

La eficiencia de la educación técnica y tecnológica en Colombia, 2018-2022.

Deivy Fernando Vega Herrera

Trabajo de Grado para Optar al Título de Magister en Economía y Desarrollo

Director

Rafael Antonio Viana Barceló

Doctor en Análisis Económico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía y Administración

Maestría en Economía y Desarrollo

Bucaramanga

2023

## Tabla de Contenido

|  |    |
|--|----|
| Introducción .....   | 8  |
| 1. Objetivos.....  | 13 |
| 1.1 Objetivo General.....                                  | 13 |
| 1.2 Objetivos Específicos.....                             | 13 |
| 2. Concepto de eficiencia.....                             | 14 |
| 2.1. Estudios de eficiencia educativa.....                 | 19 |
| 3. Educación técnica y tecnológica en Colombia.....        | 24 |
| 4. Metodología.....  | 33 |
| 5. Datos y variables.....                                  | 36 |
| 5.1. Datos.....  | 36 |
| 5.2. Variables.....  | 40 |
| 5.2.1. Variable producto.....                              | 40 |
| 5.2.2. Variable insumo.....                                | 41 |
| 5.3. Estadísticos descriptivos.....                        | 43 |
| 6. Resultados.....   | 50 |
| 6.1. Eficiencia en la educación Técnica y Tecnológica..... | 50 |
| 7. Conclusiones.....                                       | 61 |
| 8. Recomendaciones.....                                    | 64 |
| Referencias Bibliográficas.....                            | 66 |

## Lista de Tablas

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Tabla 1. <i>Estudiantes que presentaron prueba Saber TyT por tipo de IES. 2018-2022</i> .....  | 27          |
| Tabla 2. <i>Top 5 IES con más estudiantes registrados para 2022.</i> .....   | 28          |
| Tabla 3. <i>Evolución de IES registradas en la prueba Saber TyT. 2018-2022.</i> .....  | 29          |
| Tabla 4 <i>Hombres y mujeres registrados en la prueba Saber TyT por tipo de IES . 2018-2022...</i>   | 37          |
| Tabla 5. <i>Puntaje medio en RC y LC de la prueba Saber TyT por tipo de IES. 2018-2022.</i> .....  | 37          |
| Tabla 6. <i>Escala de los módulos de Razonamiento Cuantitativo (RC) y de Lectura Crítica (LC) de la Saber TyT.</i> .....   | 41          |
| Tabla 7. <i>Codificación del nivel educativo de la madre en la prueba Saber TyT</i> .....  | 42          |
| Tabla 8. <i>Estadísticos descriptivos de variables insumo y producto desde 2018 hasta 2022.</i> .....  | 44          |
| Tabla 9. <i>Estadísticos descriptivos de variables insumo y producto desde 2018 hasta 2022 entre hombres y mujeres.</i> .....                                    | 45          |
| Tabla 10. <i>Estadísticos descriptivos de variables insumo y producto desde 2018 hasta 2022 por tipo de IES.</i> .....   | 47          |
| Tabla 11. <i>Estimación de eficiencia de la educación TyT desde 2018 hasta 2022 con <math>\alpha = 0.95</math>.</i> ..   | 51          |
| Tabla 12. <i>Estimación de eficiencia por tipo de IES desde 2018 hasta 2022 , con <math>\alpha = 0.95</math>.</i> .....  | 53          |
| Tabla 13. <i>Estimación de eficiencia de IES públicas con y sin el SENA desde 2018 hasta 2022, con <math>\alpha = 0.95</math>.</i> .....                         | 57          |
| Tabla 14. <i>Estimación de eficiencia entre hombres y mujeres registrados en pruebas Saber TyT desde 2018 hasta 2022 , con <math>\alpha = 0.95</math>.</i> ..... | 58          |
| Tabla 15. <i>Eficiencia entre hombres y mujeres comparada por tipo de IES, <math>\alpha = 0.95</math></i> .....  | 59          |

## Lista de Figuras

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Figura 1. <i>Participación de estudiantes que presentaron las pruebas Saber pro y Saber TyT por estrato socioeconómico en el año 2022.</i> ..... | 26          |
| Figura 2. <i>Tasa de deserción anual según nivel de formación</i> .....  | 30          |
| Figura 3. <i>Participación promedio del nivel educativo de la madre por tipo de IES, 2018 - 2022</i> 38  |             |
| Figura 4. <i>Puntaje promedio de RC y LC por tipo de IES desde 2018 hasta 2022</i> .....   | 48          |
| Figura 5. <i>Evolución de eficiencia media de la educación TyT desde 2018 hasta 2022 con <math>\alpha = 0.95</math>.</i><br>.....                | 52          |
| Figura 6. <i>Evolución de eficiencia media de la educación TyT desde 2018 hasta 2022 por tipo de IES.</i> .....                                  | 55          |
| Figura 7. <i>Histogramas de variable X comparada por tipo de IES de 2018 y 2022.</i> .....   | 56          |

## **Glosario**

**Eficiencia:** En la economía el concepto de eficiencia se puede entender de dos formas: la eficiencia orientada al producto y la eficiencia orientada a los insumos. En esta investigación se estimó la eficiencia orientada al producto, entendida como la capacidad que tiene una unidad o un conjunto de unidades de producir más utilizando la menor cantidad de recursos para ello.

**Educación Técnica y Tecnológica (TyT):** La educación Técnica y Tecnológica (TyT) se constituye por los niveles de formación Tecnológicos y Técnicos Profesionales de educación superior a nivel de pregrado en Colombia.

**Instituciones de Educación Superior (IES):** Son las entidades reconocidas oficialmente como prestadoras del servicio público de la educación superior en Colombia.

## Resumen

**Título:** La eficiencia de la educación técnica y tecnológica en Colombia, 2018-2022\*

**Autor:** Deivy Fernando Vega Herrera\*\*

**Palabras Clave:** Eficiencia, Educación, Tecnologías, Técnicos profesionales, Colombia.

### Descripción:

En Colombia, la educación técnica y tecnológica (TyT) se ha constituido como una alternativa frente a la educación universitaria ante la creciente demanda estudiantil por distintas oportunidades de formación. No obstante, el aumento significativo de matriculados en diversas Instituciones de Educación Superior (IES) desde la última década plantea el interrogante sobre la eficiencia de estas desde una perspectiva socioeconómica. El presente trabajo pretende responder este interrogante a través de la estimación de la eficiencia de la educación TyT en Colombia entre 2018 y 2022. Con este fin, se empleó la técnica no paramétrica de fronteras parciales de orden- $\alpha$  con el objeto de desagregar la eficiencia entre IES públicas y privadas para analizar sus diferencias. El estudio tomó como referencia tanto los resultados de las pruebas Saber TyT aplicadas por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) como el registro del máximo nivel educativo alcanzado por la madre de los estudiantes como proxy socioeconómico. Los resultados de este estudio muestran que las IES públicas son en promedio más eficientes que las privadas, lo que se reafirma cuando se compara la eficiencia media entre hombres y mujeres por tipo de IES. Así mismo, los hallazgos de este estudio sugieren que desde el año 2020 hubo una reducción en la matrícula de los estudiantes más vulnerables en la educación TyT, lo que afectó los desempeños de las IES en general.

---

\* Trabajo de Grado para optar por el título de Magister en Economía y Desarrollo

\*\* Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía. Maestría en Economía y Desarrollo.  
Director: Rafael Antonio Viana Barceló, Doctor en Análisis Económico.

### Abstract

**Title:** The efficiency of technical and technological education in Colombia, 2018-2022.\*

**Author(s):** Deivy Fernando Vega Herrera\*\*

**Key Words:** Efficiency, Education, Technologies, Professional technicians, Colombia.

#### Description:

In Colombia, technical and technological education (TyT) has become an alternative to university education due to the growing student demand for different training opportunities. However, the significant increase in the number of students enrolled in various Higher Education Institutions (HEIs) since the last decade raises the question of their efficiency from a socioeconomic perspective. This paper aims to answer this question by estimating the efficiency of TyT education in Colombia between 2018 and 2022. To this end, the non-parametric technique of partial frontiers of order- $\alpha$  was used in order to disaggregate efficiency between public and private HEIs to analyze their differences. The study took as reference both the results of the Saber TyT tests applied by the Colombian Institute for the Evaluation of Education (ICFES) and the record of the highest educational level achieved by the students' mother as a socioeconomic proxy. The results of this study show that public HEIs are on average more efficient than private ones, which is reaffirmed when comparing the average efficiency between men and women by type of HEI. Likewise, the findings of this study suggest that since 2020 there was a reduction in the enrollment of the most vulnerable students in TyT education, which affected the performance of HEIs.

---

\* Master's Degree in Economics and Development

\*\*Faculty of Human Sciences. School of Economics. Master's Degree in Economics and Development. Director: Rafael Antonio Viana Barceló, PhD in Economic Analysis.

## Introducción

Los sistemas de educación técnica y tecnológica en todo el mundo han cobrado importancia debido a la necesidad de adaptación de la formación al sector productivo y a las herramientas tecnológicas modernas. En consecuencia, diversos estudios (Aguirre, 1999; Astigarraga, 1999; Villanueva y Betancur, 2008; Bautista 2010) centraron sus análisis en las reformas y estrategias necesarias para que los sistemas de educación técnica se mantengan a la vanguardia de las dinámicas del mercado global. Dichas consideraciones han puesto de manifiesto el importante papel de la educación técnica y tecnológica tanto en el desarrollo económico como en el crecimiento productivo de los países (Monterroza-Ríos y Escobar-Gomez, 2021).

En Colombia, de acuerdo con el Ministerio de Educación (2020), la educación superior Técnica y Tecnológica (TyT) se ha delimitado dentro del conjunto de servicios educativos enfocados en formación para el trabajo. En este sentido, la educación TyT se plantea como una alternativa ante la educación universitaria, la cual busca atender la creciente demanda estudiantil por nuevas y diferentes oportunidades de formación para el trabajo bajo los parámetros de calidad educativa que establece el Ministerio de Educación Nacional (MEN). Esto le ha permitido a esta formación ser la opción que atiende a la población más vulnerable en cuanto a nivel socioeconómico en la educación superior (Acevedo, Prada y Álvarez, 2009).

Pese a la relevancia de esta formación, en la actualidad ha sido limitado el desarrollo de estudios que aborden la calidad o la eficiencia de la educación TyT en Colombia, lo que se refleja en el hecho de que hoy no se tenga claridad sobre esta formación (Popova, 2013; Sevilla y Dutra,



G. 2016; Monterroza-Ríos y Escobar-Gomez, 2021). Según varios autores (Uribe Correa, 2006; Gómez, 2015), esto se debe a que en el país se ha infravalorado la educación TyT al ser considerada de menor prestigio y una segunda opción frente a la educación universitaria profesional.

Con el ánimo de atender esta condición, en el presente trabajo se utilizaron los datos registrados por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) con respecto a la prueba Saber TyT para estimar la eficiencia de la educación TyT entre los años 2018 y 2022. Con este propósito, se consideró como insumo el nivel educativo de la madre, utilizado como proxy socioeconómico de los estudiantes, y como producto los resultados obtenidos por estos en las áreas de Razonamiento Cuantitativo (RC) y Lectura Crítica (LC) de la prueba Saber TyT.

En las mediciones de eficiencia, Lecca y Lizama (2005) destacan que se suelen utilizar métodos de fronteras, los cuales parten de realizar la comparación entre el desempeño de las unidades estudiadas frente a un límite óptimo en el que no hay forma de obtener mejores resultados con la misma cantidad de insumos o un límite óptimo en el cual no hay forma de utilizar una menor cantidad de insumos para obtener un resultado esperado.

En las estimaciones de eficiencia educativa, diversos estudios utilizan métodos de frontera no paramétricos como el Análisis Envolvente de Datos -DEA- (Viana y Prieto, 2018; Delprato y Antequera, 2021). Sin embargo, estos métodos presentan inconvenientes por su naturaleza determinista y sensibilidad a valores atípicos (Avkiran y Parker, 2010; Santos et al. , 2011). Debido a esto, en el presente estudio se propone la aplicación de fronteras no paramétricas robustas, con el enfoque de orden- $\alpha$  propuestas por Daouia y Simar (2007). Este tipo de frontera reduce la

sensibilidad a los valores atípicos y corrigen los problemas de dimensionalidad del DEA. Por ello, en el presente estudio se pretende contribuir al desarrollo de estimaciones de eficiencia educativa mediante el uso del método de Daouia y Simar, con el objetivo de aprovechar las ventajas que ofrece en comparación con otras técnicas de fronteras no paramétricas.

Para el caso de la educación TyT, estudios en Colombia sugieren que la vulnerabilidad socioeconómica puede ser un factor determinante para explicar las diferencias de desempeño entre estudiantes (Bornacelly, 2013; Cellini y Grueso, 2021). Esto se puede explicar porque los estudiantes de programas TyT son la población de mayor vulnerabilidad y con menor nivel de ingresos con respecto a la educación superior (Gómez, 2015).

En este sentido, es relevante señalar que los análisis de eficiencia considerando variables socioeconómicas representan una herramienta útil para detectar desigualdades en el desempeño que puedan estar asociadas con factores socioeconómicos (Alexiadis y Eleftheriou, 2011; Gómez y Ceballos, 2016; Cordero, et al. , 2016). En virtud de ello, en el presente estudio se consideró necesario tener en cuenta el nivel educativo de la madre de los estudiantes como aproximación socioeconómica y los resultados en las pruebas Saber TyT, con el fin de evaluar la eficiencia de las Instituciones de Educación Superior (IES) TyT, tomando en consideración la condición de vulnerabilidad de esta población.

Al respecto, vale la pena destacar que la utilización del nivel educativo de la madre de los estudiantes como proxy socioeconómico surgió debido a la falta de información en las bases de datos del ICFES desde 2018 a 2022, en donde no hay acceso a información completa ni sobre el

índice socioeconómico que construye el mismo ICFES, ni de las preguntas necesarias para reconstruir el mismo. Aun así, como se indicó previamente, el nivel educativo de la madre ha destacado como una variable fuertemente explicativa del contexto económico de los estudiantes (Kalmijn, 1994; Korupp, et al. , 2002), así como un factor determinante en el desarrollo cognitivo y resultados académicos (Kehinde, et al. , 2013; Labin y Taborda, 2014 ; Smaali, 2017 ; Gonzáles, et al. , 2018 ). Por estas razones, se consideró pertinente utilizar esta variable como insumo en la estimación de eficiencia.

De igual forma, cabe destacar que estudios previos sobre eficiencia en la educación superior de Colombia han identificado significativas diferencias entre Instituciones de Educación Superior (IES) públicas y privadas, sobre todo en la educación profesional (Viana, et al. , 2020; Arbona, et al. , 2022; ) Este planteamiento sugiere que, para realizar un estudio más exhaustivo sobre el desempeño de la educación técnica y tecnológica (TyT), es necesario abordar la discusión sobre la eficiencia de las IES de esta educación. En consecuencia, la presente investigación pretende considerar esta discusión al evaluar la eficiencia para IES tanto públicas como privadas, con el ánimo de aportar información sobre las diferencias de desempeño de las IES en Colombia.

Con esta delimitación, la presente investigación tiene como propósito identificar qué tan eficiente es la enseñanza de la educación superior técnica y tecnológica en las IES públicas y privadas. Con este fin, se busca conocer cuáles son las IES que más eficiencia tienen como consecuencia de una mejor relación entre la información socioeconómica de sus estudiantes y sus resultados en las pruebas saber TyT. Así mismo, se propone un análisis comparativo entre las IES

públicas y privadas, que permitan identificar sus diferencias basadas en los resultados de desempeño de sus estudiantes.

Los resultados obtenidos de esta investigación indican que las IES públicas son en promedio más eficientes que las privadas. No obstante, el descenso en el número de estudiantes e IES registradas en las pruebas Saber TyT desde el 2020 impulsó un cambio en las estimaciones que llevaron a reducir la brecha de eficiencia media a favor de las IES públicas presente en los años 2018 y 2019. Estos cambios generaron que las IES privadas fueran en promedio marginalmente más eficientes que las públicas en el año 2022, en contraste con los otros años de estudio. Esta variación en los resultados se puede entender como consecuencia del impacto negativo de la pandemia del Covid-19 en la educación superior, la cual incrementó la deserción y redujo los puntajes de desempeño en general (Melo-Becerra et al. , 2021; Begalinov et al. , 2021; Benito et al. , 2021).

La presente investigación está organizada de la siguiente forma: primero se presentarán los objetivos a desarrollar en la investigación. Más adelante se hará una exposición del concepto de eficiencia junto a una revisión de estudios de eficiencia educativa. Posteriormente, se realizará una caracterización general de la educación TyT en Colombia que permita definir su estado actual. Luego, se expondrá la metodología utilizada en la estimación (fronteras parciales de orden- $\alpha$ ) y los datos que se utilizaron en el estudio. Finalmente, se presentan los resultados diferenciando entre puntajes de IES públicas y privadas, con lo cual se procede a las conclusiones del proyecto.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Determinar la eficiencia de la enseñanza de la educación superior técnica y tecnológica en Colombia, entre el 2018 y 2022.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Estimar la eficiencia de las instituciones de educación públicas y privadas de educación técnica y tecnológica por áreas del conocimiento entre el 2018 y 2022.
- Caracterizar la educación técnica y tecnológica en Colombia
- Realizar un análisis comparativo entre las instituciones privadas y públicas en Colombia por las áreas del conocimiento de la prueba Saber TyT.

## 2. Concepto de eficiencia

En la literatura económica, fue Tjalling Koopmans (1951) quien definió por primera vez la eficiencia técnica como la facultad de producir más utilizando la menor cantidad posible de recursos para ello. Esta definición supone entender las instituciones como organizaciones coordinadas por recursos, las cuales se diferencian entre sí por su capacidad de desarrollo y mejora continua, siendo estas particularidades las que explicarían las diferencias de desempeño entre unas y otras. Esta delimitación de la eficiencia técnica posibilitaría su extensión a través de aplicaciones empíricas, las cuales fortalecieron el concepto hasta las aplicaciones que esta tiene en la actualidad (Farell, 1957; Charnes, Cooper, y Rhodes, 1978).

Uno de los postulados más relevantes en el análisis de eficiencia fue el de Farell (1957), el cual diferenció dos tipos: eficiencia técnica y eficiencia en la asignación. En donde la primera hace referencia a alcanzar el máximo nivel de producto posible dado unos insumos y la segunda a alcanzar la mejor combinación de insumos para un nivel de producto dado. Esta diferenciación sería clave para la aplicación de técnicas estadísticas en las estimaciones de eficiencia y su posterior extensión en distintas ramas de las ciencias sociales (Francisco, 2002; Pericás y López-Roldán; 2008)

Según Delprato y Antequera (2021), los estudios de eficiencia han sido abordados principalmente desde la investigación económica y educativa. Dichos estudios suelen utilizar métodos de fronteras en donde se determina una función de producción y se identifican variables insumo como explicativas del producto dado. Por lo general, los estudios económicos se abordan

desde la eficiencia técnica, en donde se identifican las unidades con mejores resultados o productos como más eficientes que las demás (Melo-Becerra y Iregui-Bohórquez, 2006). A su vez, se destaca que los estudios de eficiencia en la ciencia económica tienden a utilizar variables más vinculadas directamente con la economía que con la educación, como lo es la información socioeconómica de los estudiantes, presupuestos de las instituciones etc (Woessmann, 2008; Agasisti et al. , 2021).

Sobre los estudios de eficiencia económica, los autores Arévalo, Gímenez, y Prior (2022) destacan que el objeto del estudio tiende a ser entorno a las instituciones educativas como unidades de análisis. En este sentido, los autores destacan la influencia del informe publicado por el sociólogo James Coleman titulado “Equality of Educational Opportunity” como un punto de referencia para investigar sobre la eficiencia de la educación en torno al papel de las instituciones y de los factores socioeconómicos (Morales, 2016). Gracias a esto, diversas estimaciones de desempeño educativo se han enfocado en comparar el desempeño de las instituciones como unidades de estudio(Huang y Lee, 2012; Hutaibat et al. , 2021).

Uno de los métodos utilizados para estimar eficiencia educativa son los métodos de no frontera (Marvasti, 2005; Mora, García y Molina, 2016) los cuales se caracterizan porque evalúan el desempeño de las unidades de forma absoluta, sin considerar la comparación entre otras unidades y sin delimitar una frontera de posibilidades de producción (Arévalo, Gímenez y Prior, 2021). La principal limitación de estos métodos es que no permiten establecer una relación entre variables insumos y productos que explican la eficiencia (Kerkvliet et al. , 1998; Balcombe et al. , 2006). Así mismo, estos métodos necesitan especificar la forma funcional del modelo al tener un

enfoque paramétrico. De estos métodos se puede destacar las regresiones por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y el análisis multinivel.

Como se ha mencionado previamente, las mediciones de eficiencia más comunes son a través de métodos de fronteras, las cuales parten de realizar la comparación entre el desempeño de las instituciones estudiadas frente a una frontera óptima (Baik, et al. , 2013). En este sentido, la eficiencia técnica conlleva a establecer una relación entre insumos frente a productos, de manera que se busca alcanzar a un límite óptimo en el que no hay forma de obtener mejores resultados dada una cantidad de insumos. De esta forma, la ineficiencia se reconoce cuando la relación de insumos y resultados no permite alcanzar el óptimo establecido en la frontera (Lecca y Lizama, 2005) .

De acuerdo con Aguilar Benitez (2020), en la aplicación empírica de análisis de eficiencia con métodos de frontera se han diferenciado dos enfoques metodológicos: uno a través de métodos paramétricos y otro con métodos no paramétricos. La principal diferencia entre estas metodologías radica en que los métodos paramétricos necesitan especificar la función de producción con criterios que condicionan su expresión mientras que los no paramétricos no es necesario asumir una función de producción dada (Zhou et al. , 2012; Pool et al. , 2018). Esto significa que los métodos no paramétricos no necesitan asumir una relación determinada entre insumos y productos, por lo que permite evaluar la eficiencia en función del mejor resultado relativo al grupo de referencia (Daouia y Simar, 2007).



Como destaca Peretto (2016), los métodos paramétricos requieren una forma funcional específica que asume una distribución de probabilidad específica para el nivel o frontera de eficiencia, lo que significa que la validez del modelo dependerá de la especificación de los supuestos. De los métodos paramétricos se puede destacar el Análisis de Frontera Estocástica (SFA), el cual tiene la facilidad de reconocer los errores estocásticos de la estimación, lo que permite fácilmente relacionar la ineficiencia y los factores exógenos (Madau, 2015).

Según Delprato y Antequera (2021), el DEA es la técnica no paramétrica más utilizada actualmente para estimaciones de eficiencia técnica. Este método fue presentado inicialmente por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y sus aplicaciones se han extendido desde entonces. La principal característica del DEA es que no necesita asumir una función de producción y consigue estimar la eficiencia de una unidad relativa con respecto al resto de unidades evaluadas. Su aplicación se ha extendido desde estudios que estiman la eficiencia en productividad de empresas hasta estudios que se enfocan en la eficiencia educativa (Viana y Prieto, 2018; Delprato y Antequera, 2021).

A pesar de su utilidad, el DEA tienen limitaciones debido a su naturaleza determinística, problema de dimensionalidad y su alta sensibilidad a la presencia de outliers (Garrido-Rodríguez et al. ,; 2018). En consecuencia, en las últimas décadas se han extendido aplicaciones de fronteras parciales no paramétricas, como es el caso de las fronteras parciales de orden- $\alpha$  (Daouia y Simar, 2007), la cual corrige las limitaciones previamente expuestas de los métodos no paramétricos como el DEA. Sin embargo, en la actualidad aún no se ha propuesto el uso de fronteras de orden- $\alpha$  para estimaciones de eficiencia educativa. Por tanto, el presente estudio busca innovar en la aplicación

de este método con el ánimo de aprovechar sus ventajas y promocionar su extensión en estimaciones de eficiencia educativa.

Finalmente, la idea principal de la eficiencia con métodos de fronteras es lograr identificar los registros que debieron obtener las diferentes organizaciones estudiadas para alcanzar el máximo resultado posible dado sus niveles de insumos. Con la connotación de que en los métodos no paramétricos esta identificación se puede realizar sin asumir supuestos sobre la relación entre insumos y productos, lo que los hace más flexible a la distribución de los datos. Por tanto, para esta investigación se propone estimar la eficiencia técnica de la educación TyT en Colombia a través de las fronteras no paramétricas de orden- $\alpha$ , con el ánimo de analizar las diferencias entre IES públicas y privadas explicadas por la relación entre las características socioeconómicas de sus estudiantes y sus resultados en las pruebas Saber.

Con el objetivo de ampliar la comprensión del concepto de eficiencia, se expondrán distintos estudios que estimaron eficiencia en la educación utilizando métodos no paramétricos de frontera. Con este objetivo primero se abordarán estimaciones de eficiencia en la educación universitaria y escolar en Colombia, para finalmente examinar estimaciones de eficiencia de educación internacional. De estos estudios se puede destacar la utilización de variables insumo referidas tanto a información poblacional como a características socioeconómicas.

## 2.1. Estudios de eficiencia educativa

En primera instancia, se puede destacar la investigación realizada por Viana y Prieto (2018), quienes estimaron la eficiencia de la educación media comparando esta entre colegios urbanos y colegio rurales para el departamento de Santander en Colombia. Para este propósito, utilizaron datos de 25.990 estudiantes de la región que presentaron la prueba Saber 11 aplicada por el ICFES en el año 2016. En la investigación se manejó la metodología DEA con el objetivo de poder desagregar la eficiencia atribuible a los estudiantes y la eficiencia atribuible a los colegios. Para este trabajo se utilizó como variable insumo (x) el índice socioeconómico de la prueba Saber 11 y como producto (y) los resultados de matemáticas y lectura crítica de la prueba. Los resultados de este estudio permiten concluir que, tanto en contexto estudiantil rural como urbano, la mayor contribución a la ineficiencia se atribuye a los colegios y no a los propios estudiantes. De igual manera, en el estudio se pudo evidenciar que las instituciones privadas son más ineficientes que las públicas y que las matriculadas en zonas rurales son más ineficientes que las instituciones de cascos urbanos.

En línea con el trabajo anterior, Arbona, Giménez, López-Estrada y Prior (2021) midieron la calidad y eficiencia entre colegios públicos y privados, pero esta vez tomando en cuenta la educación escolar colombiana. Para este fin, el estudio tomó como referencia la aplicación desde el 2015 del Índice Sintético de la Calidad Educativa (ISCE) por parte del Ministerio de Educación Nacional (MEN) para medir cómo variaron las estimaciones de calidad y eficiencia en colegios públicos y privados entre 2014 y 2017. La investigación utilizó una muestra de 4587 colegios medidos por el ISCE. Para desarrollar el estudio, se empleó el Índice de Metafrontera Malmquist-Luenberger junto al Análisis Envolvente de Datos (DEA) para medir calidad y eficiencia de la

muestra seleccionada. Para estimar la eficiencia se utilizaron como insumos (x) la información socioeconómica de los colegios y como salidas (y) los resultados en las pruebas Saber de educación primaria, secundaria y media. Las conclusiones del estudio es que los colegios públicos presentaron mayores progresos desde la implementación del ISCE en estimación de eficiencia. Aún así, se destaca que este mayor progreso no permitió a los colegios públicos tener mejores resultados de calidad que los colegios privados.

Sobre la educación media a nivel Colombia, se puede destacar el estudio de Arévalo, Giménez y Prior (2021), quienes estimaron la eficiencia de las instituciones registradas en las pruebas Saber 11 para el año 2016. Con este fin, el estudio tomó como insumos (x) el índice socioeconómico de los estudiantes junto a información de las instituciones y como productos (y) el puntaje global en promedio de las instituciones en la Prueba Saber 11. La estimación se realizó con la metodología *Stochastic non-smooth envelopment of data (StoNED)*, el cual es modelo de frontera semi paramétrico que combina el método del DEA. Los resultados de este estudio señalan que las instituciones públicas son más eficientes que las privadas, y que las regiones más eficientes son Bogotá, Antioquia y Caldas respectivamente, mientras que San Andrés, Guaviare, Vaupés, Vichada y Guainía se constituyen como los más ineficientes.

Para dar paso a estudios sobre eficiencia en la educación superior, se puede destacar el estudio de Viana, Arranz y García-Serrano (2020) los cuales estimaron la eficiencia de la educación universitaria en Colombia. Para este fin, se tomaron como referencia los resultados en las pruebas Saber 11 y Saber Pro aplicadas por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). La investigación empleó una muestra total de 93.943 observaciones con base

en las pruebas Saber 11 entre 2006-2011 y las pruebas Saber Pro del 2014 para los mismos estudiantes. La metodología usada fue una combinación de la técnica de frontera no paramétrica de “orden  $m$ ” con el concepto de meta frontera. Para poder hacer el estudio, en la investigación se utilizaron los resultados de las pruebas Saber 11 como insumos ( $x$ ) y los resultados de las pruebas Saber Pro como productos ( $y$ ). En este sentido, para la presentación de resultados se diferenciaron los programas académicos de los estudiantes y se identificaron dos grupos de referencia: los estudiantes y las universidades (públicas/privadas). La evidencia empírica de este estudio indica que los estudiantes del sector privado contribuyen de mejor forma a la eficiencia media institucional que los estudiantes del sector público.

Para dar paso a investigaciones de eficiencia educativa a nivel internacional se resalta el trabajo realizado por Delprato y Antequera (2021) en donde se estimó la eficiencia de instituciones públicas y privadas comparable entre 4 países de Latino América que presentaron las pruebas PISA en 2017: Ecuador, Guatemala, Honduras y Paraguay. Dicha estimación se realizó con el ánimo de examinar la relación de eficiencia entre instituciones públicas y privadas para estos países. Para realizar el estudio se tomaron datos de 705 colegios distribuidos entre 498 colegios públicos y 207 colegios privados con los resultados PISA de 2017. Estos datos se modelaron a través del Análisis Envolvente de Datos (DEA), en donde se usó como entradas ( $x$ ) la información socioeconómica de los colegios y como salidas ( $y$ ) los resultados en las pruebas PISA. En términos generales, la investigación identificó que los colegios privados son más eficientes que los colegios públicos en estos 4 países. Aun así, se logró identificar que dada la relación de insumos y resultados entre unos

y otros, existe un margen mayor de mejorar la eficiencia en colegios públicos que en colegios privados, dada su distribución estudiantil.

Finalmente, en el trabajo realizado por Viana y Fernández (2019) se buscó medir la eficiencia de los estudiantes latinoamericanos que presentaron las pruebas PISA 2015. Para este fin, en el estudio se utilizó un modelo FDH con una orientación de estimaciones robustas y descomposición meta-frontera, que permitió desagregar los resultados entre la eficiencia atribuible a los estudiantes y la eficiencia atribuible a cada país. La investigación utilizó una muestra final de 35.880 estudiantes de 8 países de América Latina (Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, R. Dominicana, México, Perú, Uruguay). Para la estimación se utilizó como insumos (x) información socioeconómica, donde se destaca que se usó como proxy el nivel educativo de los padres, mientras que los productos (y) fueron los puntajes en la prueba. La evidencia de este estudio permitió identificar a que los países con menor ineficiencia son Uruguay y Brasil, mientras que los países en donde se identificó mayores niveles de ineficiencia son México y República Dominicana. Adicionalmente, se identificó que en promedio todas las instituciones de América Latina se muestran considerablemente ineficientes.

De esta revisión se destaca la utilización de métodos no paramétricos como el Análisis Envolvente de Datos (DEA), el cual ha sido destacado previamente como el método más utilizado en estimaciones de eficiencia educativa. Así mismo, se puede destacar que en los estudios de eficiencia educativa en Colombia que toman como insumos variables socioeconómicas y como productos los resultados en las pruebas Saber se identifican mayores puntajes de eficiencia en las

instituciones públicas. Por tanto, con base en esta revisión de literatura en este estudio se asume la hipótesis de que las IES TyT públicas serán más eficientes que las privadas.

### 3. Educación técnica y tecnológica en Colombia

Desde sus inicios, la educación técnica y tecnológica en Colombia se pensó como una formación enfocada en el trabajo y articulada al sector productivo. De acuerdo con el ICFES (1979), la educación TyT fue delimitada como una alternativa para la población más vulnerable ante las escasas oportunidades de acceso a la educación superior profesional y como una respuesta a las necesidades productivas de la economía nacional. Esta perspectiva sobre la educación TyT se ha consolidado en el tiempo debido a esfuerzos gubernamentales para dar a conocer esta formación como una herramienta que fortalece los vínculos entre el sector productivo y educativo, a la vez que promueve la inserción de sus estudiantes con el mercado laboral (MEN, 2020).

El desarrollo de la formación TyT en Colombia ha sido un proceso extenso ligado a las iniciativas estatales registradas desde finales del siglo XIX e inicios del siglo XX. En este contexto, de acuerdo con Uribe Correa (2004), la educación TyT en Colombia estuvo durante décadas sin lineamientos oficiales a nivel curricular y administrativo, lo cual generó una considerable heterogeneidad en los objetivos y calidad de la formación ofrecida. Para subsanar dichos inconvenientes, el gobierno nacional impulsó procesos de unificación de esta educación mediante el Decreto 80 de 1988, que incentivó un aumento de matrículas de hasta en un 141%, y la Ley 30 de 1993, la cual sentó la base legal que posibilitaría la coordinación de esta formación en todo el territorio nacional.

En este sentido, es importante reconocer que la educación TyT ofrece ventajas en comparación con otros tipos de educación. Por ejemplo, algunos estudios han sugerido que los



estudiantes de TyT tienen más probabilidades de obtener trabajos mejor remunerados y desarrollar habilidades más especializadas (Clarck et al. , 2010; Jacinto y Fanelli, 2014). Asimismo, existen evidencias de que los programas TyT promueven la innovación y la creatividad mejorando el desempeño laboral (Peterson, 2001). Estos resultados indican que se puede considerar la educación TyT como una alternativa que fortalece vínculos con el sector productivo.

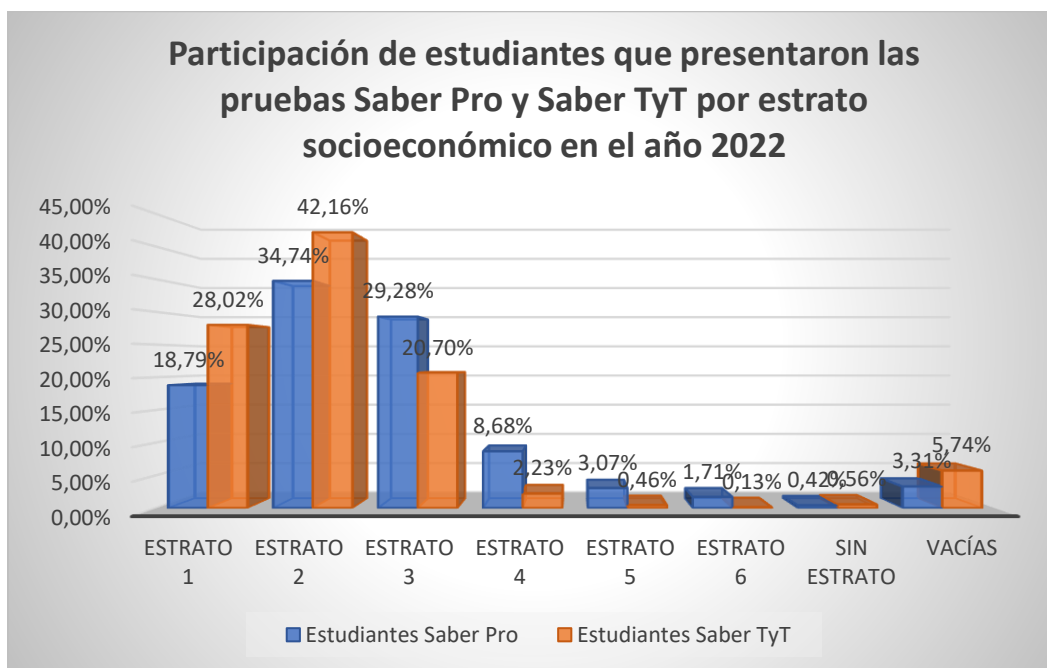
Pese a estas ventajas, en la práctica hay poca claridad sobre la diferenciación puntual de la educación técnica y tecnológica en Colombia, más allá de su diferencia en cuanto a jerarquía académica (Montes y Manning, 2012). Según Monterroza-Rios y Escobar-Gomez (2021), esto se debe a que la formación en tecnologías se ha tratado igual que las técnicas profesionales debido a la incapacidad de las IES de adecuar los lineamientos y programas de acuerdo con el carácter científico de estas. A pesar de que normativamente la educación tecnológica contempla una mayor profundización científica en sus programas, en la realidad no hay claridad sobre esta diferenciación. En consecuencia, la principal diferencia que se puede reconocer entre la educación tecnológica y la técnica profesional es que la primera tiene una duración de tres a cuatro años mientras que la segunda de dos a tres años (MEN, 2020).

La falta de claridad sobre diferencias entre educación técnica y tecnológica no ha impedido la considerable expansión de la demanda que se refleja en la actualidad. Por ejemplo, mientras en el 2010 se contó con 524.627 estudiantes matriculados, para el 2020 la matrícula total fue de 650.382 estudiantes, lo que representa un aumento del 25%. La matrícula para el 2020 contó con una distribución de 581.479 estudiantes en programas de tecnologías y 68.903 en programas técnicos profesionales, lo que representa una participación del 89% y del 11% respectivamente

(Pulgarín, 2019). Como sustentan estudios previos (Bornacelly, 2013; Gómez, 2015) la mayoría de los aspirantes que demandan formación técnica y tecnológica son de bajos ingresos, lo cual se puede asociar a que esta educación posee una mayor concentración de estudiantes en estrato 1 (28,02%) y estrato 2 (42,16%) con respecto a la educación universitaria (ver Figura 1).

**Figura 1.**

*Participación de estudiantes que presentaron las pruebas Saber pro y Saber TyT por estrato socioeconómico en el año 2022.*



*Nota.* La figura muestra la proporción de estudiantes en las pruebas Saber Pro y Saber TyT en cada estrato socioeconómico con respecto al total para el año 2022. Los datos de la figura fueron tomados del ICFES.

Esta expansión se puede entender debido a que, según la UNESCO (2019), la oferta educativa de la educación TyT en Colombia tiene una legislación específica que regula su ejercicio. En este sentido, se puede mencionar que, mientras en el 2018 el 71,61% de los estudiantes que presentaron la prueba SaberTyT se encontraban en IES públicas, para el 2022 su

participación aumentó al 81,03%. En cambio, mientras que en el 2018 el 28,39% de los estudiantes estaban matriculados en IES privadas, para el 2022 la participación de estas decreció al 18,97% (ver Tabla 1). De esto se puede destacar que la mayoría de estudiantes que presentaron la prueba Saber TyT en 2022 se encuentran en IES públicas con un total de 123.197 estudiantes del total de 152.034 estudiantes.

**Tabla 1**

*Estudiantes que presentaron prueba Saber TyT por tipo de IES. 2018-2022*

| <b>Año</b>  | <b>IES públicas</b> | <b>Participación en IES públicas</b> | <b>IES privadas</b> | <b>Participación en IES privadas</b> | <b>Total estudiantes</b> |
|-------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| <b>2018</b> | 99671               | 71,61%                               | 39509               | 28,39%                               | 139180                   |
| <b>2019</b> | 138059              | 75,63%                               | 44492               | 24,37%                               | 182551                   |
| <b>2020</b> | 105780              | 78,86%                               | 28354               | 21,14%                               | 134134                   |
| <b>2021</b> | 98349               | 75,98%                               | 31098               | 24,02%                               | 129447                   |
| <b>2022</b> | 123197              | 81,03%                               | 28837               | 18,97%                               | 152034                   |

*Nota.* La tabla muestra la cantidad y la proporción de estudiantes en las Saber TyT por tipo de IES desde 2018 hasta 2022. Los datos de la figura fueron tomados del ICFES.

Así mismo, se destaca que la mayor proporción de estudiantes en IES públicas se puede explicar por el papel que cumple el Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-, el cual concentra la mayor cantidad de estudiantes TyT. (Yara et al. , 2021). El SENA se ha caracterizado por ser la principal IES promotora de la educación TyT, sobre todo porque se ha articulado con esfuerzos estatales de promoción a la formación para el trabajo (Betancur, 2016). Esto le ha permitido al SENA estar presente en todos los departamentos del país y eventualmente ser la IES con mayor cantidad de estudiantes que presentaron la prueba Saber TyT (ver Tabla 2). Frente a esto, en el presente estudio se estimará la eficiencia considerando a las IES públicas con y el sin el SENA.

Esto con el ánimo de poder identificar si la participación del SENA es relevante para la estimación de la eficiencia de las IES TyT públicas.

**Tabla 2**

*Top 5 IES con más estudiantes registrados para 2022*

| NOMBRE IES   |  |    | ESTUDIANTES | TIPO    |
|--|--|----|-------------|---------|
| SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE-SENA                                |  | DE | 82957       | PÚBLICA |
| DIRECCION NACIONAL DE ESCUELAS-BOGOTÁ D.C.                           |  |    | 10643       | PÚBLICA |
| CORPORACION UNIFICADA NACIONAL DE EDUCACION SUPERIOR-CUN-BOGOTÁ D.C. |  |    | 5004        | PRIVADA |
| UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER-BUCARAMANGA                       |  | DE | 3638        | PÚBLICA |
| FUNDACION DE EDUCACION SUPERIOR SAN JOSE -FESSANJOSE-BOGOTÁ D.C.     |  |    | 2229        | PRIVADA |

*Nota.* La tabla muestra la cantidad y la proporción de estudiantes en las Saber TyT por tipo de IES desde 2018 hasta 2022. Los datos de la tabla fueron tomados del ICFES.

Para el periodo de estudio, se puede destacar la evolución que han tenido las IES registradas en las pruebas Saber TyT, debido que se pasó de 214 IES en 2018 a 193 IES en 2022. Esta reducción se explica principalmente por el efecto de la Pandemia de la Covid-19 en la educación superior en todo el mundo y en Colombia (Melo-Becerra et al. , 2021; Begalinov et al. , 2021) la cual redujo significativamente la población matriculada y la oferta académica en todos los niveles. Este impacto se observa si se analiza la variación de IES registradas en las pruebas Saber TyT de 2019 a 2020 (año de la pandemia), en donde se redujo la cantidad de IES registradas de 225 a 184 (Ver Tabla 3)

**Tabla 3***Evolución de IES registradas en la prueba Saber TyT. 2018-2022*

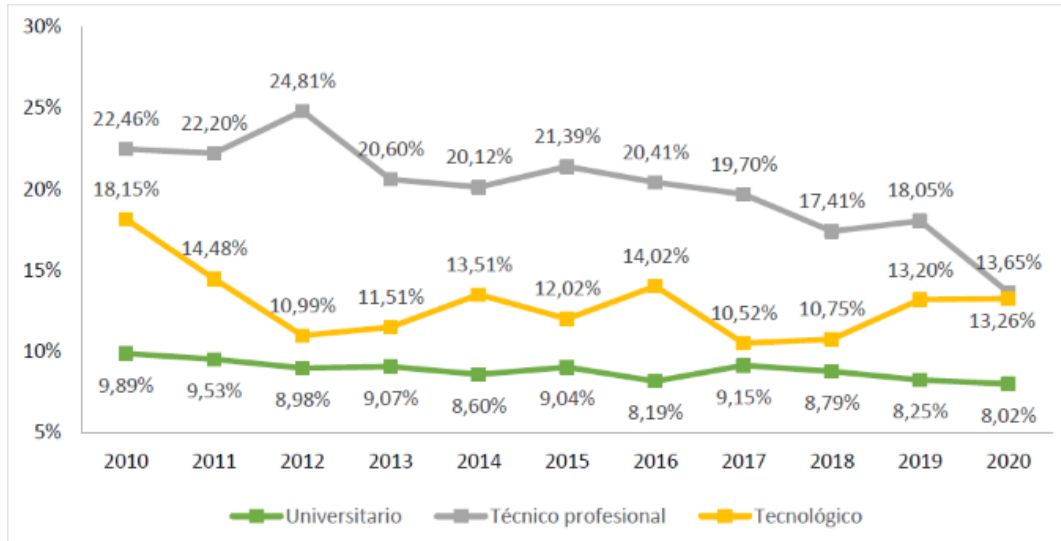
| <b>Año</b>  | <b>IES públicas</b> | <b>IES privadas</b> | <b>Total IES</b> |
|-------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>2018</b> | 99                  | 115                 | 214              |
| <b>2019</b> | 106                 | 119                 | 225              |
| <b>2020</b> | 77                  | 107                 | 184              |
| <b>2021</b> | 89                  | 108                 | 197              |
| <b>2022</b> | 90                  | 103                 | 193              |

*Nota.* La tabla muestra la de IES registradas en las pruebas Saber TyT desde 2018 hasta 2022. Los datos de la tabla fueron tomados del ICFES.

De igual manera, la pandemia generó un efecto negativo en la deserción de la educación TyT en Colombia, el cual ya venía siendo un factor de preocupación y análisis en diversos estudios (Puerta, 2019; Martínez-Restrepo, et al. , 2015). Según el Sistema para la Prevención de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior (SPADIES), para 2020 la deserción de los programas técnicos profesionales y tecnológicos eran muy similares, con tasas del 13,65% y 13,26% respectivamente, las cuales son significativamente mayores a las tasas de los programas universitarios, los cuales tuvieron una tasa de deserción del 8,02%, como se puede observar en la Figura 2.

**Figura 2**

*Tasa de deserción anual según nivel de formación*



*Nota.* La figura es extraída del Sistema para la Prevención y Análisis de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior -SPADIES.

Si se considera el contexto antes de la pandemia, Colombia presentaba una significativa expansión de la oferta académica TyT que le ha permitido posesionarse internacionalmente como uno de los países con mayor proporción de estudiantes TyT con respecto al total de matriculados en educación de pregrado en América Latina (Pulgarín, 2019). Este panorama coincide con las actividades de promoción de la educación TyT que realiza el MEN, como la campaña “Unete a la Ruta T y T; tu momento, tu futuro” de 2021, la cual se enfocó en ofrecer información a la población sobre las ventajas y oportunidades que ofrece este tipo de formación para la consolidación de proyectos de vida (MEN, 2021). Estos programas de promoción se coordinan con las recomendaciones que han realizado organizaciones como la OCDE o el BM sobre la educación TyT en Colombia (Perry, 2003; OCDE, 2016)

En este sentido, es pertinente evaluar si las actividades de promoción de la oferta académica han ido acompañadas con una mejora en el desempeño de la educación, especialmente para aquellos estudiantes que se enfrentan mayores problemas socioeconómicos. Autores como Rincón Baéz, et al. ,(2019) han expuesto que la educación TyT todavía persisten retos importantes en gestión de calidad relacionados con falta de coordinación institucional y de recursos. Aun así, en el país se han venido desarrollando iniciativas de mejora de gestión de desempeño, que plantea la pertinencia de abordar este componente como factor de estudio. (Monterroza-Ríos y Escobar-Gómez, 2021)

Al respecto, los autores Garzón, Silvera y Garcés (2018) mencionan que la calidad ha sido un constante reto en la educación técnica y tecnológica desde su constitución y definición con la Ley 30 de 1992 y la Ley 749 de 2002, las cuales tuvieron la finalidad de organizar las condiciones de calidad requeridas para el desarrollo de programas académicos TyT. Con esta orientación, los autores destacan el papel que ha tenido la acreditación de alta calidad por parte del MEN en coordinar esfuerzos para el establecimiento de parámetros nacionales en la gestión de la oferta. Por esta razón, se presta especial importancia al papel de las IES cuando se estudia la educación TyT, con el ánimo de analizar el impacto que han tenido los esfuerzos gubernamentales en mejorar el desempeño de estas.

Con respecto a estudios sobre IES de la educación TyT, se puede mencionar el estudio realizado por Pulgarín (2019), el cual buscó estimar la calidad de la educación y la inserción laboral de sus egresados a través de una estimación del valor agregado de la educación TyT. En este sentido, el autor destaca que, aunque las IES públicas y privadas son similares en cuanto a calidad,

los registros de inserción laboral que registran los egresados de IES privadas son mejores que en las públicas. De esta forma, el autor plantea la discusión con respecto al papel que tienen las IES en la calidad de sus programas e inserción laboral de sus egresados.

Dado el contexto aquí expuesto, se puede destacar la pertinencia de realizar una estimación de eficiencia de la educación TyT que permita aportar a la discusión sobre el desempeño de las IES que ofrecen esta formación. De igual forma, debido a que en la formación TyT existe una mayor proporción de estudiantes en vulnerabilidad con respecto a la educación superior, se realza la pertinencia de tomar en consideración estas a la hora de hacer una estimación de eficiencia. Por tanto, el presente estudio se plantea atender a las consideraciones particulares de la educación TyT para robustecer la literatura académica sobre esta formación.



#### 4. Metodología

Como se ha mencionado previamente, el presente estudio tiene como objetivo principal determinar la eficiencia técnica de la educación TyT entre 2018 y 2021 en Colombia. Para poder desarrollar el estudio se caracterizó la educación para luego realizar un análisis comparativo entre IES públicas y privadas con base en los puntajes de eficiencia media. Por tanto, el presente estudio tiene un alcance descriptivo y correlacional, ya que se pretende hacer una descripción de la educación técnica en Colombia, para finalmente poder analizar las relaciones entre insumos y resultados que generan determinados niveles de eficiencia entre IES públicas y privadas.

Con el propósito de estimar la eficiencia en la educación TyT, en el presente estudio se tomó como unidades de estudio las IES inscritas en las pruebas Saber TyT discriminadas entre públicas y privadas, así como entre hombres y mujeres. El objetivo de esta discriminación es lograr hacer un análisis comparativo de las unidades de estudio en los módulos de competencia de interés para el estudio, los cuales son los módulos de Razonamiento Cuantitativo (RC) y de Lectura Crítica (LC) de la prueba Saber TyT. Así mismo, se espera poder estimar la eficiencia a partir de los insumos de las IES, que para este estudio son promedio del nivel educativo de la madre de los estudiantes, considerados una aproximación socioeconómica. De esta forma, el presente trabajo se constituye como un estudio de eficiencia con perspectiva socioeconómica.

En el marco de esta investigación, se estimó la eficiencia orientada al producto con la técnica no paramétrica de fronteras parciales de orden- $\alpha$  propuestas por Daouia y Simar (2007). Este método se caracteriza por ser menos sensible a los valores atípicos a comparación de técnicas

como el DEA o FDH, además de atender a la naturaleza determinista y problemas de dimensionalidad de estas técnicas.

Por tanto, para la estimación de eficiencia primero se debe considerar el conjunto de datos  $(x,y)$  que pertenecen a un conjunto de producción posible  $\Psi$ , de los cuales se espera estimar la eficiencia. De acuerdo con Daouia y Simar (2007), el conjunto de producción  $\Psi$  definido bajo el conjunto de insumos  $p$  y conjunto de productos  $q$  en un espacio euclidiano  $\mathbb{R}$  se puede expresar:

$$\Psi = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^{p+q} \mid x \text{ puede producir } y\}$$

En donde  $y$  es el vector de producto y  $x$  el vector de insumos. Así mismo, el proceso de producción puede describirse descrito por la medida de probabilidad conjunta  $(X,Y)$  definida como:

$$H_{XY}(x, y) = \text{Prob}(X \leq x, Y \geq y)$$

Con estas expresiones, Daouia y Simar (2006) definen la puntuación de eficiencia de la producción, para todo  $x$  tal que  $F_X(x) > 0$  como:

$$\lambda(x, y) = \sup\{\lambda \mid S_{Y|X}(\lambda y|x) > 0\} = \sup\{\lambda \mid H_{XY}(x, \lambda y)\}$$

En donde  $\lambda$  expresa la puntuación de eficiencia, y *sup* indica que se esta puntuación está orientada a la maximización del producto. De esta forma, la frontera orientada al producto de orden alfa para las unidades  $(x,y) \in \Psi$  es definido como :

$$\lambda_\alpha(x, y) = \sup\{\lambda \mid S_{Y|X}(\lambda y|x) > 1 - \alpha\}$$

Por tanto, la delimitación de la frontera estará dada por el cuantil  $\alpha$ , en donde la dirección del producto  $\lambda_\alpha(x, y)$  será proporcional a la reducción (cuando sea  $< 1$ ) o al incremento (cuando sea  $> 1$ ) del producto (Daouia y Simar, 2007). De esta forma, si el valor de  $\lambda = 1$  indicaría que la

unidad estudiada se encuentra en la frontera de producción. Así mismo, un valor mayor a 1 indica que la unidad es ineficiente y un valor inferior a 1 indica que la unidad es supereficiente. De esta forma, para las unidades ineficientes el valor de  $(1 - \lambda) < 1$  representa el cambio proporcional que la unidad evaluada debe realizar en su producto para ser eficiente.

Vale la pena destacar que en la aplicación empírica que realizan Daouia, Simar y Wilson (2017), la exposición de los resultados se explica en términos del promedio del puntaje de eficiencia de las unidades estudiadas, teniendo en cuenta tanto el registro de sus valores máximos y mínimos, así como de sus tres cuartiles. Así mismo, en dicha estimación se destaca la utilización de diferentes alfas ( $\alpha$ ), con el ánimo de comparar resultados entre distintas delimitaciones cuantiles. Por tanto, en el presente estudio se presentarán los resultados comparando en primera instancia los modelos con  $\alpha$  de 0.95, 0.90 y 0.85, de manera que se pueda hacer una revisión de la precisión del alfa ( $\alpha$ ) 0.95 frente a los demás modelos.

## 5. Datos y variables

### 5.1. Datos

Los datos de este estudio provienen de las pruebas Saber TyT que aplica el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) a los estudiantes registrados en programas TyT que hayan aprobado el 75% de los créditos académicos de estos programas. Así mismo, para la inscripción del examen los estudiantes deben responder ante el ICFES una encuesta demográfica que permite obtener información del estudiante de interés. En el presente estudio se tomaron estos datos desde el año 2018 hasta el año 2022, con el ánimo de poder observar los cambios en los registros de las IES desde antes y después de la pandemia de la Covid-19, que supuso un impacto negativo para la educación superior en general (Melo-Becerra et al. , 2021; Begalinov et al. , 2021).

Para el estudio primero se contó con una muestra inicial desde 2018 hasta 2022 de 335 IES, de las cuales se incluían un total de 737.346 estudiantes. Una vez realizada la selección de variables y depuración de base de datos, la muestra final quedó conformada por 302 IES con un total de 715.527 estudiantes. Vale la pena mencionar que la mayoría de los estudiantes que presentan la prueba son mujeres, pero esta diferencia se reduce considerablemente en el año 2020 especialmente para las IES públicas, como se puede observar en la Tabla 4. Esta diferencia de género plantea la pertinencia de abordar la estimación de la eficiencia considerando a hombres y mujeres por separado, con el ánimo de considerar qué tanto aportan cada uno a mejorar el puntaje de eficiencia. Por tanto, en el presente estudio se discriminarán los resultados tanto por IES públicas y privadas como por hombres y mujeres.

**Tabla 4***Hombres y mujeres registrados en la prueba Saber TyT por tipo de IES . 2018-2022*

| <b>AÑO</b>  | <b>HOMBRES EN IES PÚBLICAS</b> | <b>MUJERES EN IES PÚBLICAS</b> | <b>HOMBRES EN IES PRIVADAS</b> | <b>MUJERES EN IES PRIVADAS</b> |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>2018</b> | 46062                          | 51609                          | 16327                          | 19682                          |
| <b>2019</b> | 65103                          | 68637                          | 19133                          | 22359                          |
| <b>2020</b> | 50252                          | 50528                          | 12254                          | 14100                          |
| <b>2021</b> | 45040                          | 52309                          | 13861                          | 16237                          |
| <b>2022</b> | 55285                          | 67912                          | 13374                          | 15463                          |

*Nota.* La tabla muestra la cantidad de hombres y mujeres registrados en las pruebas Saber TyT desde 2018 hasta 2022 una vez realizada la depuración de la base de datos. Los datos de la tabla fueron tomados del ICFES.

Con respecto al desempeño de las IES, la Tabla 5 muestra las puntuaciones medias de las IES en los módulos de RC y de LC, discriminadas entre IES públicas y privadas. Se aclara que el rango de calificación de estos módulos va de 0 a 200, donde 200 es el máximo puntaje posible y 0 el mínimo. En este sentido, llama la atención las IES privadas son las que obtienen mejor puntaje en cada uno de los módulos a lo largo de los años, aunque la diferencia es considerablemente marginal. De igual forma, se observa que los años después de la pandemia (2021 y 2022) la diferencia entre puntaje medio de IES privadas y públicas tanto en RC como en LC no alcanza a ser superior a 2 unidades

**Tabla 5***Puntaje medio en RC y LC de la prueba Saber TyT por tipo de IES. 2018-2022*

| <b>AÑO</b>  | <b>PUNTAJE MEDIO EN LC EN IES PÚBLICAS</b> | <b>PUNTAJE MEDIO EN LC EN IES PRIVADAS</b> | <b>PUNTAJE MEDIO EN RC EN IES PÚBLICAS</b> | <b>PUNTAJE MEDIO EN RC EN IES PRIVADAS</b> |
|-------------|--|--|--|--|
| <b>2018</b> | 101.74                                     | 102.40                                     | 90.96                                      | 94.53                                      |
| <b>2019</b> | 99.84                                      | 101.31                                     | 89.77                                      | 92.16                                      |
| <b>2020</b> | 95.26                                      | 98.69                                      | 89.82                                      | 92.80                                      |

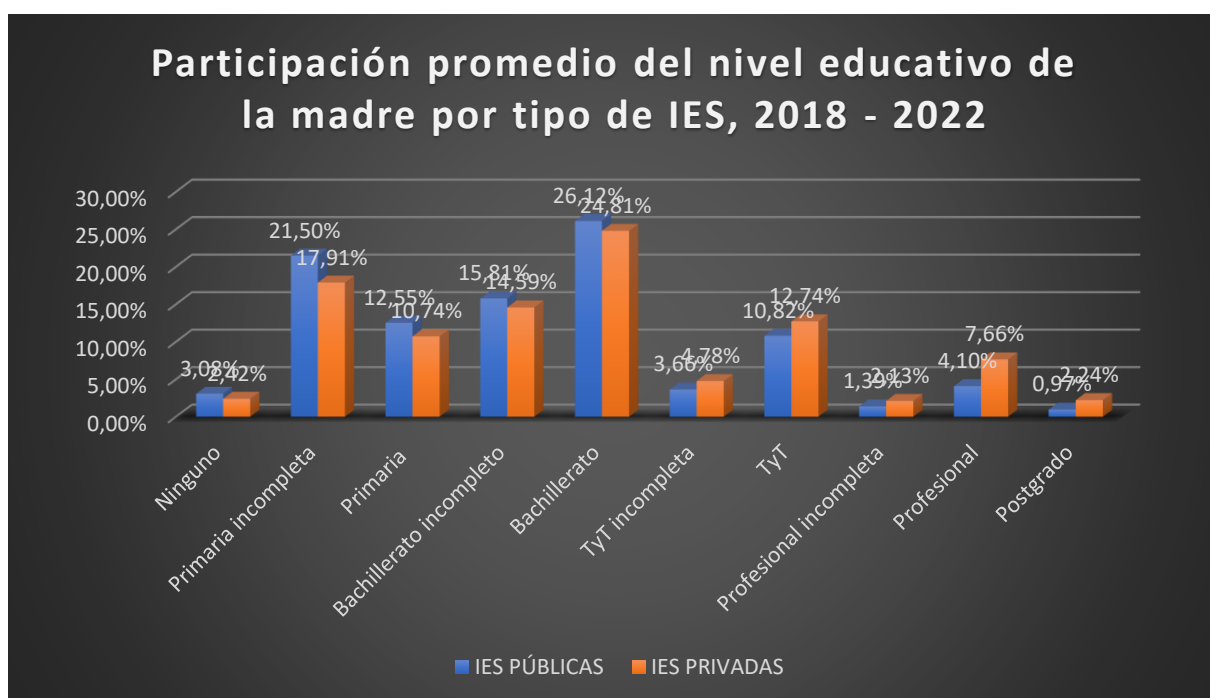
|             |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>2021</b> | 98.09 | 98.75 | 86.92 | 88.08 |
| <b>2022</b> | 98.41 | 96.60 | 86.74 | 86.70 |

*Nota.* La tabla muestra el puntaje promedio en RC y LC desde 2018 hasta 2022 por tipo de IES. Los datos de la tabla fueron tomados del ICFES.

Como se ha mencionado a lo largo del documento, el presente estudio tomará como variable insumo el máximo nivel educativo alcanzado por la madre. En la Figura 3 se puede observar la participación promedio de los niveles educativos registrados por los estudiantes de IES tanto públicas como privadas. En este sentido, es relevante mencionar que las IES públicas tienen una proporción mayor de madres con nivel educativo en Primaria Incompleta y Primaria Completa en comparación con las privadas. Así mismo, en las IES privadas se puede observar una mayor proporción de madres con nivel educativo en educación superior en general

**Figura 3**

*Participación promedio del nivel educativo de la madre por tipo de IES, 2018 - 2022*



*Nota.* La figura muestra la proporción del nivel educativo de la madre de los estudiantes por tipo de IES. Los datos de la figura fueron tomados del ICFES.

Para depurar la base de datos y descartar valores atípicos, se procedió a excluir a los estudiantes que no respondieron a la pregunta sobre el nivel educativo de la madre, así como aquellos que registraron respuestas de “No sabe” y “No aplica”. Con respecto a las unidades de estudio, las IES públicas y privadas, se observó la existencia de IES que registraban muy pocos estudiantes con resultados variados y en algunos casos extremos. Debido a esto, se procedió a excluir las IES con menos de 20 estudiantes registrados en las pruebas. Finalmente, se obtuvo una muestra total de 302 IES, distribuidas entre 163 públicas y 139 privadas.

De acuerdo con el análisis de datos aquí expuesto, se puede observar que no existe mayor asimetría en los puntajes de RC y LC en promedio entre IES públicas y privadas, aunque la tendencia es que las privadas tengan marginalmente mejor puntaje promedio. Sin embargo, para el caso de los niveles educativos de la madre, se puede observar que en los niveles más bajos hay mayor participación de las IES públicas mientras que en los niveles más altos hay mayor participación de las IES privadas. Si se considera esta información, se puede asumir que las IES públicas serán más eficientes que las privadas, ya que los dos tipos de IES registran puntajes similares de RC y LC, pero son las públicas las que concentran los estudiantes con más bajos niveles educativos de las madres. Es decir, los datos sugieren que habría una mejor relación entre una menor cantidad de insumos y los productos obtenidos en las IES públicas.

## **5.2. Variables**

### **5.2.1. Variable producto**

Para los estudios de eficiencia, se considera que uno de los principales retos se relaciona con la elección adecuada de la variable producto (Chakraborty, 2009). En esta línea, los autores Ahn et al. , (1988) destacan que existe un consenso en cuanto a que los productos en la educación superior se deben basar en resultados de enseñanza, productos investigativos y los mecanismos de servicio a la comunidad. Al respecto, algunos autores coinciden en considerar como variables productos los resultados de enseñanza al considerar estos uno de los principales aspectos a considerar en la eficiencia educativa (Bifulco y Bretschneider, 2003; Viana, 2016; Olejarczyk et al. , 2019).

Para el caso de estudios que buscan estimar la eficiencia de la enseñanza, se destaca el uso de productos tanto como del número de graduados como los resultados en las pruebas estandarizadas (Shermis et al. , 2001; Eschima, 2020). Por esta razón, en el presente estudio se propone un análisis de eficiencia de la enseñanza de la educación TyT en Colombia, tomando como variable producto los puntajes promedios de las IES públicas y privadas en los componentes de RC y LC de la prueba Saber TyT que aplica el ICFES desde 2018 hasta 2022. Como se puede observar en la Tabla 6, los puntajes en RC y LC van desde 0 hasta 200, donde 0 es el mínimo y 200 es el máximo puntaje posible



**Tabla 6**

*Escala de los módulos de Razonamiento Cuantitativo (RC) y de Lectura Crítica (LC) de la Saber TyT.*

| <b>Modulo</b>                         | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación Estándar</b> |
|---------------------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------------------|
| <b>Razonamiento Cuantitativo (RC)</b> | 0             | 200           | 100          | 20                         |
| <b>Lectura Crítica</b>                | 0             | 200           | 100          | 20                         |

*Nota.* La tabla muestra el rango de calificación de la prueba Saber TyT. La información fue tomada de la base de datos del ICFES

### **5.2.2. Variable insumo**

Así mismo, diversos estudios han destacado la pertinencia de utilizar información socioeconómica en investigaciones educativas, sobre todo en contextos en donde existe mayor vulnerabilidad socioeconómica (Labin y Taborda, 2014 ; Smaali, 2017). Debido a esto, para la estimación de eficiencia del presente estudio se tomó como variable insumo el promedio del nivel educativo alcanzado por la madre de los estudiantes por tipo de IES. En este sentido, vale la pena destacar que primero se consideró la utilización del índice socioeconómico que estima el ICFES para cada estudiante, pero esta idea tuvo que ser forzosamente declinada debido a que no todas las bases de datos desde 2018 a 2022 tienen este índice ni tampoco cuentan con la información necesaria para que se pueda construir el índice manualmente.

Para consideración del estudio, los niveles educativos registrados por el ICFES en las pruebas Saber se codificaron en función de una escala jerárquica de 1 a 10, en donde el 1 expresa el menor nivel educativo (que en este caso es “Ninguno”) y el número 10 expresa el mayor nivel educativo (que en este caso es “Postgrado”). Con esta codificación se procedió a estimar el

promedio del nivel educativo de la madre de los estudiantes para cada IES, para luego discriminar este promedio entre IES públicas y privadas. La codificación de la variable insumo para cada nivel educativo se realizó como se expresa en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Codificación del nivel educativo de la madre en la prueba Saber TyT.*

| <b>NIVEL EDUCATIVO DE LA MADRE</b>         | <b>CODIFICACIÓN</b> |
|--|---------------------|
| Ninguno                                    | 1                   |
| Primaria incompleta                        | 2                   |
| Primaria completa                          | 3                   |
| Secundaria (Bachillerato) incompleto       | 4                   |
| Secundaria (Bachillerato) completo         | 5                   |
| Educación Técnica y Tecnológica incompleta | 6                   |
| Educación Técnica y Tecnológica completa   | 7                   |
| Educación profesional incompleta           | 8                   |
| Educación profesional completa             | 9                   |
| Postgrado                                  | 10                  |

*Nota.* La tabla muestra cómo se codificaron los niveles educativos de la madre de los estudiantes, en donde al frente de cada nivel educativo se señala su identificación numérica.

### 5.3. Estadísticos descriptivos

En la tabla 8 se presentan los estadísticos descriptivos de las variables insumo y producto desde 2018 hasta 2022. Al respecto, se puede destacar las diferencias en la distribución de las variables en los años 2018 y 2019 (de ahora en adelante años prepandemia) frente a los años 2020, 2021 y 2022 (de ahora en adelante años postpandemia). En este sentido, la variable insumo, que en este estudio es el promedio del nivel educativo de los estudiantes, es la que presenta mayores diferencias entre los años prepandemia y post pandemia, ya que su media pasó de 4,647 en 2018 a 4,936 para el 2022, lo que representa un aumento de 2,89% con respecto al total. Si se considera la reducción considerable en la cantidad de estudiantes y de IES en los años postpandemia (ver Tablas 1 y 3), este resultado sugiere que la pandemia afectó en mayor proporción la deserción académica de los estudiantes más vulnerables.

De igual forma, se pueden destacar asimetrías en la distribución de la variable producto de Lectura Crítica (LC), la cual pasó de tener un promedio de 102,08 en 2018 a un promedio de 97,410 con una reducción del 2,335% con respecto al total. Así mismo, se puede destacar que en el componente de Razonamiento Cuantitativo (RC) no es evidente el efecto de la pandemia, ya que desde 2019 se venía asistiendo a una reducción de su media con respecto a 2018, pasando de una media de 92,87 en 2018 a 86,71 en 2022. En comparación con la variable insumo, estos resultados exponen que los puntajes de RC y LC desde 2018 han decrecido.

**Tabla 8***Estadísticos descriptivos de variables insumo y producto desde 2018 hasta 2022.*

| <b>2018</b>                                      |        |        |        |                     |
|--|--------|--------|--------|---------------------|
|  | Mínimo | Media  | Máximo | Desviación Estándar |
| <b>Media del nivel educativo de la madre (X)</b> | 2,75   | 4,647  | 7,687  | 0,755               |
| <b>Puntaje medio en RC (Y1)</b>                  | 69,74  | 92,87  | 128,98 | 8,705               |
| <b>Puntaje medio en LC (Y2)</b>                  | 80,13  | 102,08 | 124,92 | 7,104               |
| <b>2019</b>                                      |        |        |        |                     |
|  | Mínimo | Media  | Máximo | Desviación Estándar |
| <b>Media del nivel educativo de la madre (X)</b> | 2,686  | 4,677  | 7,89   | 0,710               |
| <b>Puntaje medio en RC (Y1)</b>                  | 65,98  | 91     | 123,52 | 7,800               |
| <b>Puntaje medio en LC (Y2)</b>                  | 74,07  | 100,58 | 124,89 | 7,419               |
| <b>2020</b>                                      |        |        |        |                     |
|  | Mínimo | Media  | Máximo | Desviación Estándar |
| <b>Media del nivel educativo de la madre (X)</b> | 3,163  | 4,854  | 8,041  | 0,693               |
| <b>Puntaje medio en RC (Y1)</b>                  | 67,74  | 91,54  | 122,1  | 7,872               |
| <b>Puntaje medio en LC (Y2)</b>                  | 75,83  | 97,25  | 121,46 | 7,492               |
| <b>2021</b>                                      |        |        |        |                     |
|  | Mínimo | Media  | Máximo | Desviación Estándar |
| <b>Media del nivel educativo de la madre (X)</b> | 3,128  | 4,878  | 7,98   | 0,751               |
| <b>Puntaje medio en RC (Y1)</b>                  | 70,31  | 87,54  | 123,32 | 8,228               |
| <b>Puntaje medio en LC (Y2)</b>                  | 72,96  | 98,42  | 125    | 8,111               |
| <b>2022</b>                                      |        |        |        |                     |
|  | Mínimo | Media  | Máximo | Desviación Estándar |
| <b>Media del nivel educativo de la madre (X)</b> | 3,045  | 4,936  | 7,646  | 0,716               |
| <b>Puntaje medio en RC (Y1)</b>                  | 66,96  | 86,71  | 124,59 | 8,531               |
| <b>Puntaje medio en LC (Y2)</b>                  | 73,25  | 97,41  | 124,74 | 7,784               |

*Nota.* La tabla presenta los estadísticos descriptivos de las variables insumo y producto para la estimación de eficiencia desde 2018 hasta 2022. Elaboración propia

La Tabla 9 presenta los estadísticos descriptivos en promedio de 2018 a 2022 para hombres y mujeres registrados en las pruebas Saber TyT. De esta tabla se puede destacar que los hombres presentan mejores puntajes medios en RC y mayor promedio del nivel educativo de la madre con respecto a las mujeres. En este sentido, los hombres registran una media del nivel educativo de la madre de 4,855 frente a 4,794 en mujeres, lo que nos dice de que las mujeres tienen una media del nivel educativo de la madre en un 0,6% menor que los hombres. De igual forma, los hombres obtienen un puntaje promedio de 92,746 en RC frente al 88,4 de las mujeres, lo que representa que el puntaje medio es mayor en hombres en un 2,173% con respecto al total. Estas diferencias se atenúan con LC, en donde las mujeres tienen un puntaje promedio de 99,646 frente al 99,168 de los hombres, lo que representa un mayor puntaje medio en LC para mujeres de 0,239%. Aun así, estos registros sugieren que los hombres deberían ser más eficientes que las mujeres, ya que obtienen una mejor relación entre insumos y productos en comparación con las mujeres.

**Tabla 9**

*Estadísticos descriptivos de variables insumo y producto desde 2018 hasta 2022 entre hombres y mujeres.*

| <b>Promedio de hombres - 2018 A 2022</b>         |        |        |         |                     |
|--|--------|--------|---------|---------------------|
|  | Mínimo | Media  | Máximo  | Desviación Estándar |
| <b>Media del nivel educativo de la madre (X)</b> | 2,668  | 4,855  | 8,241   | 0,856               |
| <b>Puntaje medio en RC (Y1)</b>                  | 64,116 | 92,746 | 125,24  | 9,801               |
| <b>Puntaje medio en LC (Y2)</b>                  | 68,904 | 99,168 | 129,946 | 8,993               |
| <b>Promedio de mujeres - 2018 A 2022</b>         |        |        |         |                     |
|  | Mínimo | Media  | Máximo  | Desviación Estándar |
| <b>Media del nivel educativo de la madre (X)</b> | 2,793  | 4,794  | 7,985   | 0,820               |
| <b>Puntaje medio en RC (Y1)</b>                  | 66,494 | 88,4   | 121,62  | 8,363               |
| <b>Puntaje medio en LC (Y2)</b>                  | 68,542 | 99,646 | 126,898 | 7,416               |

*Nota.* La tabla presenta los estadísticos descriptivos de las variables insumo y producto para la estimación de eficiencia entre hombres y mujeres desde 2018 hasta 2022. Elaboración propia

Para abordar las diferencias entre las IES TyT públicas y privadas, la tabla 10 presenta los estadísticos descriptivos de las variables de interés en promedio desde 2018 hasta 2022. En primera instancia, se puede destacar que las IES privadas presentan mejores puntajes medios en RC y LC, así como un mayor promedio del nivel educativo de la madre de sus estudiantes con respecto a la IES públicas. Sobre estas diferencias, vale la pena subrayar que la media del nivel educativo de madres en las IES públicas es de 4,688 frente al 4,889 de IES privadas, lo que quiere decir que en las instituciones públicas el nivel educativo de la madre es 2,01% menor que las privadas con respecto al total.

Así mismo, en las IES privadas la media del puntaje en RC y de LC es de 90,832 y 99,528 frente al puntaje medio de las públicas de 88,838 y 98,648 en RC y LC respectivamente. Esto nos indica que en las IES privadas el puntaje medio de RC es 0,997% mejor que en las públicas con respecto al total, así como el puntaje medio de LC en privadas es 0,44% mejor que en las públicas con respecto al total. Sin embargo, si se considera que en las IES privadas el promedio del nivel educativo de la madre de los estudiantes ( $x$ ) es mayor que las públicas en 2,01% con respecto al total, se sugiere que las IES públicas deberían ser más eficientes en promedio que las IES privadas, ya que las públicas registran proporcionalmente menores niveles de insumo frente a las proporciones de mejor resultado de las IES privadas tienen en sus productos.

**Tabla 10***Estadísticos descriptivos de variables insumo y producto desde 2018 hasta 2022 por tipo de IES*

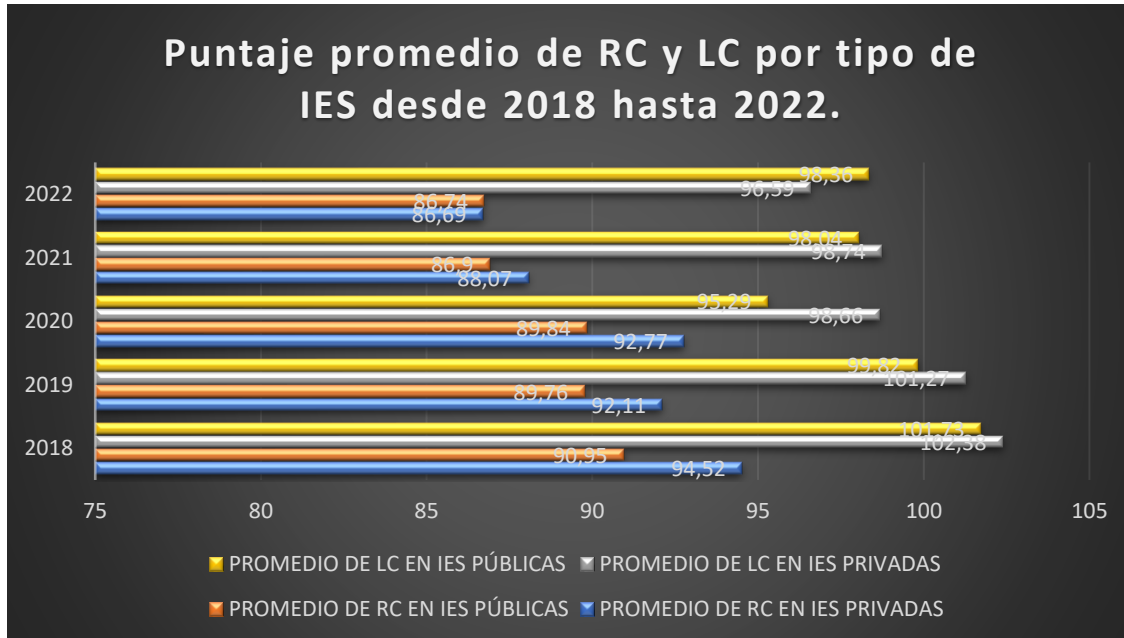
| <b>Promedio de IES públicas - 2018 A 2022</b>    |        |        |         |                     |
|--|--------|--------|---------|---------------------|
|  | Mínimo | Media  | Máximo  | Desviación Estándar |
| <b>Media del nivel educativo de la madre (X)</b> | 3,073  | 4,688  | 6,609   | 0,659               |
| <b>Puntaje medio en RC (Y1)</b>                  | 68,146 | 88,838 | 124,502 | 10,301              |
| <b>Puntaje medio en LC (Y2)</b>                  | 75,248 | 98,648 | 124,202 | 8,115               |
| <b>Promedio de IES privadas - 2018 A 2022</b>    |        |        |         |                     |
|  | Mínimo | Media  | Máximo  | Desviación Estándar |
| <b>Media del nivel educativo de la madre (X)</b> | 3,149  | 4,889  | 7,849   | 0,822               |
| <b>Puntaje medio en RC (Y1)</b>                  | 75,484 | 90,832 | 108,668 | 6,666               |
| <b>Puntaje medio en LC (Y2)</b>                  | 84,724 | 99,528 | 116,962 | 6,124               |

*Nota.* La tabla presenta los estadísticos descriptivos de las variables insumo y producto para la estimación de eficiencia entre IES públicas y privadas desde 2018 hasta 2022. Elaboración propia

De igual forma, es importante destacar que, aunque las IES privadas tienen mejor promedio de desempeño en las variables producto (RC y LC) que las públicas, el comportamiento de los valores máximos nos indica que existe una mayor volatilidad en la distribución de los datos de las IES públicas, debido a que en promedio el puntaje máximo de las IES públicas en RC y LC fueron de 124,502 y 124,202 respectivamente, mientras que en las IES privadas fueron de 108,668 y 116,962 respectivamente. Así mismo, en promedio el puntaje mínimo en RC y LC para las IES públicas fue de 68,146 y 75,428, a comparación de las IES privadas cuyos puntajes mínimos en promedio fueron de 75,484 y 84,724 respectivamente. Esto quiere decir que las IES públicas tienen en promedio mayores puntajes máximos y menores puntajes mínimos en RC y LC que las privadas, lo que confirma la mayor volatilidad en la distribución de los datos. Este hecho destaca la pertinencia de utilizar la delimitación cuantil con fronteras de orden- $\alpha$ , que pueda atender a la presencia de valores máximos y mínimos atípicos.

**Figura 4**

*Puntaje promedio de RC y LC por tipo de IES desde 2018 hasta 2022*



**Nota.** La figura presenta la evolución del puntaje medio en RC y LC entre IES públicas y privadas desde 2018 hasta 2022. Elaboración propia

Así mismo, la figura 4 se puede observar el comportamiento promedio de los componentes de LC y RC comparado entre IES desde 2018 hasta 2022. Referente a esto, se puede destacar que hubo una reducción en los puntajes promedio tanto para IES privadas como públicas en los años de 2020, 2021 y 2022, lo cual se puede relacionar con el efecto negativo de la pandemia en matrícula académica. De igual forma, se puede apreciar que la tendencia desde 2018 hasta 2021 es que las IES privadas superen en puntaje promedio a las IES públicas y que la brecha entre ambas se reduzca progresivamente. Sin embargo, para el año 2022 se aprecia que las IES públicas obtienen mejores puntajes en promedio en LC y en RC. Aun así, como sugieren la tabla 3 y 4 para el año 2022 todavía no se había recuperado el nivel de estudiantes y de IES registradas en las



pruebas del 2019 (año previo a la pandemia), por lo que es importante considerar este hecho como un factor que influye en las diferencias en el puntaje para este año.

## 6. Resultados

La estimación de eficiencia se obtuvo utilizando la muestra final de IES a través de la metodología de fronteras parciales de orden- $\alpha$  propuestas por Daouia y Simar (2007). Para la presentación de resultados se utilizará la orientación empleada por Daouia, Simar y Wilson (2017), en donde después de la descripción de los estadísticos descriptivos se presentan los puntajes de eficiencia delimitados por factores de interés mostrados a continuación.

### 6.1. Eficiencia en la educación Técnica y Tecnológica

Para presentar las estimaciones de eficiencia con el método de fronteras parciales de orden- $\alpha$ , se tomará como base lo dispuesto por Daouia, Simar y Wilson (2017), los cuales proponen comparar las estimaciones de eficiencia para diferentes valores de alfas ( $\alpha$ ) que permitan desagregar las diferencias en cada distribución. De esta forma, primero se presentarán las estimaciones de eficiencia de la educación TyT desde 2018 hasta 2022 para tres diferentes valores de  $\alpha = 0.95, 0.90$  y  $0.85$  -, para luego examinar la eficiencia desagregada entre IES y entre hombres y mujeres. Los resultados se presentan con los estadísticos descriptivos, en donde las columnas “1Qu”, “Mediana” y “3Qu” indican el primer, segundo y tercer cuartil de la distribución de la eficiencia en cada periodo.

En la Tabla 11, se presentan las estimaciones de eficiencia para los tres valores de  $\alpha$  tomados a consideración. De acuerdo con Wheelock y Wilson (2008), las diferencias entre valores máximos y mínimos, revelan la sensibilidad a los valores atípicos de cada modelo. Con relación a estos resultados, se puede identificar que las estimaciones de eficiencia con un  $\alpha$  de 0.95 son los que registran menores valores tanto en mínimos como en máximos, así como valores más pequeños para cada uno de los tres cuartiles. Incluso, esta estimación es la única en donde el 75% de las IES

(tercer cuartil) muestra un desempeño supereficiente. En consecuencia, esto genera que la eficiencia media de cada año con un  $\alpha$  de 0.95 sea más pequeña en comparación a la eficiencia media con los  $\alpha$  de 0.90 y 0.85. Por tanto, esta evidencia sugiere que los modelos con  $\alpha$  de 0.95 son más precisos y explican mejor la eficiencia de la educación TyT en los periodos de análisis. Por esta razón, se utilizarán los modelos con  $\alpha$  de 0.95 para comparar la eficiencia entre IES y entre hombres y mujeres.

**Tabla 11**

*Estimación de eficiencia de la educación TyT desde 2018 hasta 2022 con  $\alpha = 0.95$*

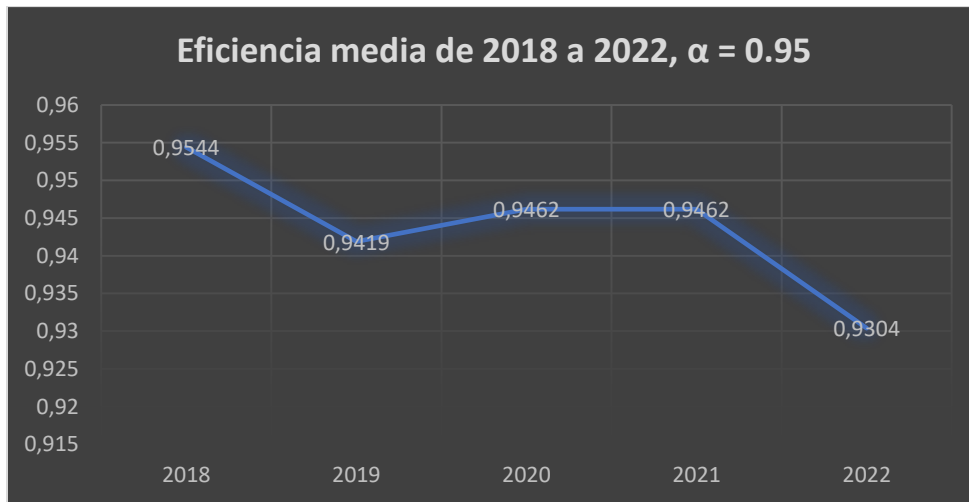
| <b>Eficiencia Educación TyT, <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |         |        |        |         |
|---|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
|   | Mínimo | 1Qu    | Mediana | Media  | 3Qu    | Máximo  |
| <b>2018</b>   | 0,7447 | 0,92   | 0,9616  | 0,9544 | 0,9966 | 1,2336  |
| <b>2019</b>   | 0,682  | 0,8957 | 0,9415  | 0,9419 | 0,9913 | 1,21410 |
| <b>2020</b>   | 0,7529 | 0,9055 | 0,9536  | 0,9462 | 0,994  | 1,18210 |
| <b>2021</b>   | 0,7602 | 0,9037 | 0,9447  | 0,9462 | 1,0000 | 1,24110 |
| <b>2022</b>   | 0,7336 | 0,8782 | 0,9298  | 0,9304 | 0,9827 | 1,26000 |
| <b>2018A2022</b>  | 0,7265 | 0,9033 | 0,9442  | 0,9435 | 0,9912 | 1,22100 |
| <b>Eficiencia Educación TyT, <math>\alpha = 0.90</math></b> |        |        |         |        |        |         |
|   | Mínimo | 1Qu    | Mediana | Media  | 3Qu    | Máximo  |
| <b>2018</b>   | 0,771  | 0,9417 | 0,9848  | 0,9799 | 1,0100 | 1,2676  |
| <b>2019</b>   | 0,685  | 0,9142 | 0,958   | 0,9597 | 1,0000 | 1,2436  |
| <b>2020</b>   | 0,7529 | 0,9218 | 0,9706  | 0,9651 | 1,0052 | 1,2212  |
| <b>2021</b>   | 0,7851 | 0,9291 | 0,9711  | 0,9721 | 1,0159 | 1,2909  |
| <b>2022</b>   | 0,7548 | 0,9193 | 0,9653  | 0,963  | 1,0000 | 1,2946  |
| <b>2018A2022</b>  | 0,7416 | 0,927  | 0,9686  | 0,9673 | 1,0084 | 1,2534  |
| <b>Eficiencia Educación TyT, <math>\alpha = 0.85</math></b> |        |        |         |        |        |         |
|   | Mínimo | 1Qu    | Mediana | Media  | 3Qu    | Máximo  |
| <b>2018</b>   | 0,7779 | 0,9539 | 0,9980  | 0,9952 | 1,0347 | 1,2898  |
| <b>2019</b>   | 0,6850 | 0,9393 | 0,9808  | 0,9801 | 1,0154 | 1,2729  |
| <b>2020</b>   | 0,7529 | 0,9329 | 0,9875  | 0,9799 | 1,0243 | 1,2527  |
| <b>2021</b>   | 0,7970 | 0,9482 | 0,9911  | 0,9889 | 1,0330 | 1,3115  |
| <b>2022</b>   | 0,7711 | 0,9310 | 0,9831  | 0,9802 | 1,0184 | 1,3178  |
| <b>2018A2022</b>  | 0,7505 | 0,9387 | 0,9816  | 0,9823 | 1,0264 | 1,2779  |

*Nota.* La tabla presenta los descriptivos de la eficiencia estimada para cada alfa ( $\alpha$ ). Elaboración propia

Sobre la eficiencia de la educación TyT en general, se puede destacar que en los 3 modelos con diferentes  $\alpha$  las instituciones de educación TyT son supereficiente desde 2018 hasta 2022 al tener valores inferiores a 1. Sobre esto la Figura 5 presenta el comportamiento de la eficiencia media desde 2018 hasta 2022. Vale la pena destacar que en los años prepandemia se venía asistiendo a una mejora en la puntuación de la eficiencia media, pero esta mejora se detuvo en los dos primeros años post pandemia. Sin embargo, se tiene que en el año 2022 fue en el que mejor eficiencia media hubo con un resultado de 0,9304. Aun así, es importante tomar en cuenta que la reducción significativa que hubo de estudiantes y de IES en los años post pandemia podría explicar la variación de eficiencia en estos años, así como el hecho de que para el año 2022 todavía no se había alcanzado el nivel de estudiantes y de IES registrado en el año 2019, previo a la pandemia.

**Figura 5**

*Evolución de eficiencia media de la educación TyT desde 2018 hasta 2022 con  $\alpha = 0.95$*



*Nota.* La figura presenta la evolución de la eficiencia media en la educación TyT desde 2018 hasta 2022. Elaboración propia.

Sobre la eficiencia entre IES públicas y privadas, en la tabla 12 se presentan los estadísticos descriptivos de la eficiencia comparada desde 2018 hasta 2022, en donde la última columna muestra el promedio de eficiencia entre estos años. Teniendo en cuenta que las unidades con puntuaciones por debajo de la unidad en el análisis son catalogadas como super eficientes, los resultados sugieren que tanto las IES privadas como las públicas son super eficientes, pero esta varía en cada año para cada una. De esta forma, tal y como se sugería en los estadísticos descriptivos y en la revisión de literatura, en promedio las IES públicas fueron más eficientes en total considerando todos los años de estudio. Esta tendencia es palpable sobre todo en los años prepandemia (2018 y 2019), en donde la eficiencia media de las IES públicas fue de 0,9394 y 0,9291 respectivamente frente a la eficiencia media de las IES privadas, que en 2018 fue de 0,9669 y en 2019 fue de 0,9574. Esto quiere decir que las IES públicas fueron un 2,75% más eficientes en 2018 y un 2,83% más eficientes en 2019 con respecto a las privadas.

**Tabla 12**

*Estimación de eficiencia por tipo de IES desde 2018 hasta 2022 , con  $\alpha = 0.95$*

| <b>Eficiencia IES públicas TyT , <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |         |        |        |        |
|---|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
|   | Mínimo | 1Qu    | Mediana | Media  | 3Qu    | Máximo |
| <b>2018</b>   | 0,7183 | 0,8880 | 0,9445  | 0,9394 | 1,0000 | 1,1953 |
| <b>2019</b>   | 0,6820 | 0,8768 | 0,9287  | 0,9291 | 0,9883 | 1,2141 |
| <b>2020</b>   | 0,7874 | 0,8923 | 0,9537  | 0,9449 | 1,0000 | 1,1988 |
| <b>2021</b>   | 0,7563 | 0,8951 | 0,9484  | 0,9454 | 1,0000 | 1,2298 |
| <b>2022</b>   | 0,7336 | 0,8751 | 0,9415  | 0,9358 | 0,9975 | 1,2200 |
| <b>2018A2022</b>  | 0,7177 | 0,8869 | 0,9406  | 0,9385 | 0,9919 | 1,2300 |
| <b>Eficiencia IES privadas TyT, <math>\alpha = 0.95</math></b>  |        |        |         |        |        |        |
|   | Mínimo | 1Qu    | Mediana | Media  | 3Qu    | Máximo |
| <b>2018</b>   | 0,8394 | 0,9296 | 0,9756  | 0,9669 | 1,0000 | 1,0822 |
| <b>2019</b>   | 0,8133 | 0,9268 | 0,9552  | 0,9574 | 0,9963 | 1,1021 |
| <b>2020</b>   | 0,7784 | 0,9206 | 0,9544  | 0,9504 | 0,9875 | 1,0919 |
| <b>2021</b>   | 0,7719 | 0,9197 | 0,9555  | 0,9544 | 0,9979 | 1,1336 |
| <b>2022</b>   | 0,7575 | 0,8866 | 0,9351  | 0,9300 | 0,9825 | 1,1020 |

|                  |        |        |        |        |        |        |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>2018A2022</b> | 0,7894 | 0,9151 | 0,9489 | 0,9495 | 0,9904 | 1,0845 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

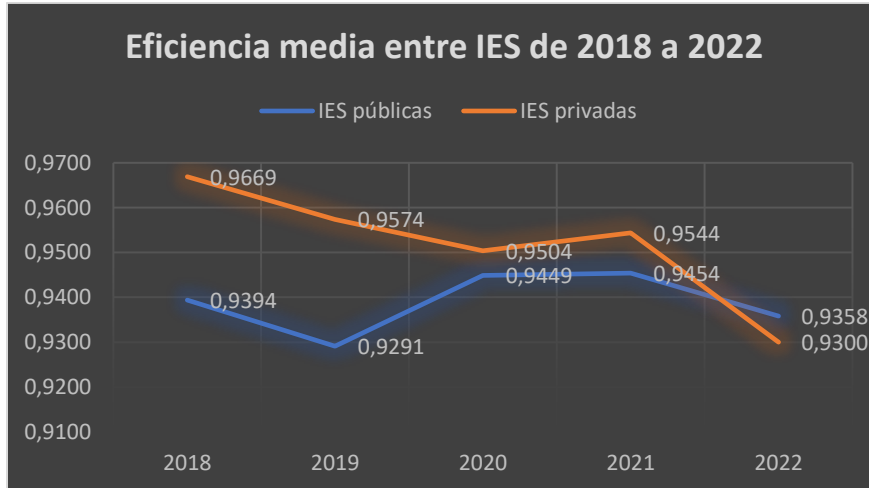
*Nota.* La tabla presenta los descriptivos de la eficiencia por tipo de IES de la educación TyT desde 2018 hasta 2022. Elaboración propia.

Sin embargo, las diferencias en las puntuaciones de eficiencia media entre IES públicas y privadas se reducen considerablemente en el periodo postpandemia, hasta llegar al año 2022 en donde las instituciones privadas alcanzan a ser más eficientes que las públicas, aunque la diferencia es de solo 0,05%. Vale la pena señalar que para los años 2020 y 2021 el 75% de las IES públicas (tercer cuartil) muestran un desempeño eficiente, mientras que las IES privadas para esos mismos periodos logran desempeños super eficientes. No obstante, las IES públicas para ese periodo son igualmente más eficientes en promedio que las privadas, lo que nos indica que en estas IES existe una mayor variabilidad en los resultados.

En la Figura 6 se evidencia cómo se redujo la brecha en la eficiencia media entre IES desde el periodo postpandemia. Por ejemplo, para 2020 y 2021 las IES públicas tuvieron una eficiencia media superior a las privadas en solo un 0,05% y un 0,09% respectivamente. En este sentido, vale la pena aclarar que este resultado puede obedecer al hecho evidenciado en la tabla 9, en donde en los años post pandemia se asiste a un aumento considerable de la media de la variable insumo, alcanzando su media máxima en 2022. Este hecho reafirma la necesidad de comparar los resultados de las IES diferenciando entre periodos prepandemia y periodos postpandemia.

**Figura 6**

*Evolución de eficiencia media de la educación TyT desde 2018 hasta 2022 por tipo de IES*

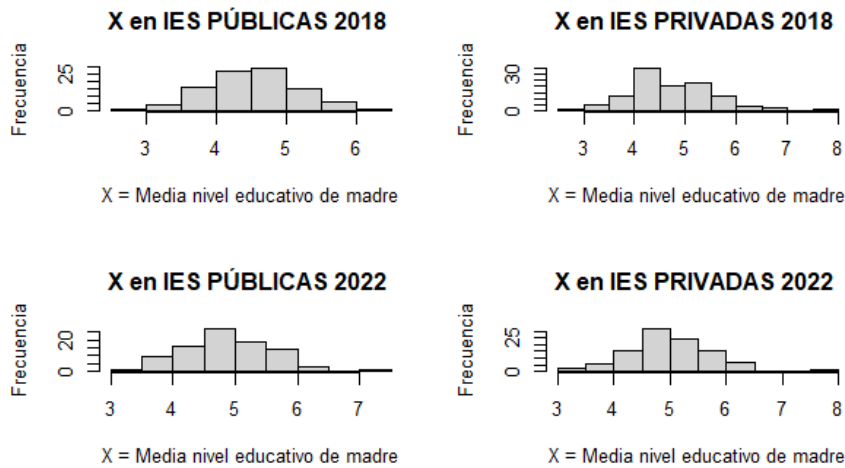


*Nota.* La figura presenta la evolución de la eficiencia media por tipo de IES en la educación TyT desde 2018 a 2022. Elaboración propia.

Por otro lado, la figura 7 presenta cuatro histogramas que comparan las frecuencias de la variable insumo en 2018 y en 2022 para IES públicas y privadas, con el ánimo de analizar el cambio en la eficiencia media entre IES en 2022. En este sentido, se puede evidenciar que para las IES públicas hubo mayores cambios de 2018 a 2022, ya que la proporción de estudiantes con el nivel educativo de la madre mayor a 5 (es decir, mayor a “Bachillerato completo”) es considerablemente superior en 2022. Así mismo, para las IES privadas se puede evidenciar que para el año 2022 se observa una mayor proporción de estudiantes con el nivel educativo de la madre inferior entre los niveles 3 y 4 (es decir, entre “Primaria completa” y “Bachillerato incompleto”). Estas asimetrías pueden explicar por qué las IES privadas empezaron a ser en promedio más eficientes que las públicas para 2022.

**Figura 7**

*Histogramas de variable X comparada por tipo de IES de 2018 y 2022.*



*Nota.* La figura presenta los histogramas de frecuencias de la variable X por tipo de IES en la educación TyT en 2018 y en 2022. Elaboración propia

De igual forma, para atender a la alta concentración de estudiantes que se encuentran en el SENA, en la Tabla 13 se estimó la eficiencia de las IES públicas excluyendo la participación del SENA para comparar sus resultados con respecto a la eficiencia de las IES públicas en total. Referente a esto, se puede destacar que la exclusión del SENA permitió que las IES públicas fueran en promedio más eficientes en 2019, en 2020 y en 2022. Así mismo, la inclusión del SENA dentro del conjunto de las IES públicas permitió una mayor eficiencia media en el 2018. Sin embargo, para el año 2021 y para el promedio entre 2018 a 2022 la eficiencia media fue igual con o sin SENA. De modo similar, el comportamiento de los tres cuartiles no presenta mayor volatilidad con la exclusión del SENA. Estos resultados suponen que la exclusión del SENA no es significativa para las estimaciones de eficiencia, por lo que se procedió a incluirse dentro de del análisis de las IES públicas sin diferenciación particular.



**Tabla 13**

*Estimación de eficiencia de IES públicas con y sin el SENA desde 2018 hasta 2022, con  $\alpha = 0.95$ .*

| <b>Eficiencia IES públicas TyT con SENA, <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |         |        |        |        |
|---|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
|   | Mínimo | 1Qu    | Mediana | Media  | 3Qu    | Máximo |
| <b>2018</b>   | 0,7183 | 0,8880 | 0,9445  | 0,9394 | 1,0000 | 1,1953 |
| <b>2019</b>   | 0,6820 | 0,8768 | 0,9287  | 0,9291 | 0,9883 | 1,2141 |
| <b>2020</b>   | 0,7874 | 0,8923 | 0,9537  | 0,9449 | 1,0000 | 1,1988 |
| <b>2021</b>   | 0,7563 | 0,8951 | 0,9484  | 0,9454 | 1,0000 | 1,2298 |
| <b>2022</b>   | 0,7336 | 0,8751 | 0,9415  | 0,9358 | 0,9975 | 1,2200 |
| <b>2018A2022</b>  | 0,7177 | 0,8869 | 0,9406  | 0,9385 | 0,9919 | 1,2300 |
| <b>Eficiencia IES públicas TyT sin SENA, <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |         |        |        |        |
|   | Mínimo | 1Qu    | Mediana | Media  | 3Qu    | Máximo |
| <b>2018</b>   | 0,7183 | 0,8866 | 0,9454  | 0,9396 | 1,0000 | 1,1953 |
| <b>2019</b>   | 0,6820 | 0,8766 | 0,9311  | 0,9287 | 0,9891 | 1,2141 |
| <b>2020</b>   | 0,7874 | 0,8880 | 0,9563  | 0,9444 | 1,0000 | 1,1988 |
| <b>2021</b>   | 0,7563 | 0,8949 | 0,9495  | 0,9454 | 1,0000 | 1,2298 |
| <b>2022</b>   | 0,7336 | 0,8803 | 0,9418  | 0,9350 | 0,9974 | 1,2204 |
| <b>2018A2022</b>  | 0,7177 | 0,8867 | 0,9408  | 0,9385 | 0,9916 | 1,2300 |

*Nota.* La tabla presenta los descriptivos de la eficiencia comparada entre IES públicas con y sin el SENA desde 2018 hasta 2022. Elaboración propia

Con respecto a hombres y mujeres, la Tabla 14 presenta la estimación de eficiencia comparada entre sexos desde 2018 hasta 2022. Tal y como se sugirió en los estadísticos descriptivos, los hombres fueron en promedio más eficientes que las mujeres desde 2018 a 2022, con una eficiencia media de 0,9317 frente a una eficiencia media de 0,9391 en las mujeres. A pesar de esto, la eficiencia media año a año no permite establecer una tendencia clara a favor de uno u otro, ya que las mujeres fueron un 1,16% y un 1,08% más eficientes en 2018 y en 2022 respectivamente, pero también fueron un 0,6%, 0,76%, y un 3,17 % más ineficientes en 2019, 2020 y 2022 respectivamente. Por tanto, a pesar de que los hombres muestran un desempeño más eficiente en promedio que las mujeres, no se puede definir una tendencia de eficiencia en los años

prepandemia y post pandemia a favor de uno o de otro, a diferencia de lo que ocurrió con las IES públicas y privadas.

**Tabla 14**

*Estimación de eficiencia entre hombres y mujeres registrados en pruebas Saber TyT desde 2018 hasta 2022 , con  $\alpha = 0.95$*

| <b>Eficiencia Hombres TyT, <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |         |        |        |        |
|---|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
|   | Mínimo | 1Qu    | Mediana | Media  | 3Qu    | Máximo |
| <b>2018</b>   | 0,5603 | 0,8909 | 0,9490  | 0,9405 | 0,9916 | 1,2658 |
| <b>2019</b>   | 0,6701 | 0,8907 | 0,9407  | 0,9374 | 0,9933 | 1,2074 |
| <b>2020</b>   | 0,7576 | 0,8827 | 0,9475  | 0,9378 | 0,9902 | 1,1522 |
| <b>2021</b>   | 0,7356 | 0,9023 | 0,9408  | 0,9414 | 0,9903 | 1,2428 |
| <b>2022</b>   | 0,6866 | 0,8412 | 0,9050  | 0,9019 | 0,9658 | 1,1845 |
| <b>2018A2022</b>  | 0,6543 | 0,8831 | 0,9317  | 0,9316 | 0,9836 | 1,2992 |
| <b>Eficiencia Mujeres TyT, <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |         |        |        |        |
|   | Mínimo | 1Qu    | Mediana | Media  | 3Qu    | Máximo |
| <b>2018</b>   | 0,6748 | 0,8849 | 0,9277  | 0,9289 | 0,9748 | 1,2086 |
| <b>2019</b>   | 0,6906 | 0,8991 | 0,9391  | 0,9434 | 0,9851 | 1,2164 |
| <b>2020</b>   | 0,7417 | 0,9023 | 0,9473  | 0,9454 | 0,9909 | 1,1793 |
| <b>2021</b>   | 0,7165 | 0,8803 | 0,9281  | 0,9306 | 0,9866 | 1,2146 |
| <b>2022</b>   | 0,7092 | 0,8843 | 0,9351  | 0,9336 | 0,9820 | 1,2634 |
| <b>2018A2022</b>  | 0,7171 | 0,8925 | 0,9391  | 0,9377 | 0,9837 | 1,1988 |

*Nota.* La tabla presenta los descriptivos de la eficiencia comparada entre IES públicas con y sin el SENA desde 2018 hasta 2022. Elaboración propia.

Finalmente, se procedió a estimar la eficiencia diferenciada para hombres y mujeres tanto en IES públicas como en IES privadas. En este sentido, la Tabla 15 presenta la eficiencia media comparada para los cuatro grupos poblacionales. Al respecto, se destaca que los hombres y las mujeres de IES públicas son en promedio más eficientes que sus pares en IES privadas en todos los años. Esto se puede corroborar ya que los hombres en IES públicas tuvieron una eficiencia media desde 2018 hasta 2022 de 0,9240 mientras que en los hombres en IES privadas fue de 0,9420, lo que quiere decir que en las públicas los hombres fueron un 1,8% más eficientes en

promedio. De igual manera, las mujeres en las IES públicas fueron un 2,86% más eficientes que las mujeres en instituciones privadas. Estos resultados inclinan la balanza de eficiencia a favor de las IES públicas, a diferencia de lo que se observa cuando se compara a hombres y mujeres sin considerar el tipo de IES. Por último, de esta revisión se puede destacar que, como ocurre con la eficiencia media entre tipo de IES, la brecha de eficiencia media a favor de las IES públicas se redujo a partir del periodo postpandemia, especialmente en los hombres.

**Tabla 15**

*Eficiencia entre hombres y mujeres comparada por tipo de IES,  $\alpha = 0.95$*

| <b>Eficiencia de hombres en IES TyT públicas, <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | Min    | 1Qu    | Median | Mean   | 3Qu    | Max    |
| <b>2018</b>  | 0,5603 | 0,8739 | 0,9397 | 0,9247 | 0,9887 | 1,1633 |
| <b>2019</b>  | 0,6701 | 0,8646 | 0,9413 | 0,9280 | 0,9969 | 1,1949 |
| <b>2020</b>  | 0,7611 | 0,8763 | 0,9441 | 0,9370 | 1,0000 | 1,1460 |
| <b>2021</b>  | 0,7266 | 0,8800 | 0,9370 | 0,9303 | 0,9878 | 1,1885 |
| <b>2022</b>  | 0,6772 | 0,8302 | 0,9040 | 0,8997 | 0,9792 | 1,1138 |
| <b>2018A2022</b>   | 0,6791 | 0,8650 | 0,9332 | 0,9240 | 0,9905 | 1,161  |
| <b>Eficiencia de mujeres en IES TyT públicas, <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |        |        |        |        |
|  | Min    | 1Qu    | Median | Mean   | 3Qu    | Max    |
| <b>2018</b>  | 0,6562 | 0,8546 | 0,9034 | 0,9110 | 0,9768 | 1,1847 |
| <b>2019</b>  | 0,7300 | 0,8756 | 0,9258 | 0,9258 | 0,9763 | 1,1931 |
| <b>2020</b>  | 0,7027 | 0,8795 | 0,9472 | 0,9340 | 1,0000 | 1,1793 |
| <b>2021</b>  | 0,7317 | 0,8722 | 0,9274 | 0,9269 | 1,0000 | 1,2045 |
| <b>2022</b>  | 0,7044 | 0,8815 | 0,9329 | 0,9298 | 0,9784 | 1,2085 |
| <b>2018A2022</b>   | 0,7050 | 0,8727 | 0,9273 | 0,9255 | 0,9863 | 1,1940 |
| <b>Eficiencia de hombres en IES TyT privadas, <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |        |        |        |        |
|  | Min    | 1Qu    | Median | Mean   | 3Qu    | Max    |
| <b>2018</b>  | 0,8023 | 0,9047 | 0,9475 | 0,9466 | 0,9982 | 1,1044 |
| <b>2019</b>  | 0,7744 | 0,9167 | 0,9499 | 0,9508 | 0,9972 | 1,0871 |
| <b>2020</b>  | 0,7612 | 0,8936 | 0,9448 | 0,9390 | 0,9912 | 1,0960 |
| <b>2021</b>  | 0,7960 | 0,9293 | 0,9536 | 0,9593 | 1,0000 | 1,1454 |
| <b>2022</b>  | 0,7210 | 0,8668 | 0,9201 | 0,9144 | 0,9723 | 1,0654 |
| <b>2018A2022</b>   | 0,7710 | 0,9022 | 0,9432 | 0,9420 | 0,9918 | 1,0997 |

| <b>Eficiencia de mujeres en IES TyT privadas, <math>\alpha = 0.95</math></b> |        |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | Min    | 1Qu    | Median | Mean   | 3Qu    | Max    |
| <b>2018</b>  | 0,8561 | 0,9337 | 0,9730 | 0,9677 | 1,0000 | 1,0816 |
| <b>2019</b>  | 0,8298 | 0,9192 | 0,9588 | 0,9618 | 1,0000 | 1,2164 |
| <b>2020</b>  | 0,7371 | 0,9205 | 0,9574 | 0,9546 | 0,9997 | 1,1166 |
| <b>2021</b>  | 0,7438 | 0,9101 | 0,9546 | 0,9460 | 0,9989 | 1,1099 |
| <b>2022</b>  | 0,7919 | 0,8954 | 0,9460 | 0,9406 | 0,9899 | 1,1222 |
| <b>2018A2022</b>   | 0,7917 | 0,9158 | 0,9579 | 0,9541 | 0,9977 | 1,1294 |

Nota. La tabla presenta los descriptivos de la eficiencia entre hombres y mujeres comparada por tipo de IES desde 2018 hasta 2022. Elaboración propia.

## 7. Conclusiones

En este estudio se estimó la eficiencia técnica de la educación Técnica y Tecnológica (TyT) en Colombia para los años 2018 y 2022 a través del método de fronteras parciales no paramétricas de orden- $\alpha$ , propuestas por Daouia y Simar (2007). Además, se procedió a comparar la eficiencia media entre IES públicas y privadas, así como diferencias en cuanto en sus puntajes medios en los módulos de Razonamiento Cuantitativo (RC) y Lectura Crítica (LC). Por último, se estimó y comparó los desempeños entre hombres y mujeres, así como su eficiencia media.

La estimación de la eficiencia para los  $\alpha$  en 0.85, 0.90 y 0.95 expusieron las ventajas de las fronteras parciales de orden- $\alpha$ , al poder estimar la eficiencia de acuerdo con la delimitación  $\alpha$  especificada. En este sentido, las estimaciones con  $\alpha$  en 0.85 y 0.90 reflejaron mayor sensibilidad a valores máximos y mínimos en comparación con las estimaciones con  $\alpha$  0.95. Esto refleja que este método permite estimar eficiencia técnica con menor sensibilidad a los valores *outliers* que afectan la estimación. Así mismo, esto refleja que las estimaciones de eficiencia que no tienen en cuenta una delimitación cuantil de los datos, como las realizadas con el método del Análisis Envolverte de Datos (DEA), pueden ser menos precisas al comparar todas las unidades de estudio en conjunto, por lo que los resultados pueden ser menos exactos.

Los resultados de este estudio señalan que en promedio las IES públicas fueron más eficientes que las privadas desde 2018 hasta 2022. Este hecho se confirma cuando se compara la eficiencia entre hombres y mujeres por tipo de IES, donde la eficiencia media es mayor en las

instituciones públicas para los dos sexos. No obstante, la brecha a favor de las IES públicas en los puntajes de eficiencia media se redujo considerablemente a partir del año 2020, lo que coincide con el inicio de la pandemia del covid-19. En este sentido, vale la pena destacar que las IES privadas fueron marginalmente más eficientes que las públicas en el 2022. Esto se puede explicar como consecuencia del cambio en el promedio del máximo nivel educativo que tuvieron los estudiantes de IES privadas en este año, en donde aumentó la proporción en los niveles educativos más bajos. Así mismo, en el estudio no se identificó una diferencia significativa de la eficiencia media de las IES públicas con la exclusión del SENA, por tanto, no se tomó a consideración esta diferenciación para comparar las IES.

De igual forma, los hallazgos de este estudio sugieren que desde el año 2020 hubo una reducción en la matrícula de los estudiantes más vulnerables en la educación TyT. Esto se explica principalmente porque desde este año se asistió a un aumento del promedio del máximo nivel educativo de la madre de los estudiantes, que en este estudio se utilizó como proxy socioeconómico, lo cual se acompañó con una reducción significativa del número de estudiantes y de IES registrados en las pruebas Saber TyT con respecto al 2019. Esto indica que la pandemia del covid-19 tuvo un efecto adverso en la deserción y matrícula de la educación TyT que afectó principalmente a los estudiantes con menor nivel socioeconómico, resultado que coincide con hallazgos de otros estudios (Melo-Becerra et al. , 2021).

Finalmente, los resultados indican que los estudiantes hombres de la educación TyT son más eficientes en promedio que las mujeres. Sin embargo, el análisis de los puntajes de eficiencia año a año no permitió establecer una tendencia concluyente a favor de alguno de los dos sexos en

los años prepandemia y postpandemia. Esto se explica principalmente porque, aunque los hombres son más eficientes en promedio desde 2018 a 2022, las mujeres son más eficientes en los años 2018 y 2021 específicamente, lo que nos dice que no hay una inclinación clara año a año de que los hombres sean más eficientes que las mujeres, más allá del promedio estimado entre los años de estudio.

Para concluir, la evidencia de este estudio expone la necesidad de continuar con los diagnósticos de desempeño de la educación TyT, sobre todo si se considera que esta educación todavía no recupera el número de estudiantes registrados para el año 2019, previo a la pandemia del Covid-19. Así mismo, este documento pretende poder influir el desarrollo de futuros estudios sobre la educación TyT, con el ánimo de contribuir a la presente falta de claridad de esta educación frente a la educación universitaria. En definitiva, este estudio espera ser un aporte para la comunidad académica y educativa, que contribuya a fortalecer el debate y las discusiones con respecto a la educación TyT y su eficiencia.

## 8. Recomendaciones

En el desarrollo de la presente investigación se identificaron varios elementos relevantes que valen la pena destacar para consideración de la educación TyT en Colombia. En primer lugar, dado que esta educación aún no ha recuperado el número de estudiantes registrados previo a la pandemia de Covid-19, es fundamental seguir realizando evaluaciones periódicas que consideren este cambio y que permitan monitorear su progreso, con el ánimo de poder analizar los cambios en esta educación derivados por la pandemia.

En este sentido, es relevante destacar que la evidencia de este estudio sugiere que hubo una reducción de la matrícula de los estudiantes más vulnerables de la educación TyT con el inicio de la pandemia (año 2020). Este hecho destaca la pertinencia de implementar estrategias que fomenten la inclusión y eviten la deserción de estudiantes con menor nivel socioeconómico ante contingencias externas. Asimismo, esta situación resalta la relevancia de tener en cuenta las características socioeconómicas de los estudiantes TyT al realizar evaluaciones de desempeño.

De manera similar, los resultados de este estudio evidencian que después de la pandemia hubo cambios significativos en la eficiencia estimada entre IES, que afectó en mayor proporción la eficiencia de las IES públicas. Este acontecimiento resalta la importancia de analizar los factores que incidieron en la disminución de la eficiencia de las IES públicas, con el propósito de identificar estrategias a futuro que permitan mitigar los efectos adversos de contingencias externas.

Finalmente, la evidencia de este estudio resalta la necesidad de aplicar métodos de evaluación de desempeño en la educación TyT que atiendan a la presencia de valores atípicos que



pueden distorsionar los resultados. En este sentido, se destaca el uso de las fronteras no paramétricas de orden- $\alpha$  de Daouia y Simar (2007) como una técnica que atiende esta contingencia a través de la delimitación de la población estudiada por distintos valores de  $\alpha$ .

### Referencias Bibliográficas

- Acevedo, M., Prada, J., y Álvarez, P. (2009). *La educación para el trabajo de jóvenes en Colombia: ¿Mecanismo de inserción laboral y equidad.* [https://www.fundacioncarolina.es/wpcontent/uploads/2014/07/Avance\\_Investigacion\\_23.pdf](https://www.fundacioncarolina.es/wpcontent/uploads/2014/07/Avance_Investigacion_23.pdf)
- Agasisti, T., Egorov, A., Zinchenko, D., y Leshukov, O. (2021). Efficiency of regional higher education systems and regional economic short-run growth: empirical evidence from Russia. *Industry and innovation*, 28(4), 507-534.
- Aguilar Benitez, I. (2020). Análisis de eficiencia en los servicios del agua en México con datos de los Censos Económicos. Realidad, datos y espacio. *Revista internacional de estadística y geografía*, 11(3).
- Aguirre, O. (1999). Educación tecnológica, nueva asignatura en Latinoamérica. *Pensamiento Educativo, Revista de Investigación Latinoamericana (PEL)*, 25(2), 15-69
- Ahn, T., Charnes, A., y Cooper, W. w. (1988). Some Statistical And DEA Evaluations Of Relative Efficiencies Of Public And Private Institutions Of Higher Learning? *Socio-Economic Planning Sciences*, 22(6), 259-269.
- Alexiadis, S., y Eleftheriou, K. (2011). A note on the relation between inter-regional inequality and economic efficiency: evidence from the US states. *Regional Science Policy y Practice*, 3(1), 37-44.
- Arbona, A., Giménez, V., López-Estrada, S., y Prior, D. (2022). Efficiency and quality in Colombian education: An application of the metafrontier Malmquist-Luenberger productivity index. *Socio-Economic Planning Sciences*, 79, 101122.
- Arévalo, A., Giménez, V., y Prior, D. (2022). Análisis de eficiencia en educación: una aplicación del método StoNED. *Desarrollo y Sociedad*, (92), 45-91.
- Astigarraga, E. (1999). Demandas del mundo del trabajo y educación tecnológica. *Pensamiento Educativo, Revista de Investigación Latinoamericana (PEL)*, 25(2), 89-117.
- Avkiran, N. K., y Parker, B. R. (2010). Pushing the DEA research envelope. *Socio-Economic Planning Sciences*, 44(1), 1-7.
- Baik, B., Chae, J., Choi, S., y Farber, D. B. (2013). Changes in operational efficiency and firm performance: A frontier analysis approach. *Contemporary Accounting Research*, 30(3), 996-1026.
- Balcombe, K., Fraser, I., y Kim, J. H. (2006). Estimating technical efficiency of Australian dairy farms using alternative frontier methodologies. *Applied Economics*, 38(19), 2221-2236.
- Bautista, A. (2010). Desarrollo tecnológico y educación. *Educatio Siglo XXI*, 29(2), 435-438.

- Begalinov, A. S., Ashilova, M. S., y Begalinova, K. K. (2021). On the image of higher education in the postcovid world: Formation and development of the new type of thinking. *Science for Education Today*, 11(1), 110-123.
- Benito, Á., Yenisey, K.D., Khanna, K., Masis, M.F., Monge, R., Tuğtan, M.A., Araya, L.D., y Vig, R. (2021). Changes That Should Remain in Higher Education Post COVID-19: A Mixed-Methods Analysis of the Experiences at Three Universities. *Higher Learning Research Communications*, 11, 4.
- Betancur, N. P. (2016). El SENA a la vanguardia de la cuarta revolución industrial. *Revista Finnova: Investigacion e Innovacion Financiera y Organizacional*, 2(4).
- Bifulco, R., y Bretschneider, S. (2003). Response to comment on estimating school efficiency. *Economics of Education Review*, 22, 635-638.
- Bornacelly, I. (2013). Educación técnica y tecnológica para la reducción de la desigualdad salarial y la pobreza. *Revista Desarrollo y Sociedad*,(71) 83-121.
- Bouhlila, D.S. (2017). Parents' education and literacy skills: Evidence on inequality of socioeconomic status in Arab countries. *World Development Perspectives*, 5, 34-43.
- Chakraborty, K. (2009). Efficiency in Public Education The Role of Socioeconomic Variables. *Research in Applied Economics*, 1(1), 1-18.
- Charnes, A., Cooper, W., y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operation Research*, 2(6), 429-444.
- Clark, R., Threeton, M., y Ewing, J. (2010). The Potential of Experiential Learning Models and Practices In Career and Technical Education y Career and Technical Teacher Education. *Journal of Career and Technical Education*.
- Cellini, S. R., y Grueso, H. (2021). Student Learning in Online College Programs. *AERA Open*, 7. <https://doi.org/10.1177/23328584211008105>
- Daouia, A., y Simar, L. (2007). Nonparametric efficiency analysis: a multivariate conditional quantile approach. *Journal of Econometrics*, 140(2), 375-400.
- Daouia, A., Simar, L., y Wilson, P. W. (2017). Measuring firm performance using nonparametric quantile-type distances. *Econometric Reviews*, 36(1-3), 156-181.
- Delprato, M., y Antequera, G. (2021). Public and private school efficiency and equity in Latin America: New evidence based on PISA for development. *International Journal of Educational Development*, 84, 102404.

- Eshima, N. (2020). Efficiency of Statistical Hypothesis Test Procedures. In *Statistical Data Analysis and Entropy* (pp. 141-165). Singapore: Springer Singapore.
- Farell, M. (1957). The Measurement of productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-281.
- Reyes Fong, J. T., y Álvarez Ochoa, M. (2011). La eficiencia técnica como medida de rendimiento en la creación de capital de trabajo: Una aproximación a las PYMES de los municipios de Colima, Villa de Álvarez y Tecomán. En *XVI Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática* (pp. 1-12). Recuperado de <https://investigacion.fca.unam.mx/docs/memorias/2011/6.05.pdf>
- García Pulgarín, L. M. (2019). *Valor agregado y educación técnica y tecnológica en Colombia* (Tesis de Maestría, Universidad EAFIT). Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=esyas\\_sdt=0%2C5yq=Valor+agregado+y+educación+técnic+a+y+tecnológica+en+Colombia+ybtnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=esyas_sdt=0%2C5yq=Valor+agregado+y+educación+técnic+a+y+tecnológica+en+Colombia+ybtnG=)
- Garrido-Rodríguez, J. C., Pérez-López, G., Zafra-Gómez, J. L., y Prior, D. (2018). Estimación de la eficiencia a largo plazo en servicios públicos locales mediante fronteras robustas con datos de panel. *Hacienda Pública Española*, (226), 11-36.
- Garzón Daza, C., Silvera Sarmiento, A., y Garcés Giraldo, L. F. (2018). La acreditación institucional. Un paso hacia la calidad en las instituciones técnicas y tecnológicas en Colombia. *Espacios*, 39(51), 1-12. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n51/a18v39n51p01.pdf>
- Gómez Rico, A. F., y Ceballos Vélez, C. D. (2016). *Estimación de la eficiencia de la educación superior en Colombia* (Tesis de Maestría, Universidad EAFIT). Recuperado de: [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/11579/CristianDavid\\_CeballosVelez\\_AndresFelipe\\_GomezRico\\_2016.pdf?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/11579/CristianDavid_CeballosVelez_AndresFelipe_GomezRico_2016.pdf?sequence=2)
- Gómez, V. M. (2015). *La pirámide de la desigualdad social en la educación superior en Colombia: diversificación y tipología de instituciones*. Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Sociología. <https://compartirpalabramaestra.org/documentos/la-piramide-de-la-desigualdad-en-la-educacion-superior-en-colombia.pdf>
- González, L., Cortés-Sancho, R., Murcia, M., Ballester, F., Rebagliato, M., y Rodríguez-Bernal, C. (2018). The role of parental social class, education and unemployment on child cognitive development. *Gaceta sanitaria*, 34, 51-60.
- Huang, H. I., y Lee, C. F. (2012). Strategic management for competitive advantage: a case study of higher technical and vocational education in Taiwan. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 34(6), 611-628.

- Hutaibat, K., Alhatabat, Z., von Alberti-Alhtaybat, L. and Al-Htaybat, K. (2021), "Performance habitus: performance management and measurement in UK higher education", *Measuring Business Excellence*, Vol. 25 No. 2, pp. 171-188.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación Superior, Subdirección de Desarrollo de la Educación Superior (1979). *Historia estadística de la Educación Superior Colombiana 1960-1977*. Bogotá: ICFES, Sección de Procesos Editoriales. <https://ebiblio.istat.it/SebinaOpac/resource/historia-estadistica-de-la-educacion-superior-colombiana-19601977/IST0019810>
- Jacinto, C., y de Fanelli, A. G. (2014). Tertiary technical education and youth integration in Brazil, Colombia and Mexico. *Development Policy*, 59.
- Kalmijn, M. (1994). Mother's occupational status and children's schooling. *American Sociological Review*, 257-275.
- Kehinde, O.H., Njokanma, O.F., y Olanrewaju, D. (2013). Parental socioeconomic status and birth weight distribution of Nigerian term newborn babies. *Nigerian journal of paediatrics*, 40, 299-302.
- Kerkvliet, J. R., Nebesky, W., Tremblay, C. H., y Tremblay, V. J. (1998). Efficiency and technological change in the US brewing industry. *Journal of Productivity Analysis*, 10(3), 271-288.
- Koopmans, T. (1951). Analysis of production as an efficient combination of activities. En T. Koopmans, *Activity analysis of production and allocation* (págs. 33-97). New York: Wiley.
- Korupp, S.E., Ganzeboom, H., y van der Lippe, T. (2002). Do Mothers Matter? A Comparison of Models of the Influence of Mothers' and Fathers' Educational and Occupational Status on Children's Educational Attainment. *Quality and Quantity*, 36, 17-42.
- Labin, A., y Taborda, A. (2014). Relación entre el nivel educativo materno y el desempeño en el WISC-IV: un estudio piloto. In *VI Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XXI Jornadas de Investigación Décimo Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR*. Facultad de Psicología-Universidad de Buenos Aires. Recuperado de: <https://www.aacademica.org/000-035/795>
- Lecca, E. R., y Lizama, E. R. (2005). Fronteras de eficiencia para operadores de decisiones. *Industrial Data*, 8(2), 0.
- Luis Francisco, A. (2002). Metodología para el cálculo de requerimientos de eficiencia en integraciones económicas horizontales. *Revista Desarrollo y Sociedad*, (50), 109-130.
- Machorro Ramos, F., Mercado Salgado, P., Cernas Ortiz, D. A., y Romero Ortiz, M. V. (2016). Influencia del capital relacional en el desempeño organizacional de las instituciones de educación superior tecnológica. *Innovar*, 26(60), 35-50.

- Madau, F. A. (2015). Technical and scale efficiency in the Italian citrus farming: Comparison between SFA and DEA approaches. *Agricultural Economics Review*, 16(389-2016-23523), 15-27.
- Mártinez-Restrepo, S., Sabogal, A., Rodríguez, V. (2015). *Diagnóstico de la situación de la educación técnica y tecnológica en Colombia y el Pacífico colombiano*. Recuperado de <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/2728>
- Marvasti, A. (2005). US academic institutions and perceived effectiveness of foreign-born faculty. *Journal of Economic Issues*, 39(1), 151-176.
- Melo-Becerra, L. A., y Iregui-Bohórquez, A. M. (2006). Evaluación y análisis de eficiencia de la educación en Colombia. *Borradores de Economía*; No. 381.
- Melo-Becerra, L. A., Ramos-Forero, J. E., Arenas, J. L. R., y Zárate-Solano, H. M. (2021). Efecto de la pandemia sobre el sistema educativo: El caso de Colombia. *Borradores de Economía*; No. 1179.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2020). *Educación técnica y tecnológica para la competitividad*. Recuperado de [https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-176787\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-176787_archivo_pdf.pdf)
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2021). *Informe de gestión 2021*. Recuperado de [https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-385377\\_recurso\\_21.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-385377_recurso_21.pdf)
- Monterroza-Ríos, Á. D., y Escobar-Gómez, V. A. (2021). La educación tecnológica en Colombia. Un marco epistémico para repensar un problema conceptual. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 13(25), 1-30.
- Montes, A. J., y Manninng, L. (2012). La educación técnica: una reflexión entre la calidad y la realidad de la oferta en Colombia. *Praxis*, 8(1), 166-176
- Mora, C. D., García, J. A. y Molina, A. (2016). ¿Dónde está la clave del éxito académico? Un análisis de la relación entre el uso del tiempo y el rendimiento académico. *Cultura y Educación: Culture and Education*, 28(1), 173-195.
- Morales, J. C. (2016). El informe Coleman, 50 años después. *Revista de Sociología de la Educación-RASE*, 9(1), 9-21.
- OECD. (2016). *Education in Colombia*. Recuperado de <https://www.oecd.org/education/school/Education-in-Colombia-Highlights.pdf>
- Olejarczyk, K., Wikło, M., y Kołodziejczyk, K. (2019). The cycloidal gearbox efficiency for different types of bearings—Sleeves vs. needle bearings. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 233, 7401 - 7411.

- Peretto, C. (2016). Métodos para medir y evaluar la eficiencia de unidades productivas. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 24(39).
- Pericás, J. M. V., y López-Roldán, P. (2008). La eficiencia teórica y metodológica de los diseños mulimétodo. *Empiria: Revista de metodología de ciencias sociales*, (16), 13-42.
- Perry, G. (2003). Cerrando la brecha en educación y tecnología. *Banco Mundial*, 25, 1-4.
- Peterson, R. E. (2001). Establishing the creative environment in technology education. *Technology and Engineering Teacher*, 61(4), 7.
- Pool, S., Vis, M., y Seibert, J. (2018). Evaluating model performance: towards a non-parametric variant of the Kling-Gupta efficiency. *Hydrological Sciences Journal*, 63(13-14), 1941-1953.
- Popova, M. J. (2013). Formación tecnológica y universidad pública en Colombia. *Revista científica*, 17(1), 46-58.
- Puerto Borda, L. A. (2019). Análisis socioeconómico de la deserción en la educación técnica y tecnológica en Bogotá. *Revista Ecopiloto*, 15, 89-100. Recuperado de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11605/Ecopilo%2015-articulo7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rincón-Báez, W. U., Arias-Velandia, N., Becerra-Plaza, G. E., Amado-Acosta, J. D., Moreno-Jiménez, Y. J., y Ossa-Gallego, L. A. (2019). Programas académicos técnicos y tecnológicos: Análisis de datos abiertos en Colombia. *Catálogo editorial*, 1-432.
- Santos, S. P., Amado, C. A., y Rosado, J. R. (2011). Formative evaluation of electricity distribution utilities using data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 62, 1298-1319.
- Sevilla, P., y Dutra, G. (2016). *La Enseñanza y Formación Técnico Profesional en América Latina y el Caribe. Una perspectiva regional hacia 2030*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Recuperado de: <https://siteal.iiep.unesco.org/investigacion/3302/ensenanza-formacion-tecnico-profesional-america-latina-caribe-perspectiva>
- Shermis, M.D., Mzumara, H.R., y Bublitz, S.T. (2001). On Test and Computer Anxiety: Test Performance under Cat and Sat Conditions. *Journal of Educational Computing Research*, 24, 57 - 75.
- Silva Laya, M. (2008). ¿Contribuye la universidad tecnológica a formar las competencias necesarias para el desempeño profesional? Un estudio de caso. *Revista mexicana de investigación educativa*, 13(38), 773-800.
- Smith, A. (1994). Riqueza de las naciones (1776). Madrid: Alianza, 37, 67-72.



- UNESCO. (2019). *Educación y formación técnica y profesional. Situación actual y tendencias en América Latina y el Caribe* [PDF]. Recuperado de: [https://siteal.iesp.unesco.org/sites/default/files/sit\\_informe\\_pdfs/siteal\\_educacion\\_y\\_formacion\\_tecnica\\_profesional\\_20190607.pdf](https://siteal.iesp.unesco.org/sites/default/files/sit_informe_pdfs/siteal_educacion_y_formacion_tecnica_profesional_20190607.pdf)
- Uribe Correa, L. (2004). *Pertinencia de la educación tecnológica en el contexto del Departamento del Cauca*. [Tesis de Maestría]. Universidad de los Andes. Recuperado de: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/10351/u250959.pdf?sequence=1>
- Viana, R. A. (2016). *El mercado de la educación universitaria en Colombia* (Tesis de doctorado, Universidad de Alcalá). Recuperado de: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=OzxnuhOhl7I%3D>
- Viana, R. A., y Fernández, Y. F. U. (2019). Medida de eficiencia técnica en la educación media de América Latina: Pruebas PISA. *Panorama Económico*, 27(1), 39-59.
- Viana, R. A., y Prieto, H. M. P. (2018). Eficiencia de los estudiantes urbanos y rurales de Santander: “Saber 11” 2016. *Suma de Negocios*, 9(20), 111-119.
- Viana, R. A., Arranz, J. M., y García-Serrano, C. (2020). Efficiency of university education: A partial frontier analysis. *Latin American Economic Review*, 29, 1-16.
- Villanueva, E., y Bentancur, N. (2008). Reformas de la educación superior: 25 propuestas para la educación superior en América Latina y el Caribe. *Tendencias de la educación superior en América Latina y el Caribe*, Caracas, IESALCUNESCO, 241-295.
- Wheelock, D. C., y Wilson, P. W. (2008). Non-parametric, unconditional quantile estimation for efficiency analysis with an application to Federal Reserve check processing operations. *Journal of Econometrics*, 145(1-2), 209-225.
- Woessmann, L. (2008). Efficiency and equity of European education and training policies. *International Tax and Public Finance*, 15, 199-230.
- Yara, G. V., Rodríguez, D. D., y Ortiz, A. V. S. (2021). Aporte del SENA al sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación de Colombia. *Revista Mutis*, 11(2), 109-131.
- Zhou, P., Ang, B. W., y Zhou, D. Q. (2012). Measuring economy-wide energy efficiency performance: A parametric frontier approach. *Applied energy*, 90(1), 196-200.