shi et al., 2020). En estas investigaciones se ha encontrado que el progreso tecnológico, la promoción de la eficiencia tecnológica y el desarrollo ambiental, han incrementado la eficiencia de la innovación en tecnología verde y la ecoeficiencia, principalmente en los fabricantes de equipos de computación y comunicaciones, el tratamiento de aguas residuales, electricidad, producción y suministro de gas (Luo et al., 2019; Shao et al., 2019). Además, se hizo una comparación internacional en 33 países de la eficiencia de la innovación mediante el DEA, donde se concluyó que Irlanda es el país más eficiente dadas sus fortalezas en los insumos institucionales, humanos y de infraestructura, sofisticación del mercado y sofisticación empresarial (Zamora & Favila, 2018).

En Latinoamérica, se ha evaluado la eficiencia y productividad de las Pymes manufactureras ecuatorianas mediante el DEA, encontrando que existe ineficiencia en la mayoría de sectores analizados (alimentos, construcción, gráfico, maderero, metalmecánico, químico y textil), siendo la construcción el que tiene una eficiencia marcadamente baja (Pumisacho & Alvarado, 2018).

En medianas empresas manufactureras de este mismo país, se encontró que más del 67% de estas organizaciones trabaja con eficiencias superiores al promedio del sector, lo que indica el alto grado de uso de la capacidad instalada (Ibujés, 2019). Mientras tanto, en México se analizó la eficiencia técnica de la industria automotriz en diferentes ciudades, logrando la clasificación de aquellas ubicadas en la frontera de eficiencia, aquellas con trayectoria ascendente en el tiempo y aquellas con un comportamiento variable (Santos et al., 2019). En el sector de alimentos, bebidas y tabaco se encontró que las industrias de México y Brasil fueron ineficientes, mientras que algunas ramas industriales de Estados Unidos y Canadá fueron más cercanas a la frontera de eficiencia (Torres et al., 2018).

A nivel internacional, la eficiencia técnica de las empresas manufactureras varía según el país, tamaño de las empresas, su actividad principal y su enfoque hacia la eficiencia tecnológica y ambiental.



En Colombia, se ha encontrado que las empresas manufactureras tienen un nivel de eficiencia cercano al 33% teniendo en cuenta insumos de capital y trabajo y el 83.6% de estas empresas opera con niveles de eficiencia por debajo de la mitad del potencial de su sector respectivo (Delgado, 2019). El DEA también ha sido utilizado en el análisis del proceso de fabricación de puertas de una empresa metalmecánica, hallando que el 81% de los procesos fueron ineficientes y dejando en evidencia la necesidad de intervenir el proceso de soldadura para iniciar un proceso de mejora continua (Fernández et al., 2020). En el país, el DEA se ha utilizado para analizar la eficiencia técnica del sector manufacturero sin reconocer las diferencias entre ciudades o para casos específicos intra-empresa.

## 2. Materiales y métodos

La investigación se ubica en un enfoque cuantitativo de tipo no experimental, de alcance longitudinal y diseño de tendencia, puesto que analiza los datos de la Encuesta Anual Manufacturera del DANE entre los años 2008 y 2018, para estimar la eficiencia técnica de las empresas manufactureras de Villavicencio (Meta) mediante el método DEA y comparar su evolución con las principales ciudades de Colombia. Esta fuente de información consigna datos periódicos del sector que permite realizar análisis de la evolución a través del tiempo de las empresas.

Se analizó y filtró la base de datos para obtener 27 empresas de Villavicencio que habían perdurado para el periodo 2008 – 2018. Estas empresas se distribuyeron en 6 subsectores: elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal (37%), otros productos alimenticios (productos farináceos, confitería y platos preparados) (11.1%), elaboración de productos de molinería (22.2%), panadería (3.7%), otros productos minerales no metálicos (arena, gravilla, piedra o arcilla) (11.1%) y otras industrias manufactureras (joyas, bisutería y artículos conexos) (14.8%). Mientras tanto, la comparación de la eficiencia técnica se realizó con 356 empresas ubicadas en 8 ciudades colombianas, cuyo Índice de Competitividad de Ciudades (ICC) fue comparable con el de Villavicencio (4.52) (Consejo Privado de Competitividad, 2019), a saber: Armenia (5.05), Cúcuta (4.3), Ibagué (4.41), Manizales (5.70), Neiva (5.04), Pasto (4.95), Popayán (5.11) y Tunja (5.58).

La estimación de la eficiencia técnica se realizó por medio del método DEA, el cual es un modelo de programación matemática, no paramétrico, que estima la eficiencia relativa de un grupo de unidades, agentes u organizaciones que toman decisiones (conocidas como DMU por sus siglas en inglés), y establece un nivel de desempeño de las unidades respecto a la transformación de inputs y outputs.

Así, se obtiene un índice de eficiencia para cada DMU igual al 100% si esta es eficiente y  $DMU < 100\%$  si es ineficiente. Los indicadores son obtenidos mediante el estudio referencial del conjunto compuesto por las unidades involucradas en



el análisis, mediante sucesivas comparaciones. Por esto último se dice que el indicador es relativo (no absoluto).

En términos matemáticos, Charnes et al. (1978) plantearon el modelo matemático de las ecuaciones 1 y 2 para estimar la eficiencia técnica desarrollando un análisis de frontera:

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s U_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i x_{io}} \quad (1)$$

Sujeto a

$$\frac{\sum_{r=1}^s U_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i x_{ij}} \leq 1 \quad (2)$$

Donde  $h_0$  es el indicador de eficiencia técnica de empresa analizada  $o$ ;  $s$  es la cantidad de variables de salidas (outputs) que se incluyen;  $m$  la cantidad de variables de entradas (inputs) que se incluyen;  $U_r$  el peso vinculado a la  $r$ -ésima variable de salidas;  $y_{ro}$  la cantidad de la  $r$ -ésima variable de salida de la empresa analizada  $o$ ;  $V_i$  el peso vinculado a la  $i$ -ésima variable de entradas;  $X_{io}$  la cantidad de la  $i$ -ésima variable de entradas en la empresa analizada  $o$  y  $j$  el número de empresas estudiadas.

Aplicando estas formulaciones al objeto de estudio, la eficiencia técnica se estimó teniendo en cuenta tres variables de entrada (inputs): salarios del personal, activos fijos y consumos intermedios; y una variable de salida (output): valor de las ventas. Lo anterior, se sustenta en la estrategia metodológica utilizada por De Jorge & Díaz (2018).

### 3. Resultados

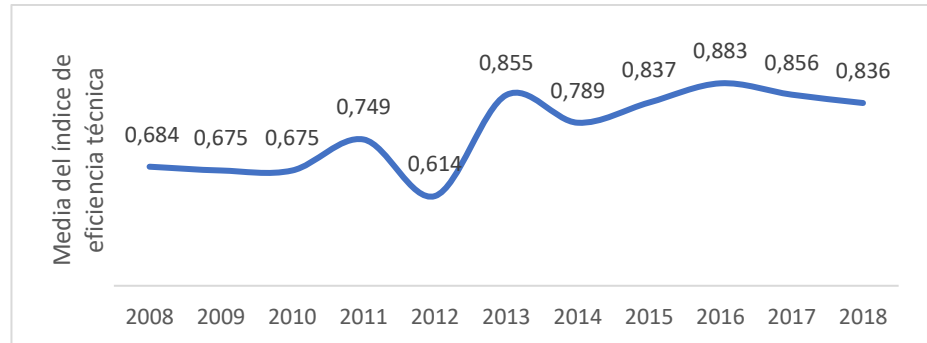
Los resultados de las estimaciones realizadas con el método DEA se analizan en dos subsecciones. Por un lado, se estudia el comportamiento de la eficiencia técnica de las empresas del sector manufacturero de Villavicencio teniendo en cuenta sus subsectores y la tendencia observada en el periodo. Por otro lado, se realiza un análisis comparativo de la eficiencia técnica promedio de la capital del departamento del Meta con este mismo indicador de ocho ciudades de Colombia, enfatizando en el comportamiento tendencial del periodo.

#### 3.1 Análisis del comportamiento de la eficiencia técnica de la industria manufacturera de Villavicencio, 2008 – 2018

El estudio de la eficiencia técnica de las empresas del sector industrial de Villavicencio (Meta) para el periodo 2008 - 2018 indica que el sector ha sido ineficiente, pues su índice de eficiencia promedio ha estado por debajo de 1 (ver figura 1). Esto significa que, en comparación con las empresas que se encuentran en la frontera de eficiencia, es posible obtener el mismo nivel de producción y

ventas con una reducción de los factores productivos utilizados o usar de forma más eficiente los recursos actuales para aumentar las ventas.

**Figura 1.** Media de la eficiencia técnica de las empresas manufactureras de Villavicencio, periodo 2008 – 2018.

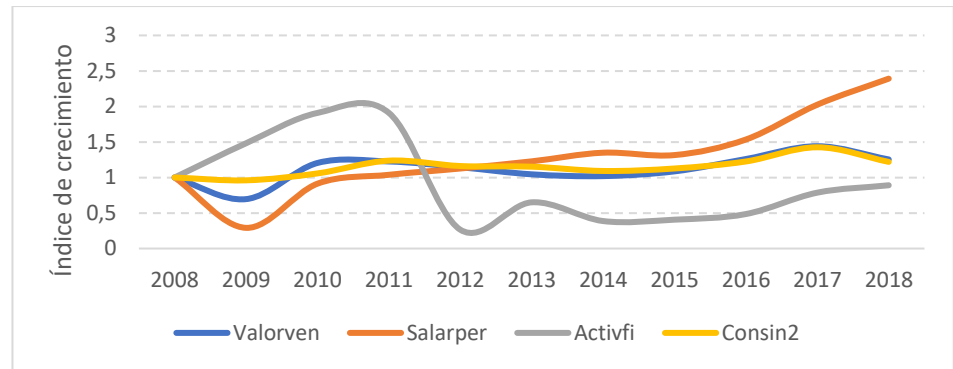


**Fuente:** Elaboración propia. Cálculos a partir de la EAM – DANE.

La figura 1 evidencia que la ineficiencia estimada del sector fue baja entre los años 2008 y 2012 manteniéndose entre el 60% y el 75%, para luego crecer y fluctuar entre el 78% y el 89% durante el periodo 2013 y 2018. Esto demuestra un aumento en la eficiencia técnica del sector manufacturero estudiado durante la segunda mitad del periodo.

Este comportamiento estuvo acompañado de un crecimiento promedio de la producción del sector del 3.5% durante el 2008 - 2012, frente a una disminución promedio de la producción en un -1% entre el 2013 y 2018 (DANE, 2020). Mientras tanto, se puede observar en la figura 2 que a partir del año 2012 el valor de los activos fijos disminuyó drásticamente para mantenerse en un índice de crecimiento por debajo del alcanzado en años anteriores. Paralelamente, la utilización de mano de obra (salarios del personal) aumentó desde el año 2010 y más pronunciado entre 2017 y 2018, hasta llegar a un índice de 2.39 en el último año, un crecimiento de más del doble del valor pagado en salarios durante el año 2008 (ver figura 2). En este sentido, frente a los menores niveles de producción logrados en la segunda mitad del periodo de estudio, las empresas estudiadas ganaron eficiencia desde el año 2013 debido a que, pese al aumento de los salarios del personal, redujeron la cantidad de activos fijos utilizados.

**Figura 2.** Índice de crecimiento de los inputs y outputs de las empresas manufactureras de Villavicencio, periodo 2008 – 2018.



Fuente: Elaboración propia. Cálculos a partir de la EAM – DANE.

Una visión sectorizada del análisis permite identificar que el aumento de las ventas y de los salarios del personal de la industria que se observan entre el año 2016 y 2018 (ver figura 2), pertenecen principalmente al subsector de panadería, el cual alcanzó índices de crecimiento de 13.92 para las ventas y de 9.59 para los salarios del personal. Por su parte, la disminución de los activos fijos que se presentó en el año 2012 fue principalmente en el sector de Elaboración de aceites y grasas, seguido por Otros productos alimenticios y Otras industrias manufactureras, con índices de crecimiento de 0.75, 0.25 y 0.08 respectivamente. Por otro lado, el análisis de la eficiencia técnica por tipo de industria indica que Otros productos alimenticios y Panadería, son los subsectores que presentaron eficiencia al año 2018 (ver tabla 1); el primero, mantuvo niveles de eficiencia técnica promedio superior al 85% todo el periodo y, el segundo, mantuvo niveles sobre el 80% después del año 2013, pues antes de esta fecha su eficiencia técnica estuvo en promedio sobre el 50%. También otro sector con alto nivel de eficiencia técnica fue el de otros productos minerales no metálicos, con el 97.7% en el año 2018, el cual mantuvo niveles de eficiencia superiores al 79% después del año 2013. Este último sector, junto con el de panadería, tienen las mayores tasas de crecimiento promedio anual de la eficiencia: 7.5% y 8.3% respectivamente.

Tabla 1. Media de la eficiencia técnica de las empresas manufactureras de Villavicencio, según subsector, periodo 2008 – 2018.

Sector manufacturero	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Tasa de crecimiento promedio anual
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	0,584	0,571	0,534	0,662	0,493	0,850	0,810	0,791	0,859	0,807	0,735	4,9%
Otros productos alimenticios	1,000	0,864	0,897	0,874	0,929	1,000	0,920	1,000	1,000	0,926	1,000	0,3%
Elaboración de productos de molinería	0,755	0,782	0,736	0,833	0,671	0,808	0,745	0,891	0,918	0,920	0,863	2,1%
Panadería	0,547	0,511	0,515	0,568	0,481	0,815	0,947	0,922	1,000	0,851	1,000	8,3%
Otros productos minerales no metálicos	0,636	0,789	0,959	0,886	0,533	0,876	0,843	0,850	0,797	0,853	0,977	7,5%
Otras industrias manufactureras	0,661	0,557	0,598	0,691	0,690	0,814	0,610	0,843	0,858	0,849	0,778	3,0%
<b>Media de todos los sectores</b>	<b>0,684</b>	<b>0,675</b>	<b>0,675</b>	<b>0,749</b>	<b>0,614</b>	<b>0,855</b>	<b>0,789</b>	<b>0,837</b>	<b>0,883</b>	<b>0,856</b>	<b>0,836</b>	<b>2,9%</b>

Fuente: elaboración propia, a partir de los datos de la EAM.

Por su parte, el sector que menos eficiencia técnica promedio ha reportado al año 2018 es la Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal, subsector cuya media de la eficiencia técnica se mantuvo entre el 49% y el 70% hasta el 2012 y entre el 73% y el 85% después del 2013. Le sigue en ineficiencia el sector de otras industrias manufactureras, dedicadas principalmente a la fabricación de joyas, bisutería y artículos conexos, pues su nivel de eficiencia técnica promedio se mantuvo entre el 61% y el 86% después del año 2013 y entre el 55% y el 82% antes de esta fecha.

Dado este comportamiento global y sectorial de la eficiencia, a continuación, se hace un análisis específico de las empresas evaluadas y su comportamiento año a año dentro del periodo de estudio. Durante el año 2008, el índice promedio de eficiencia técnica de todos los sectores fue de 0.684, lo que implica que, en promedio, las empresas que presentan ineficiencia, pueden ser más eficientes si reducen sus cargas laborales, consumo intermedio y activos fijos en un 31.6%, obteniendo el mismo nivel de ventas; o, si se usan de manera más eficiente los recursos actuales, las ventas podrían ser un 31.6% mayores al valor actual. Así, los subsectores con mayor número de empresas eficientes fueron otros productos alimenticios y elaboración de productos de molinería, cada uno con tres y dos empresas ubicadas sobre la curva envolvente (ver tabla 2). Por otra parte, los demás subsectores presentaron la más baja eficiencia, puesto que sus indicadores, en promedio, no superaron el 70%. En total, de las 27 empresas manufactureras 6 presentaron un desempeño óptimo de recursos para el 2008 y tan sólo 1 presenta un índice de eficiencia superior al 90%.

Para el año 2009, se evidencia una fuerte caída de la eficiencia promedio de las empresas manufactureras de la ciudad, perdiendo más de 0.150 puntos respecto al año anterior. Al igual que en el 2008, el subsector más eficiente es el de otros productos alimenticios, seguido de elaboración de productos de molinería, siendo estas dos las únicas ramas de la producción manufacturera que lograron ubicar alguna de sus empresas en la curva de la envolvente (ver tabla 2). Esta reducción del índice de eficiencia se hace evidente al comparar el número de empresas con potencial de mejora superior al 40% pues se pasa de 4 a 16 empresas entre un año y otro, la mayoría de las cuales pertenecen a la elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal que vuelve a repetir como el subsector menos eficiente.

Los resultados de 2010 reflejan un panorama muy similar al del 2009, donde no se evidencian mejoras significativas en el comportamiento de la eficiencia técnica promedio en la asignación de recursos. Particularmente los resultados de las empresas dedicadas a la elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal decrecen respecto al año anterior, lo que explica que el valor promedio de la eficiencia se mantenga en el mismo nivel del año anterior es el crecimiento de la eficiencia que se da en las empresas productoras de otros productos

minerales no metálicos, pues pasa de 0 a 2 empresas ubicadas en la frontera de eficiencia (ver tabla 2).

**Tabla 2.** Eficiencia técnica de las empresas manufactureras de Villavicencio, según subsector y empresa, periodo 2008 – 2018.

Sector	Empresa	Eficiencia técnica										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	1	0,553	0.583	0.431	0.458	0.633	0.994	0.846	1.000	1.000	0.841	0.622
	2	0,511	0.545	0.585	0.580	0.473	1.000	0.759	0.630	0.631	0.641	0.656
	3	0,500	0.557	0.539	0.655	0.520	0.863	0.850	0.683	0.842	0.621	0.785
	4	0,553	0.545	0.666	0.652	0.388	0.503	0.715	0.694	0.946	0.596	0.525
	5	0,599	0.685	0.560	0.609	0.388	0.897	0.801	0.946	0.758	0.952	0.861
	6	0,466	0.585	0.381	0.472	0.388	0.636	0.725	0.668	0.673	0.621	0.571
	7	0,988	0.545	0.666	0.851	0.557	1.000	1.000	0.694	0.946	0.952	0.660
	8	0,589	0.573	0.319	0.692	0.557	0.951	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	9	0,530	0.550	0.525	0.843	0.472	0.663	0.664	0.904	0.851	0.896	0.809
	10	0,553	0.545	0.666	0.803	0.557	0.992	0.740	0.694	0.946	0.952	0.861
Otros productos alimenticios	11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.926	0.742	1.000	0.851	1.000
	12	1.000	1.000	0.690	1.000	0.787	1.000	0.909	1.000	1.000	1.000	1.000
	13	1.000	0.591	1.000	0.623	1.000	1.000	0.926	0.742	-	-	1.000
Elaboración de productos de molinería	14	1,000	0.819	0.593	0.838	0.889	0.759	0.723	0.870	0.809	0.878	0.894
	15	0,588	0.512	0.500	0.736	0.522	0.720	0.647	0.649	0.698	0.699	0.592
	16	1,000	1.000	0.729	0.719	0.553	-	-	1.000	1.000	1.000	1.000
	17	0,670	1.000	1.000	1.000	0.451	0.845	0.617	1.000	1.000	0.943	0.693
	18	0,603	0.538	0.592	0.706	0.723	0.718	0.736	0.931	1.000	1.000	1.000
	19	0,670	0.820	1.000	1.000	0.889	1.000	1.000	0.897	1.000	1.000	1.000
Panadería	20	0,547	0.511	0.515	0.568	0.481	0.815	0.947	0.922	1.000	0.851	1.000
Otros productos minerales no metálicos	21	0,635	0.836	0.877	0.961	0.447	0.699	0.768	0.729	0.647	0.828	1.000
	22	0,576	0.811	1.000	0.782	0.576	0.965	0.762	0.911	0.866	0.866	0.966
	23	0,696	0.720	1.000	0.916	0.576	0.965	1.000	0.911	0.879	0.866	0.966
Otras industrias manufactureras	24	0,758	0.568	0.840	0.935	0.712	0.734	0.385	0.778	-	-	1.000
	25	1,000	-	0.591	0.744	0.633	0.994	0.846	1.000	1.000	0.841	0.622
	26	0,359	0.583	0.431	0.458	1.000	0.734	0.385	0.778	0.798	0.930	1.000
	27	0,526	0.520	0.529	0.627	0.413	0.793	0.825	0.815	0.776	0.777	0.489
	<b>Media de todos los sectores</b>		<b>0.684</b>	<b>0.675</b>	<b>0.675</b>	<b>0.749</b>	<b>0.614</b>	<b>0.855</b>	<b>0.789</b>	<b>0.837</b>	<b>0.883</b>	<b>0.856</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de EAM

El desempeño global del 2011 muestra un leve aumento frente a los dos años anteriores registrando una tasa de eficiencia de 0,749, lo que implica que, en promedio, las empresas que presentan ineficiencia, pueden ser más eficientes si reducen sus cargas laborales, consumo intermedio y activos fijos en un 25.1%, obteniendo el mismo nivel de ventas; o, si se usan de manera más eficiente los recursos actuales, las ventas podrían ser un 25.1% mayores al valor actual. Si bien no existe mayor variación de los subsectores que han presentado los mejores resultados respecto al 2009 y 2010, es evidente que existe un crecimiento de la eficiencia en las empresas productoras de aceites de origen vegetal y animal. Por otra parte, se puede observar una disminución del número de empresas que

tienen niveles de mejora potencial superiores al 40% pasando de 14 a 4 empresas entre 2010 y 2011 (ver tabla 2).

En el año 2012, la eficiencia técnica media de todos los sectores cae nuevamente a una cifra inferior a 0.7 puntos, siendo este el resultado más bajo durante el periodo de estudio. Así, de las 27 empresas, solo 3 conforman la curva de la envolvente, 9 están por debajo de 0.5 puntos de eficiencia y 17 tienen un potencial de mejora superior al 40% (ver tabla 2). El subsector con los mejores resultados es el de otros productos alimenticios, tal como en los años anteriores, seguido de otras empresas manufactureras, en el cual se ubica una empresa con un índice de eficiencia igual a 1 (ver tabla 2). Finalmente, las empresas con los niveles más bajos de eficiencia se encuentran en la elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal y en otros productos minerales no metálicos. Los resultados del 2013 muestran una mejora significativa en la asignación de recursos. En este sentido la eficiencia promedio del sector manufacturero fue de 0.855, es decir, hay un aumento superior a 0.2 puntos frente al año anterior. Es de resaltar la mejora que se da en la mayoría de empresas productoras de aceites y grasas vegetales y animales con un valor medio de 0.85 en la eficiencia técnica (ver tabla 1). Luego de la elaboración de otros productos alimenticios, la rama más eficiente de la industria villavicencense es el de otros productos minerales no metálicos. Para este periodo sólo se registra una empresa con un valor de eficiencia inferior a 0.6 puntos lo que deja en evidencia el buen desempeño del sector durante este periodo (ver tabla 2).

En el año 2014 los resultados muestran una leve disminución de la eficiencia técnica. 4 de las 27 empresas conforman la envolvente: 2 pertenecen a la elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal, 1 a la elaboración de productos de molinería y 1 a otros productos minerales no metálicos (ver tabla 2). Durante este periodo, los dos subsectores menos eficientes fueron otras industrias manufactureras.

Para el 2015 se identifican 6 firmas ubicadas sobre la curva máxima eficiencia, un aumento de dos firmas respecto al 2014 (ver tabla 2). Para este periodo, las empresas con mejor desempeño se encuentran en el subsector de elaboración de productos de molinería, por el contrario, el subsector con los resultados más bajos fue elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal con un desempeño promedio de 0,791. Vale la pena resaltar que el desempeño más bajo en 2015 fue de 0,630, siendo este el primer año en que ninguna empresa tiene un rendimiento menor a 0,6 puntos.

El mejor resultado de la media de la eficiencia técnica de todos los sectores se presenta en el año 2016 con un promedio de 0,883. Tan solo el subsector de otros productos minerales no metálicos presenta un desempeño inferior a 0,8 puntos. Así, se encuentran sobre la frontera eficiente a 10 de las 27 firmas: 4

dedicadas a la elaboración de productos de molinería, 2 a la elaboración de aceites y grasas, 2 a la fabricación de otros productos alimenticios, 1 empresa del sector de productos de panadería y 1 empresa de las otras industrias manufactureras (ver tabla 2). Al igual que en el año anterior ninguna empresa registra niveles de eficiencia inferiores a 0,6. La firma con el mayor potencial de mejora pertenece a la industria productora de aceites y grasas de origen vegetal y animal, con una reducción de sus factores productivos en una tasa de 36,9%.

Los resultados del 2017 reflejan que hubo una disminución general de la eficiencia, quedando el indicador global en 0,856 puntos. Sin embargo, este es el segundo mejor desempeño registrado durante el periodo de análisis. Para este año todos los subsectores registran un nivel de eficiencia superior a 0,8 puntos, fenómeno que solo se presenta en 2017 (ver tabla 2). Así, los subsectores con mejor desempeño son el de otros productos alimenticios y el de elaboración de productos de molinería.

Por último, en el año 2018 se registra una eficiencia promedio en la asignación de factores de 0,836. Los únicos subsectores con una eficiencia promedio inferior a 0,8 son: elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal, y otras industrias manufactureras. Así mismo, 11 de las 27 empresas presentan un nivel máximo de eficiencia (1,000) y 9 presentan un potencial de mejora superior al 30% (ver tabla 2).

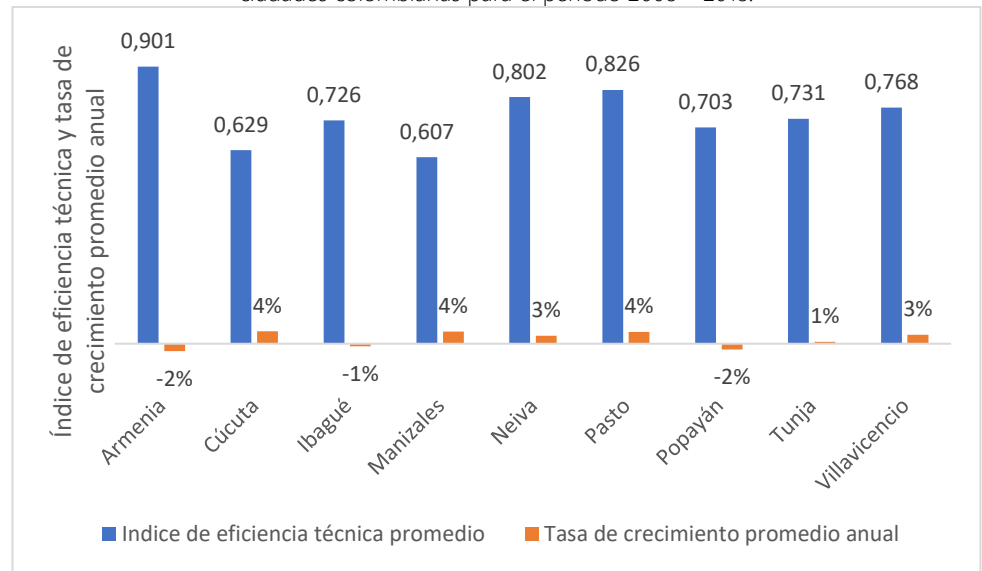
### **3.2. Análisis comparado de la eficiencia técnica de 9 ciudades, 2008 – 2018**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las nueve ciudades que registran un indicador de competitividad comparable, se calculó la eficiencia técnica promedio de las empresas del sector industrial para todos los 11 años de estudio del periodo. Así, se determinó que solamente tres de estas ciudades están ubicadas en el quintil más alto de eficiencia técnica promedio, a saber: Armenia, Pasto y Neiva (ver figura 3). La eficiencia técnica de Armenia en todo el periodo decreció en promedio a una tasa de -2% anual, mientras que Neiva y Pasto crecieron a tasas del 3% y 4% respectivamente.

Por otra parte, las seis ciudades restantes se encuentran distribuidas en el cuarto quintil más alto de eficiencia técnica, siendo Manizales y Cúcuta las dos ciudades con menor eficiencia técnica promedio del periodo, con 0.607 y 0.629 respectivamente. Estas dos ciudades han tenido índices de eficiencia técnica aún más bajos en algunos años, puesto que han crecido anualmente a una tasa del 4% promedio anual.



**Figura 3.** Índice de eficiencia técnica promedio y tasa de crecimiento anual promedio de 9 ciudades colombianas para el periodo 2008 – 2018.

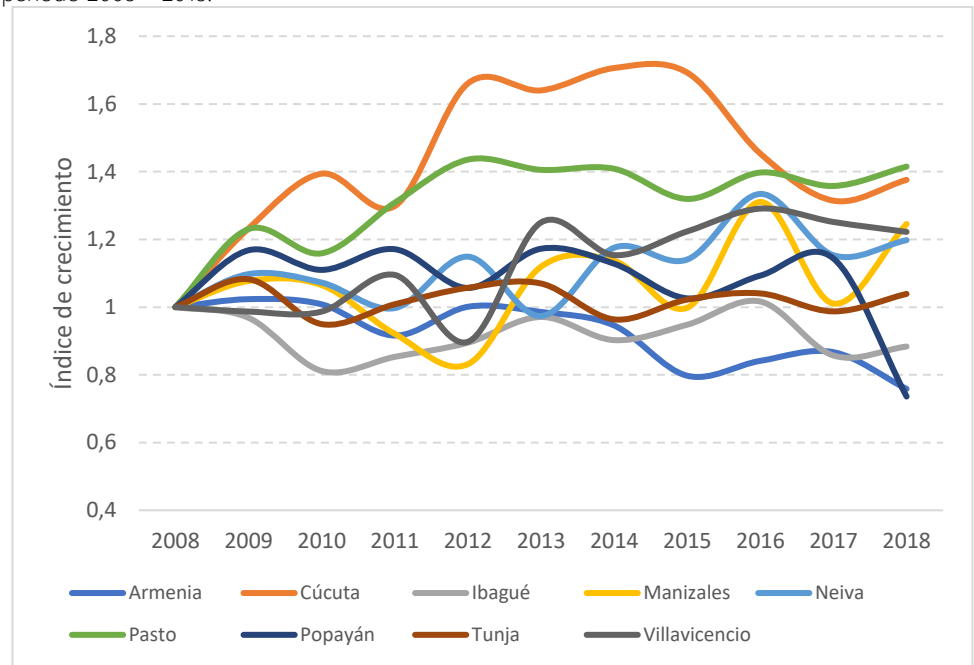


**Fuente:** Elaboración propia. Cálculos a partir de la EAM – DANE.

Por medio de un índice de crecimiento que toma como año base el 2008, se pueden observar aquellas ciudades que durante el periodo de estudio mejoraron o empeoraron su eficiencia técnica. En la figura 4 se puede observar que Pasto y Cúcuta tuvieron los mayores índices de crecimiento del periodo, los cuales culminaron en el año 2018 en 1.4 aproximadamente. Mientras tanto, Armenia, a pesar de ocupar el primer lugar en eficiencia técnica promedio para todo el periodo, en la figura 4 se observa que tuvo una tendencia decreciente, culminando con un índice de crecimiento de 0.758 en el año 2018. Otras ciudades que culminaron el periodo con índices de crecimiento inferiores a 1 fueron Popayán (0.735) e Ibagué (0.883).

La ciudad de Villavicencio, como se ha visto, tuvo una tendencia creciente en su eficiencia técnica y culminó el año 2018 con un índice de crecimiento de 1.2, ocupa el cuarto lugar en eficiencia técnica dentro de las ciudades analizadas, con 0.768, y ha crecido en promedio anualmente a una tasa del 3%. Este crecimiento ha sido más elevado que el de las 9 ciudades, el cual se ubicó en una tasa de 0.7% de crecimiento promedio anual.

**Figura 4.** Índice crecimiento de la eficiencia técnica promedio anual de 9 ciudades colombianas, periodo 2008 – 2018.



Fuente: Elaboración propia. Cálculos a partir de la EAM – DANE.

## Discusión

El comportamiento de la eficiencia técnica de la industria manufacturera de Villavicencio muestra una caída entre 2009 y 2012, para luego crecer y sostenerse en niveles superiores al 80% entre 2013 y 2018. Este resultado contrasta con el estudio de Delgado (2019), en el cual se halla que el 83.6% de las empresas de la industria manufacturera colombiana en el periodo 2013 – 2015 operan con niveles de eficiencia por debajo de la mitad del potencial tecnológico de su respectivo sector. Esta diferencia puede explicarse en que el presente estudio priorizó las empresas que perduraron durante el periodo, lo que, a la luz de las ideas de evolución económica (Caro, 2015c), implica dichas empresas sobrevivientes son las más eficientes; mientras tanto, el estudio de Delgado (2019) no tuvo en cuenta dicho criterio, lo que conduce a incluir en su estudio una mayor variabilidad en la eficiencia.

El crecimiento promedio anual de la media de la eficiencia técnica de las nueve ciudades estudiadas fue del 0.7% para los 11 años de estudio. Teniendo en cuenta que en Colombia el crecimiento de la producción manufacturera fue del 1.3% promedio anual entre 2008 y 2018 (DANE, 2020), se esperaría que el incremento en la eficiencia técnica tuviese también dicho ritmo, pero fue más baja, lo que implica que las ciudades no consideradas en este estudio tienen mayores niveles de eficiencia que jalonan la producción nacional de este sector.

Comparativamente, en otros países latinoamericanos el comportamiento de la eficiencia técnica ha sido más bajo: en México, con los datos de la eficiencia técnica 25 industrias manufactureras durante el periodo 1985 – 2009 se calculó un crecimiento promedio de 0.1% (Valderrama et al., 2015) y en Chile se encontró una tendencia a la baja en la eficiencia técnica para 1995 – 2010 (Aguirre et al., 2015; Fuente et al., 2020).

En el caso de Villavicencio, el incremento anual de la eficiencia técnica hallado fue en promedio del 3%, mientras que la tasa de crecimiento promedio anual de la producción industrial del departamento del Meta fue del 1% entre 2008 y 2018 (DANE, 2020). Esto implica que la eficiencia técnica de los demás municipios del departamento es baja y que las empresas de Villavicencio han podido ajustar sus factores productivos de tal manera que han jalonado el crecimiento de la industria departamental.

La mayor ineficiencia obtenida por la industria manufacturera de Villavicencio en la primera parte del periodo de estudio, denota la baja capacidad del sector para hallar combinaciones de factores productivos más acordes a la volatilidad y crecimiento presentado en las cifras de producción del departamento en dicho periodo (DANE, 2020), así como de las ventas en dicha ciudad. Así mismo, el aumento de la eficiencia de las empresas en la segunda parte del periodo, puede evidenciar dos aspectos que suceden paralelamente: una mejora tecnológica que perfecciona el uso de los factores productivos y mejores aprendizajes en la asignación de los factores productivos ante las variaciones de la producción.

En primer lugar, el aumento de eficiencia técnica sugiere mayores niveles de desarrollo tecnológico e innovación dentro de la industria; no obstante, cada vez son menos las empresas industriales que en Colombia desarrollan actividades de innovación, pues en el año 2007 el 43.2% de las empresas eran innovadoras mientras que en el año 2018 solo el 24.6% lo eran (Caro, 2015a; DANE, 2011, 2019). En este sentido, si existe dicho avance tecnológico habrá sido por medio de las importaciones de bienes de capital y bienes intermedios y materias primas, los cuales en el año 2016 alcanzaron una participación del 31% y el 43% respectivamente dentro de las importaciones nacionales (Cárdenas et al., 2019). En este caso, se comprueba la ganancia en eficiencia por medio de la desindustrialización nacional que describen Ortiz & Uribe (2012) y Ortiz (2016), es decir, la maximización de la producción a partir del uso eficiente de los recursos, pero por medio de adquisición de tecnologías externas, como lo prevé el modelo neoliberal.

En segundo lugar, los aumentos de la eficiencia técnica en las empresas de Villavicencio después del año 2013 obedecen a nuevos aprendizajes de los propietarios que los ha llevado al ajuste de factores para adaptar su producción a la demanda; específicamente, la disminución de los activos fijos en el sector de

aceites y grasas en el año 2012 y aumentos en el personal contratado, activos fijos y consumo intermedio en el sector de panadería entre 2016 y 2017. El sector de aceites y grasas posee en su estructura mayor cantidad de activos fijos (DANE, 2018), por lo tanto, su ajuste para ganar eficiencia fue por vía de la reducción de este factor; mientras tanto, el sector de panadería tiene niveles mucho más bajos de activos fijos (DANE, 2018), por esto, la asignación para ganar eficiencia fue principalmente aumentando el factor trabajo. De estas relaciones se deduce que el logro de mayor eficiencia está vinculado a la flexibilidad que tienen las empresas para ajustar sus factores productivos (salarios, consumo intermedio y activos fijos) a los niveles de producción y la demanda del mercado, según su estructura de utilización de factores.

La tendencia general de la industria de Villavicencio durante la segunda mitad del periodo de estudio indica una reducción de los activos fijos y un aumento del empleo, lo cual ha conducido a una mayor eficiencia técnica. Estos ajustes suceden paralelamente a la flexibilización del mercado de trabajo y precarización del empleo que se ha dado en el país, caracterizado por formas de contratación como las empresas temporales, salario integral, contratos a término fijo, entre otros (Caro, 2015b; Ortiz & Uribe, 2012; Rojas, 2016). Por lo tanto, aunque la industria de Villavicencio muestra aumentos en los salarios del personal, debe estudiarse posteriormente la calidad del empleo generado.

Los resultados obtenidos aportan elementos para el diseño de políticas públicas que fortalezcan el sector manufacturero de la región y el país. En conjunto, se identifica para el sector industrial de Villavicencio un aumento de la eficiencia técnica en los últimos años, relacionado más con ajustes de factores productivos que con mejoras tecnológicas. Bajo la visión de modelos estructuralistas de crecimiento (Chenery et al., 1986; Hirschman, 1958; Landes, 1998; Leontief, 1963; Prebisch, 1961), es necesario repensar la forma como la política industrial concibe la eficiencia y apuntar a su logro por medio de la diversificación de la industria, la madurez estructural y el impulso de sectores productivos altos en tecnología. Es una visión de largo plazo que les permite a las empresas obtener eficiencia bajo procesos endógenos de transformación tecnológica.

Para los empresarios, estos resultados implican que en el corto plazo pueden obtener eficiencia aumentando o reduciendo factores productivos a su nivel de ventas actual; no obstante, en el mediano y largo plazo pueden obtener eficiencia técnica por medio de la incorporación de innovaciones en la producción o mejoras tecnológicas que les permita alcanzar un mayor nivel de ventas con los mismos recursos. De esta manera, los propietarios o responsables de estas organizaciones deberán analizar los principios básicos de la eficiencia y tomar decisiones en pro de cerrar brechas en los insumos o en los productos. El análisis DEA, aplicado al interior de cada empresa, es una alternativa viable para identificar de forma específica qué actividades presentan ineficiencias y trazar

acciones de mejora continua para elevar la eficiencia técnica a nivel de firma y sector.

Esta investigación aporta resultados en un área donde el análisis de la eficiencia técnica por medio del DEA para la industria es escaso en Colombia en los últimos años (Pineda et al., 2017). Adicional a esto, el uso de métodos diferentes al DEA para la estimación de la eficiencia técnica, por ejemplo, el método paramétrico de fronteras estocásticas en el estudio de Delgado (2019) o de Molina & Castro (2015), limita la posibilidad de hacer comparaciones más extensas de eficiencia para todo el país. En este sentido, se vislumbra la necesidad del estudio de la eficiencia técnica para todas las ciudades de Colombia de las que se tienen datos en la Encuesta Anual Manufacturera, bajo el método DEA. Así mismo, se requieren estudios adicionales que consideren o midan el cambio técnico en Villavicencio con el fin de determinar su impacto en la producción y la eficiencia.

### Conclusiones

Las empresas manufactureras de Villavicencio presentaron un nivel de eficiencia técnica promedio del 83.6% en el año 2018, es decir, reduciendo los activos fijos, salarios y consumo intermedio en un 16.4% pueden obtener el mismo nivel de producción. La eficiencia técnica de las empresas de Villavicencio ha tenido un comportamiento creciente en la mayor parte del periodo 2008 – 2018, especialmente después del año 2013, con un promedio de crecimiento del 3% anual. Villavicencio ocupó el cuarto lugar en eficiencia técnica de las 9 ciudades analizadas y su crecimiento promedio anual fue superior al logrado por este grupo, el cual fue de 0.7%.

Detrás de dicho comportamiento positivo en la eficiencia se encuentran dos tipos de ajustes a los factores productivos: una reducción de los activos fijos, principalmente del sector de aceites y grasas y, en menor medida, de otros productos alimenticios y otras industrias manufactureras; y un aumento de los salarios del personal en el sector de panadería, ante un incremento de las ventas de dicho sector. Por lo tanto, se concluye que los aumentos de la eficiencia técnica de las empresas manufactureras de Villavicencio obedecen a su capacidad de adaptación de factores productivos (medidos en salarios, consumo intermedio y activos fijos) a los niveles de producción.

Un análisis de literatura para contrastar los resultados permite concluir que el incremento en la eficiencia técnica de la industria de Villavicencio también puede incluir un efecto de mejora tecnológica, no por vía del desarrollo tecnológico o la innovación internas, sino por medio de la adquisición de tecnologías importadas. Esto, sumado a la flexibilización y precarización del empleo en Colombia, permiten concluir que esta ganancia en la eficiencia técnica de las empresas estudiadas es débil, puesto que no está sustentada en diversificación,

madurez estructural o impulso tecnológico, sino en ajustes temporales que hacen las empresas a sus factores productivos y que a largo plazo continúan con el proceso de desindustrialización que se ha visto en el país desde la década de los 90.

## Referencias

- Aguirre, M., Candia, C., & Arenas, C. (2015). Análisis de eficiencia técnica en el sector manufacturero chileno: Una aproximación con fronteras estocásticas de producción. *Revista de Economía, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán*, 32(84), 9-9. <https://doi.org/10.33937/reveco.2015.52>
- Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10), 1261-1264. <https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- Athanassopoulos, A. D. (1995). Performance Improvement Decision Aid Systems (PIDAS) in Retailing Organizations Using Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 6(2), 153-170. <https://www.jstor.org/stable/41770835>
- Athanassopoulos, A. D., & Ballantine, J. A. (1995). Ratio and Frontier Analysis for Assessing Corporate Performance: Evidence from the Grocery Industry in the UK. *Journal of the Operational Research Society*, 46(4), 427-440. <https://doi.org/10.1057/jors.1995.62>
- Banker, R. D. (1980). A game theoretic approach to measuring efficiency. *European Journal of Operational Research*, 5(4), 262-266. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(80\)90058-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(80)90058-2)
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Bessent, A., Bessent, W., Kennington, J., & Reagan, B. (1982). An Application of Mathematical Programming to Assess Productivity in the Houston Independent School District. *Management Science*, 28(12), 1355-1367. <https://doi.org/10.1287/mnsc.28.12.1355>
- Bessent, A. M., Bessent, E. W., Charnes, A., Cooper, W. W., & Thorogood, N. C. (1983). Evaluation of Educational Program Proposals by Means of DEA. *Educational Administration Quarterly*, 19(2), 82-107. <https://doi.org/10.1177/0013161X83019002006>
- Cárdenas, G., Suárez, E., Romero, H., & Fajardo, E. (2019). Composición de importaciones y actividad económica: El caso de Colombia. *Revista Espacios*, 40(01), 1-15. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n01/19400124.html>
- Caro, J. C. (2015a). Indicadores de innovación tecnológica en el sector industrial colombiano. *Económicas CUC*, 36(2), 33-48. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/691>
- Caro, J. C. (2015b). Cambio técnico en sector industrial en Colombia: Hechos estilizados de veinte años de apertura económica. *Horizonte Empresarial*, 2(1), 1-29. <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/EMP/article/view/127>
- Caro, J. C. (2015c). El progreso técnico: Una mirada desde el crecimiento y el desarrollo económico. *Quaestiones Disputatae: temas en debate*, 8(17), 228-253. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/qdisputatae/article/view/992>
- Cass, D. (1965). Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation. *Review of Economic Studies*, 32, 233-240.

- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1980). Auditing and accounting for program efficiency and management efficiency in not-for-profit entities. *Accounting, Organizations and Society*, 5(1), 87-107. [https://doi.org/10.1016/0361-3682\(80\)90025-2](https://doi.org/10.1016/0361-3682(80)90025-2)
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Chenery, H. B., Robinson, S., & Syrquin, M. (1986). *Industrialization and Growth: A Comparative Study*. World Bank, Oxford University Press.
- Consejo Privado de Competitividad. (2019). Índice de Competitividad de Ciudades 2019. Panamericana. [https://compite.com.co/wp-content/uploads/2019/06/ICC\\_2019\\_V1\\_VWeb.pdf](https://compite.com.co/wp-content/uploads/2019/06/ICC_2019_V1_VWeb.pdf)
- DANE. (2011). Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria Manufacturera—EDIT IV 2007—2008. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin\\_EDIT\\_manufacturera\\_2017\\_2018.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2017_2018.pdf)
- DANE. (2018). Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Variables principales según departamentos, Bogotá D.C. y grupos industriales. Año 2018. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE.
- DANE. (2019). Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria Manufacturera—EDIT IX 2017—2018. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin\\_EDIT\\_manufacturera\\_2017\\_2018.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2017_2018.pdf)
- DANE. (2020). PIB por Departamento. Resultados por Actividad Económica. Precios Constantes. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>
- De Jorge, J., & Díaz, J. (2018). Análisis de la productividad, eficiencia y sus factores explicativos: El caso de las empresas colombianas, 2005-2010 // Analysis of Productivity, Efficiency and their Explanatory Factors: Case of Colombian Companies, 2005-2010. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 26, 315-343. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/3834>
- Delgado, W. G. (2019). Eficiencia técnica de las empresas manufactureras en Colombia. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXV(2), 73-82. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/280/28059953006/html/index.html>
- Dia, M., Takouda, P. M., & Golmohammadi, A. (2020). Assessing the performance of Canadian credit unions using a three-stage network bootstrap DEA. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03612-w>
- Emrouznejad, A., & Yang, G. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. <https://doi.org/10.1016/J.SEPS.2017.01.008>
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Fernández, S. A., Campo, E. A., & Palacio, D. (2020). Aplicación de DEA en el análisis de la eficiencia del proceso de fabricación de puertas de una empresa metalmeccánica en Colombia. *Revista ESPACIOS*, 41(07), 1. <http://www.revistaespacios.com/a20v41n07/20410701.html>
- Fuente, H., Rojas, J., & Leiva, V. (2020). Econometric modeling of productivity and technical efficiency in the Chilean manufacturing industry. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105793. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.04.006>



- Hirschman, A. O. (1958). *The Strategy of Economic Development*. Yale University Press.
- Ibujés, J. (2019). La eficiencia técnica de las medianas empresas de manufactura de Quito. *Revista Debates sobre Innovación*, 3(1), 1-16. [https://www.researchgate.net/profile/Juan-Villacis-2/publication/348516207\\_La\\_eficiencia\\_tecnica\\_de\\_las\\_medianas\\_empresas\\_de\\_manufactura\\_de\\_Quito\\_Revista\\_Debates\\_sobre\\_Innovacion\\_Vol\\_3\\_N\\_1\\_Escuela\\_Politecnica\\_Nacional\\_Quito\\_-\\_Ecuador/links/6001b50da6fdccdb8587cd0/La-eficiencia-tecnica-de-las-medias-empresas-de-manufactura-de-Quito-Revista-Debates-sobre-Innovacion-Vol-3-N-1-Escuela-Politecnica-Nacional-Quito--Ecuador.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Juan-Villacis-2/publication/348516207_La_eficiencia_tecnica_de_las_medianas_empresas_de_manufactura_de_Quito_Revista_Debates_sobre_Innovacion_Vol_3_N_1_Escuela_Politecnica_Nacional_Quito_-_Ecuador/links/6001b50da6fdccdb8587cd0/La-eficiencia-tecnica-de-las-medias-empresas-de-manufactura-de-Quito-Revista-Debates-sobre-Innovacion-Vol-3-N-1-Escuela-Politecnica-Nacional-Quito--Ecuador.pdf)
- Kaldor, N. (1961). Capital Accumulation and Economic Growth. En F. Lutz & D. Hague (Eds.), *The Theory of Capital*, MacMillan.
- Koopmans, T. (1963). On the Concept of Optimal Economic Growth (Cowles Foundation Discussion Paper N.o 163). Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University. <https://econpapers.repec.org/paper/cwlcwldpp/163.htm>
- Landes, D. S. (1998). *The wealth and poverty of nations: Why some are so rich and some so poor* (1st ed). W.W. Norton.
- Leontief, W. (1963). *Input-Output Economics*. Oxford University Press.
- Luo, Q., Miao, C., Sun, L., Meng, X., & Duan, M. (2019). Efficiency evaluation of green technology innovation of China's strategic emerging industries: An empirical analysis based on Malmquist-data envelopment analysis index. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117782. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117782>
- McDonald, J. (2009). Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 792-798. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.07.039>
- Molina, A. M., & Castro, G. (2015). Análisis de eficiencia del sector industrial manufacturero en cinco países suramericanos, 1995-2008. *Civilizar: Ciencias Sociales y Humanas*, 15(29), 93-112. <https://doi.org/10.22518/16578953.477>
- Norman, M., & Stoker, B. (1991). *Data envelopment analysis: The assessment of performance*. Wiley.
- Ortiz, C. H. (2016). *Diversificación productiva y crecimiento económico: Enfoques teóricos y análisis del desarrollo socio-económico de Colombia* (Primera edición). Universidad del Valle, Programa Editorial.
- Ortiz, C. H., & Uribe, J. I. (2012). *Crecimiento económico, industrialización y empleo: Una visión heterodoxa sobre el desarrollo de Colombia y el Valle del Cauca* (Primera edición). Universidad del Valle, Programa Editorial.
- Pineda, J. A., Cervera, A., & Oviedo, W. (2017). Revisión bibliográfica de la aplicación de la metodología DEA en Colombia por actividad económica. *Civilizar: Ciencias Sociales y Humanas*, 17(32), 133-160. <https://doi.org/10.22518/16578953.823>
- Prebisch, R. (1961). *El Desarrollo Económico de América Latina y Algunos de sus Principales Problemas*. CEPAL.
- Pumisacho, V. H., & Alvarado, K. M. (2018). Evaluación de eficiencia y productividad de pymes productivas usando análisis envolvente de datos e índice Malmquist. *Revista ESPACIOS*, 39(33), 1-10. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n33/18393310.html>
- Ramsey, F. (1928). A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal*, 38, 543-559.

- Rodríguez, G. (2011). Indicadores DEA (Data Envelopment Analysis) de eficiencia y productividad para las actividades de extensión universitaria: Aplicación en la Universidad Nacional de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas.
- Rojas, C. A. (2016). La flexibilización laboral en Colombia. *Jurídicas CUC*, 12(1), 17-29. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5759627>
- Sanabria, S. A. (2007). Tres décadas desindustrialización en Colombia. *Apuntes del Cenes*, 27(43), 117-130. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/cenes/article/view/214>
- Santos, G., Wong, P., & Martínez, A. (2019). Medición de la eficiencia técnica de la industria automotriz mediante el Análisis Envolvente de Datos. *Economía, sociedad y territorio*, 19(60), 173-201. <https://doi.org/10.22136/est20191294>
- Selim, S., & Bursalioglu, S. A. (2013). Analysis of the Determinants of Universities Efficiency in Turkey: Application of the Data Envelopment Analysis and Panel Tobit Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 89, 895-900. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.952>
- Shao, L., Yu, X., & Feng, C. (2019). Evaluating the eco-efficiency of China's industrial sectors: A two-stage network data envelopment analysis. *Journal of environmental management*, 247, 551-560. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.099>
- Shi, C., Wu, H., & Chiu, Y.-H. (2020). The Dynamic Analysis of the Pollutant Emissions Impact on Human Health in China Industries Based on the Meta-Frontier DEA. *Healthcare*, 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/healthcare8010005>
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Thompson, R. G., Langemeier, L. N., Lee, C.-T., Lee, E., & Thrall, R. M. (1990). The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. *Journal of Econometrics*, 46(1), 93-108. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(90\)90049-Y](https://doi.org/10.1016/0304-4076(90)90049-Y)
- Torres, M., Ayvar, F. J., & Navarro, J. C. L. (2018). La eficiencia de la industria de alimentos, bebidas y tabaco: Un análisis a través de la envolvente de datos. *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, 13(1), 29-52. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-nicolaita-de-estudios-economicos/articulo/la-eficiencia-de-la-industria-de-alimentos-bebidas-y-tabaco-un-analisis-a-traves-de-la-envolvente-de-datos>
- Valderrama, A. L., Neme, O., & Ríos, H. (2015). Eficiencia técnica en la industria manufacturera en México. *Investigación Económica*, 74(294), 73-100. <https://doi.org/10.1016/j.inveco.2015.11.002>
- Wohlgemuth, M., Fries, C. E., Sant'Anna, A. M. O., Giglio, R., & Fettermann, D. C. (2020). Assessment of the technical efficiency of Brazilian logistic operators using data envelopment analysis and one inflated beta regression. *Annals of Operations Research*, 286(1), 703-717. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-3105-7>
- Zamora, A. I., & Favila, A. (2018). Medición de la eficiencia de la Innovación 2013-2016 mediante el Análisis Envolvente de Datos (AED) en red dinámica. *Economía, sociedad y territorio*, 18(57), 557-584. <https://doi.org/10.22136/est20181184>