

MEDIDA DE EFICIENCIA TÉCNICA EN LA EDUCACIÓN MEDIA DE AMÉRICA  
LATINA: PRUEBAS PISA 2015.

Yehisen Frederick Urbina Fernández

Trabajo de Grado para optar por el título de Economista

Director:

Rafael Antonio Viana Barceló

PhD. Análisis Económico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía y Administración

Bucaramanga

2018

**Tabla de contenido**

Introducción .....	6
1.Objetivos.....	10
1.1 Objetivo general:.....	10
1.2 Objetivos específicos:.....	10
2.Educación, promotor del desarrollo .....	11
3.Participación colombiana en las pruebas pisa 2015.....	13
4.Concepto de eficiencia técnica en la educación.....	15
4.1 El modelo Free Disposal Hull.....	17
4.2 El enfoque de Metafrontera .....	18
5.Análisis técnico de la educación .....	19
6.Metodología .....	23
7.Datos.....	27
8.Variables.....	30
8.1 Productos .....	30
8.2 Insumos.....	30
9.Resultados.....	33
10.Conclusiones .....	39
Referencias Bibliograficas.....	42

**Lista de tablas**

Tabla 1 Distribución de la muestra.....	28
Tabla 2 Puntuaciones mediavcs en ciencias, lectura y matemáticas.....	29
Tabla 3 Descripción de variables empleadas. ....	31
Tabla 4 Descriptivos de los insumos por país.....	32
Tabla 5 Descomposición de la eficiencia total modelo 1. ....	35
Tabla 6 Descomposición eficiencia total modelo 2.....	37

**Lista de ilustraciones**

Ilustración 1. El enfoque de Metafrontera. ....	27
---	----

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

**RESUMEN**

**TÍTULO:** MEDIDA DE EFICIENCIA TÉCNICA EN LA EDUCACIÓN MEDIA DE AMÉRICA LATINA: PRUEBAS PISA 2015<sup>1</sup>.

**AUTOR:** YEHISEN FREDERICK URBINA FERNÁNDEZ<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** EFICIENCIA, FDH, METAFRONTERA, INSUMOS, PRODUCTOS.

**DESCRIPCIÓN:** En un mundo con cada vez menor disponibilidad de recursos, el análisis de la eficiencia en el manejo de dichos recursos es indispensable en cualquier contexto y de mayor importancia en el sector público. El objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia técnica de los procesos educativos en 8 países de América latina que participaron en las pruebas PISA 2015. Para desarrollar lo anterior, se empleó un modelo FDH con orientación al producto con un enfoque de estimaciones robustas y una descomposición de Metafrontera, esto último permite realizar una descomposición de la eficiencia atribuible directamente al estudiante y al sistema educativo en el que se desenvuelve, lo que puede ser entendido como el valor agregado. Los resultados revelan que la mayor parte de la ineficiencia en todos los países evaluados se debe a la propia ineficiencia de los estudiantes. En este mismo sentido, se encuentra que los estudiantes colombianos son los más ineficientes al introducir variables del contexto en el que se desenvuelven. Perú y Chile resultan ser los países que mayor valor agregado generan en sus estudiantes. Los resultados abren espacios a futuras investigaciones donde se tomen en mayor consideración el papel que juegan los valores culturales en los que se desenvuelven los estudiantes en la producción de conocimiento.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado para optar por el título de Economista.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración. Director: Rafael Antonio Viana Barceló, PhD. Análisis Económico.

**ABSTRACT**

**TITLE:** TECHNICAL EFFICIENCY MEASURE IN MIDDLE EDUCATION IN LATIN AMERICA: PISA 2015 TESTS<sup>3</sup>.

**AUTHOR:** YEHISEN FREDERICK URBINA FERNÁNDEZ<sup>4</sup>.

**KEY WORDS:** EFFICIENCY, FDH, METAFRONTERA, INPUTS, OUTPUTS.

**DESCRIPTION:** In a world with less and less availability of resources, the analysis of the efficiency in the management of these resources is indispensable in any context and of greater importance in the public sector. The objective of this research is to evaluate the technical efficiency of educational processes in 8 countries of Latin America that participated in the 2015 PISA tests. To develop the above, a output-oriented FDH model was used with a robust estimation approach and a decomposition of Metafrontera, this last one allows to make a decomposition of the efficiency attributable directly to the student and to the educational system in which it develops, which can be understood as the added value. The results reveal that most of the inefficiency in all the countries evaluated is due to the inefficiency of the students themselves. In this same sense, it is found that Colombian students are the most inefficient when introducing variables from the context in which they develop. Peru and Chile turn out to be the countries that generate the most added value in their students. The results open spaces for future research where the role played by cultural values in which students develop in the production of knowledge is taken into greater consideration.

---

<sup>3</sup> Bachelor Thesis

<sup>4</sup> Faculty of Human Sciences. School of Economics and Administration. Director: Rafael Antonio Viana Barceló, PhD. Economic analysis.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

### Introducción

El uso de pruebas estandarizadas como TIMSS<sup>5</sup> (Trends in International Mathematics and Science Study), PIRLS<sup>6</sup> (Progress in International Reading Literacy Study) y PISA<sup>7</sup> (The Programme for International Student Assessment), se han hecho populares en la medición de logros educativos internacionalmente. Todas estas pruebas tienen como fin, el facilitar el análisis de los determinantes y el impacto de las habilidades cognitivas de los estudiantes en los diferentes países donde se aplican. Dichas pruebas pueden presentar desventajas atribuibles al número limitado de observaciones por país, posibles sesgos de factores no observados de cada país (por ejemplo, la cultura), y el carácter transversal de los datos (Bray M y Thomas RM, 1995 y Hanushek EA y Woessman L, 2011). Otros autores como Rowe K. (2000), resaltan limitaciones del uso de indicadores en los exámenes como medidas de responsabilidad en la escuela y a nivel del sistema, como medidas de los resultados del aprendizaje de los estudiantes<sup>8</sup>.

Para el diseño de políticas referentes a temas como la rendición de cuentas de los maestros, los sistemas de financiamiento educativo y de integración escolar es necesaria una correcta medición del logro educativo que permita comprender sus determinantes (Hanushek EA, 1979). Un análisis comparativo entre economías relativamente parecidas puede ayudar a dar un diagnóstico de los sistemas educativos de cada país. A pesar de la variedad de estudios empíricos y teóricos referentes

---

<sup>5</sup> Evaluación internacional de conocimientos de matemáticas y ciencias de los estudiantes inscritos en los grados cuarto y octavo de todo el mundo.

<sup>6</sup> Estudio internacional del logro de la lectura en estudiantes de cuarto grado. Está dirigido por la Asociación Internacional para la Evaluación del Logro Educativo

<sup>7</sup> Encuesta trienal, evalúa hasta qué punto los estudiantes de 15 años cerca del final de la educación obligatoria adquirieron conocimientos y habilidades clave que son esenciales para la plena participación en las sociedades modernas.

<sup>8</sup> Este tema no se discutirá dentro del marco de este trabajo.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

al desempeño educativo, muy pocos realizan un análisis adecuado, derivando en falencias tales como: no tener en cuenta los contextos económico, cultural y social de cada país (Ruggiero J, 1996; Täht K y Must O, 2013 y Zhao Y, Zhang G, Yang W, Kirkland D, Han X and Zhang J, 2008). Al realizar comparaciones directas sin una metodología adecuada se tiende a caer en sesgos y conclusiones erradas. Por lo tanto, es necesario realizar el estudio de la educación desde una perspectiva de eficiencia que permita y facilite realizar comparaciones entre los países. Debido a que es necesario realizar un análisis comparativo entre entes comparables, que se desenvuelven en condiciones económicas y sociales semejantes, el objetivo de este trabajo es medir la eficiencia de los estudiantes colombianos respecto a estudiantes de países de América Latina como Chile, Uruguay, Colombia, Perú, Brasil, Costa Rica, República Dominicana y México desde una perspectiva de eficiencia técnica, teniendo en cuenta factores influyentes en el logro educativo tales como lo son los antecedentes culturales, recursos disponibles en las escuelas, número de horas de instrucción a los estudiantes y datos socioeconómicos de los estudiantes.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general:**

Evaluar la eficiencia técnica de los procesos educativos en Colombia en relación a los países de América latina, mediante un modelo de estimaciones robustas FDH con un enfoque de Metafrontera, a partir de los resultados en las pruebas PISA de 2015.

### **1.2 Objetivos específicos:**

- Establecer un ranking de eficiencia entre los países evaluados a partir de la metodología propuesta.
- Contrastar los resultados en las pruebas PISA con los obtenidos en el modelo de estimaciones robustas FDH.

## 2. Educación, promotor del desarrollo

De acuerdo con Hanushek (1998), la educación es un componente esencial para proveer de igualdad de condiciones a todos los miembros de una sociedad. El término, actualmente tiene en Colombia mucha consonancia debido a la reciente firma del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Verdadera, donde se hace alusión entre otros múltiples temas, a la garantía de cobertura y calidad educativa, eliminación el analfabetismo, incorporación las instituciones académicas a las zonas rurales, inversión en infraestructura educativa, maestros cualificados y acceso a tecnologías de la información. De igual manera, se propone combatir la deserción escolar, característica de las zonas de conflicto, desarrollando modelos flexibles de educación que se adapten a las necesidades de la comunidad. Así mismo, contempla estrategias que permitan disminuir la inequidad y garantizar un mayor bienestar para las comunidades víctimas<sup>9</sup>. Por lo anterior, un estudio sobre la eficiencia de los estudiantes colombianos en pruebas estandarizadas como la prueba PISA, en el aprovechamiento de los recursos disponibles, que además permita descomponer la eficiencia entre lo atribuible al propio estudiante y lo correspondiente al sistema educativo, permitirá determinar si Colombia hace parte de los pocos países que exhiben sistemas educativos óptimos (Giménez, V., D. Prior y C. Thieme, 2007; Thieme, C., V. Giménez y D. Prior, 2009), especialmente en relación con países de América Latina que se encuentran bajo condiciones económicas, sociales y culturales similares. Este análisis de eficiencia brindará un referente para la implementación y el cumplimiento de políticas públicas que permitan el logro de los objetivos planteados por el país.

---

<sup>9</sup> Para mayor información ver Oficina del alto comisionado para la paz (2016).

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

Como consecuencia de la solicitud de Colombia para ingresar al selecto grupo OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico)<sup>10</sup>; el país se comprometió a someterse a una serie de revisiones técnicas que abarcan dos elementos principales: i) una evaluación de la voluntad y la capacidad de Colombia para poner en práctica cualquier instrumento jurídico dentro de la competencia de la comisión y ii) una evaluación de las políticas y prácticas de Colombia en comparación con las mejores políticas y prácticas en el área pertinente (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2013), teniendo en cuenta las obligaciones generales de membresía expuestas en la adhesión al Convenio sobre la OCDE, así como en el informe del Comité Preparatorio de la OCDE de diciembre de 1960.

Derivado de lo anterior, Colombia debe centrarse en mejorar los aspectos económicos y sociales en los que debe incluir estrategias para incrementar los niveles de educación, como índice de desarrollo humano (Krueger AB y Lindahl M, 2001), al tiempo que debe utilizar la educación como instrumento de crecimiento económico (Barro R, 2001; Hanushek EA and Kimko DD, 2000 y Hanushek EA and Woessmann L, 2008). Esta estrategia, utilizada por un gran número de países, conlleva la implantación de profundas reformas educativas, las cuales introducen términos tales como “productividad educativa” y “rendición de cuentas” (Delannoy. F,1998 y Harris, A, 2000). La implementación de las reformas lleva a la pregunta fundamental ¿La forma de usar los recursos es efectiva a la hora de crear educación? (Levin, H,1996). Por ello, se hace necesario un estudio que aborde estas perspectivas y emplee la metodología indicada que proporcione la información necesaria para continuar en este proceso.

---

<sup>10</sup> El 29 de mayo de 2013, durante la Reunión del Consejo de la OCDE a Nivel Ministerial decidió iniciar las conversaciones de adhesión con Colombia. No solo con el objetivo de elevar la competitividad del país, sino para recibir el apoyo de las mayores economías en áreas claves como comercio, inversión, tecnología, educación, transparencia empresarial y mejor manejo de las entidades del Estado.

### 3. Participación colombiana en las pruebas pisa 2015

La participación de Colombia en las pruebas PISA, ha venido mostrando notables mejorías, especialmente si se compara con los resultados obtenidos por países como Perú y Brasil, quienes no obtuvieron los mejores desempeños en las últimas pruebas PISA aplicadas en el 2015. Para esta entrega, Colombia escaló varias casillas ubicándose por encima de países del continente, como México, Perú y Brasil.

Según el informe de resultados The Programme for International Student Assessment (PISA, 2016), los estudiantes de Colombia obtuvieron en promedio 416 puntos en ciencias, ubicándose por debajo del promedio de Chile (447 puntos) y cercanos a los promedios de Costa Rica (420 puntos), México (416 puntos) y Montenegro (411 puntos); y por encima de Brasil (410 puntos) y Perú (397 puntos). Además, el desempeño promedio de los estudiantes colombianos ha mejorado en 28 puntos desde 2006, siendo el segundo entre los 52 sistemas educativos en mostrar mayores mejorías. Es de destacar de acuerdo al informe que, los niños superan a las niñas en la ciencia por un promedio de 10 puntos, brecha que se ha mantenido estable desde 2006.

Por otra parte, en dicho informe se señala que los estudiantes colombianos en promedio obtuvieron 425 puntos en lectura, posicionándose por debajo de la media de los estudiantes chilenos (459 puntos), con resultados similares a Costa Rica (427 puntos), México (423 puntos) y Montenegro (427 puntos); y por encima de la de Brasil (407 puntos) y Perú (398 puntos). También el desempeño promedio de Colombia en cuanto a lectura ha mejorado 40 puntos desde 2006, siendo el cuarto entre los 51 sistemas educativos comparados en obtener mejores resultados.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

Además, las niñas superan a los niños en lectura en un promedio de 16 puntos, esta brecha género se amplió en 6 puntos desde 2009.

Así mismo, el rendimiento promedio de los estudiantes en matemáticas ha mejorado 20 puntos desde 2006, siendo el séptimo entre los 52 sistemas educativos con datos comparables, en demostrar mejoras significativas. En matemáticas, los estudiantes obtuvieron en promedio 390 puntos, ubicándose muy por debajo del promedio de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) y (493 puntos), Chile (423 puntos) y México (408 puntos), cercanos al promedio de Perú (398 puntos) y superiores al de Brasil (377 puntos). Los niños superan a las niñas en matemáticas por un promedio de 11 puntos, brecha de género que se redujo en 15 puntos desde 2012.

En Colombia, como en la mayoría de los países, los estudiantes socioeconómicamente desfavorecidos tienen menores probabilidades de éxito que sus pares más favorecidos. El 14% de la variación en el rendimiento son atribuidas a las diferencias en el estatus socioeconómico de los estudiantes, porcentaje equiparable con los países de la OCDE. Sin embargo, algunos estudiantes desfavorecidos económicamente desarrollan *resistencia*<sup>11</sup> ante las probabilidades de menores puntuaciones. Por ejemplo, en Hong Kong (China), Macao (China) y Vietnam, más de uno de cada dos estudiantes desfavorecidos son resistentes. En el caso de Colombia, un 11% de los estudiantes desfavorecidos son resistentes, una participación considerablemente mayor que la observada en Perú (3%), pero menor que la participación en Chile (15%).

En el mismo sentido, el informe de PISA destaca que, en comparación con los directores de otros sistemas escolares, los directores colombianos son quienes más reportan baja calidad y falta de materiales en sus escuelas. Por ejemplo, el 26% de los directores consideran que la capacidad

---

<sup>11</sup> Hace referencia a aquellos estudiantes que pese a su situación desfavorecida económicamente hablando, logran obtener puntuaciones cercanas o por encima del promedio.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

de impartir instrucción se ve obstaculizada por bajo material educativo. En contraste solo el 6% de la OCDE y el 1% de Chile opinan lo mismo. No obstante, hay casi una computadora (0.95) para cada estudiante en Colombia, una proporción más alta que en la OCDE (0.77), en Chile (0.65) y en Perú (0.41).

Con respecto a la repetición de grados, el reporte afirma que es más frecuente en los sistemas escolares donde los estudiantes obtienen resultados más bajos y donde el estatus socioeconómico está más fuertemente asociado con los resultados. El porcentaje de estudiantes en Colombia, que repitió un grado (43%) es el segundo más grande entre todas las economías participantes en el PISA 2015; solo Argelia tiene una mayor proporción de estos estudiantes.

### **4. Concepto de eficiencia técnica en la educación**

Urwick, J. y S. U. Junaidu (1991), diferencian dos orientaciones que divergen al analizar el concepto de calidad en educación, la *eficiencia técnica* y la *orientación pedagógica*. Estos autores postulan que la eficiencia técnica se orienta sobre la base de la provisión de recursos de la escuela (especialmente profesores, materiales educativos y tiempos de enseñanza), de sus efectos sobre el logro académico y las consecuentes prioridades de inversión. La orientación pedagógica se enfoca hacia la calidad de la educación sin poner énfasis en recursos físicos o sus efectos, sino en las habilidades de los profesores, capacidades de organización de la escuela y aspectos curriculares como componentes primordiales de calidad.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

El concepto de eficiencia técnica es mencionado por primera vez por Koopmans, T.C (1951) quien lo define como la capacidad de producir la mayor cantidad de producto con la menor cantidad de insumos o recursos<sup>12</sup>. Para ello, es necesario concebir a las organizaciones como un conjunto coordinado y único de recursos y capacidades heterogéneas que se generan, desarrollan y mejoran con el paso del tiempo, siendo estos los que explican las diferencias de desempeño (Barney, J. B, 1991 y Bass, B. M. y B. J. Avolio, 1997). Posteriormente, se desarrollan las primeras aplicaciones empíricas (Farrell, M.J., 1957; Farrell, M.J. y Fieldhouse, M., 1962 y Schmidt, P., 1976).

En el contexto educativo se ha analizado el valor agregado que genera la escuela en los alumnos (Sammons P, Thomass E, Motimore P, Owen C, and Pennell H, 1996), no obstante, los resultados de las evaluaciones a nivel de alumnos pueden diferir de los estudios a nivel de la escuela (Kramer GH, 1983) . Inicialmente se han utilizado regresiones MCO o de variable dependiente limitada (Probit, Tobit, Logit), cuyos problemas ya han sido puestos en manifiesto (Balaguer-Coll, M. T., D. Prior y E. Tortosa-Ausina, 2007; Banker, R. y R. Natarajan, 2008; Simar, L. y P. W. Wilson, 2007, 2011). Ante ello, se ha propuesto la aplicación de modelos no paramétricos a los datos a nivel de alumnos y generalmente a datos jerárquicos (Portela M and Thanassoulis E, 2001; Thanassoulis E, 1999; Thanassoulis E y Portela M, 2002).

En el estudio de eficiencia técnica en el sector educativo destaca la utilización de modelos estadísticos de multinivel MLM (Goldstein H., 2003; Johnes J.,2006; O'Donoghue C, Thomas S, Goldstein H y Knight T.,1997 y Sammons P, Nuttall D y Cuttance P., 1993), análisis envolvente de datos DEA (Altamirano A y Peniche R., 2014; Garcia P y Gonzales M., 2011) y modelos FDH<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Son cantidades de factores disponibles que posee o controla una empresa, siendo de naturaleza diversa y comprendiendo factores físicos, tecnológicos, humanos y organizativos (Cuervo, Á., 1993).

<sup>13</sup> Free Disposal Hull (FDH), es un modelo de medida de la eficiencia técnica en la utilización de recursos disponibles, para lo cual se basa en observaciones reales para la creación de una frontera de mejores prácticas.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

(Cordero, J.M., Santín, D. y Simancas, R., 2015a, 2015b; De Witte K y Kortelainen M., 2013; Haelermans C y De Witte K., 2012) pero también se pueden apreciar otros estudios en la medición de eficiencia (Johnes J., 2006; Mancebon M-J y Mar Molinero C., 2000; Portela M y Thanassoulis E., 2001 y Thanassoulis E y Dunstan P., 1994).

### 4.1 El modelo Free Disposal Hull

Entre las técnicas no paramétricas, los estudios con DEA son los más abundantes en la literatura; aun así, la principal crítica que recae sobre este es modelo es que compara los datos con unidades *ficticias* (o virtuales) construidas a partir de combinaciones convexas entre las unidades (Cooper, W. W., L. M. Seiford y K. Tone., 2000). Por lo contrario, esta falencia no se presenta en el caso del FDH, que compara los datos con unidades reales tomadas del conjunto de producciones factible de la muestra (Deprins D, Simar L and Tulkens H., 1984) teniendo aplicaciones en el campo educativo, por ejemplo, la medición de eficiencia según pública y privada (Cherchye L, De Witte K, Ooghe E y Nicaise I., 2010), la evaluación del rendimiento de los profesores (De Witte K y Rogge N., 2011) y las diferencias en la educación a nivel de país (De Witte K, Thanassoulis E, Simpson G, Battisti G y Charlesworth- May A., 2010 y Thieme C, Prior D y Tortosa-Ausina E., 2013).

No obstante, el modelo FDH es muy delicado y no permite la existencia de valores atípicos, ya que estos pueden provocar una medida errada de la frontera eficiente y por ende de la eficiencia de cada unidad. Para la solución de este problema, Cazáls C, Florens J y Simar L (2002), sugieren evaluar la eficiencia de las observaciones relativas a una frontera parcial, usando solamente  $m < n$  observaciones y empleando extracción con reemplazo entre aquellas  $y_i$  tal que  $x_i \leq x$ . Gracias a la

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

replicación de las extracciones a las que se les denomina robustas de orden- $m$ , es posible realizar inferencia estadística (Daraio C y Simar L., 2005,2007). La metodología de orden- $m$  se ha utilizado para comparar grupos de distintos tamaños, dado que mediante un “ $m$ ” igual para todos los grupos, se reducen los sesgos (De Witte K y Marques R., 2008 y Zhang Y and Bartels R., 1998). Para ello, De Witte y Marques (2009), recomiendan utilizar “ $m$ ” igual al mínimo de observaciones por unidad. Es posible que algunas de las observaciones puedan estar situadas más allá de la frontera de dicha muestra, es decir, que no están contenidas en ese subconjunto. De aquí se pueden derivar dos situaciones: i) las observaciones pueden ser súper eficientes (Andersen P and Petersen N., 1993), lo que se traduce como que dicha unidad obtiene rendimientos superiores a los que podríamos esperar dados unos niveles de insumo; ii) la inviabilidad podría ocurrir, en medida que no tenemos niveles de referencia adecuados dentro de la muestra para estimar la salida máxima factible para una observación que no esté dentro de la muestra. La solución a este problema es calcular la eficiencia orientada al insumo. Aunque esta es una situación muy inusual (De Witte K et al., 2010).

### **4.2 El enfoque de Metafrontera**

En la mayoría de las aplicaciones en el mundo real, los datos se encuentran contenidos dentro de unidades y estos contenidos a su vez dentro de entidades. A esto en la literatura se le conoce como datos jerárquicos o multinivel. En la no paramétrica, esto se conoce como Metafrontera. Este enfoque mide la eficiencia de las unidades evaluadas en relación a las fronteras parciales de las mejoras prácticas, con especial aplicación en datos jerárquicos (Battese G y Rao D., 2002; Battese

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

G, Rao D y O'Donnell C., 2004; De Witte K y Marques R., 2008; O'Donnell C, Rao D and Battese G., 2007), debido a que no tener en cuenta estos aspectos podría llevarnos a caer en sesgos.

El enfoque de Metafrontera en el campo educativo permite descomponer el logro del alumno evaluado en una parte atribuible al alumno y una parte atribuible al sistema educativo. Es decir, una descomposición de frontera a nivel de estudiante y sistema educativo (Ruggiero J., 2000; Thanassoulis E y Silva-Portela A. 2001, 2002).

Racine JS, Hart JD y Li Q (2006) proponen una solución para la medida de la significancia en modelos de regresión no paramétricos, aplicando pruebas bootstrap como equivalente a t-student (Racine JS., 1997), para esto Daraio y Simar (2005, p 103) recomiendan hacer un mínimo de 200 replicaciones.

### **5. Análisis técnico de la educación**

Referente a medidas de eficiencia en el campo educativo son muchos los artículos que se han desarrollado, en los que se analizan aspectos como diferencias en escuelas públicas y privadas (Dronkers J y Robert P., 2008 y Vandenberghe V y Robin S., 2004), los efectos del tracking<sup>14</sup> (Brunello G y Checchi D., 2007 y Schuetz G, Ursprung HW y Wößmann L., 2008), los antecedentes culturales (Coco G y Lagravinese R., 2014), valores contextuales (Coelli T, Rao P, O'Donnell C y Battese G., 2005), el capital humano en las escuelas (Bradley S, Johnes G y

---

<sup>14</sup> Es un proceso de seguimiento realizado en algunas escuelas en las que se separa a los alumnos en grupos según su capacidad académica para todas o algunas clases.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

Millington J., 2001 y Worthington AC., 2001), número de profesores por cantidad de estudiantes (Brennan S, Haelermans C and Ruggiero J., 2014; Cordero JM, Pedraja F y Santín D., 2010 y Essid H, Ouellette P y Vigeant S., 2014), tiempo de instrucción a los estudiantes (Lavy V., 2010 y Rivkin SG y Schiman JC., 2013), recursos físicos como número de computadores por estudiante (Spiezia V., 2010), datos socioeconómicos de los estudiantes (Agasisti T., 2014; Crespo-Cebada E, Pedraja F y Santín D., 2014 y Thieme C, Prior D y Tortosa-Ausina E., 2013) y aspectos de la personalidad como la escrupulosidad en el rendimiento académico de los estudiantes (Borghans L and Schils T., 2012 y Heckman JJ., 2011).

Si bien, estos estudios demuestran una relación de dichas variables con los logros de los estudiantes, estudios como el de Cordero et al (2015a, 2015b) muestra que los recursos físicos de las instituciones tienen poco efecto en dichos logros. Hanushek EA y Woessman L (2011) encuentran que, si bien las medidas de los insumos cuantitativos muestran poco impacto, estructuras institucionales y de la calidad de la fuerza docente pueden proporcionar grandes diferencias internacionales en el nivel y la equidad de los logros estudiantiles.

Las pruebas PISA han servido de recurso para múltiples estudios donde se analizan los resultados a nivel de país (Afonso A y St Aubyn M., 2006; Aristovnik A y Obadić A., 2014; Giambona F, Vassallo E y Vassiliadis E., 2011 y Thieme C, Giménez V y Prior D., 2012). También, se han realizado estudios en los que se aplican micro fronteras al analizar la eficiencia con datos de PISA (De Jorge J y Santín D., 2010 y Wilson PW., 2005). La aplicación del modelo FDH ha tomado popularidad en el contexto educativo. Algunos autores han incluido en sus propuestas aplicaciones tales como ampliar el modelo robusto FDH para incorporar variables exógenas (Daraio C y Simar L., 2007), otra propuesta interesante es la de Herve Leleu (2006) para una programación lineal del modelo FDH.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

En busca de contrastar la fiabilidad del modelo FDH, De Witte. et al (2010), realiza una comparación del modelo paramétrico de multinivel y modelo FDH con un enfoque de metafrontera, para calcular la eficiencia técnica en 3017 niñas de 21 escuelas de único género en Gran Bretaña. Los resultados demostraron que los dos métodos coinciden en la variación en el logro del alumno y en la proporción atribuible al alumno y a la escuela. FDH es, pues, un procedimiento natural para establecer objetivos, ya que es fácil fijar metas individuales para los alumnos en el marco de este. Es por esto que ambos modelos se pueden utilizar como métodos complementarios para analizar el desempeño de la escuela y el alumno.

Así mismo, Thieme C, Prior D and Tortosa-Ausina E (2011), aplican una metodología FDH robusta de orden-m, en una muestra de 277 centros de educación básica de Chile, los cuales son privados pagados, privados subvencionados (concertados) y municipales (públicos); y de los que se cuenta con información completa acerca de recursos, capacidades organizativas y resultados a través de la prueba estandarizada de rendimiento, denominada pruebas SIMCE<sup>15</sup> (Sistema de Medición de la Calidad de la Educación). Estas pruebas se implementan de manera censal para alumnos de cuarto y octavo grado en las áreas de matemáticas, lenguaje y ciencias. Los resultados de eficiencia técnica son coherentes con los encontrados en estudios previos para Chile, que señalan que la ineficiencia técnica de gestión promedio bordea el 6%. La eficiencia técnica que muestran los colegios privados pagados es superior a los privados subvencionados y, a su vez, la de estos es superior a la de los colegios públicos municipales. Sin embargo, las diferencias entre los dos tipos de colegios privados no son estadísticamente significativas. La brecha disminuye considerablemente al controlar por nivel socioeconómico de las escuelas, aunque persiste un mejor

---

<sup>15</sup>El SIMCE hace parte del sistema aseguramiento de la calidad de la educación escolar (Chile), es una institución de sentido público tiene como funciones centrales evaluar y orientar al sistema educativo para contribuir al mejoramiento de la calidad de las oportunidades educativas.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

desempeño de los privados pagados, seguido por los privados subvencionados y finalmente los municipales.

Por otra parte, De Witte K et al. (2013), presenta un marco no paramétrico en su totalidad para estimar el rendimiento relativo de las unidades de producción considerando variables continuas y discretas. Para ello utiliza una función de núcleo mixta adaptada con una selección de ancho de banda basada en los datos. La metodología se aplica a una muestra de alumnos holandeses del conjunto de datos del Programa de Evaluación Internacional de Estudiantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE PISA). Los resultados de la aplicación muestran que varias características específicas de la familia y del estudiante tienen un efecto estadísticamente significativo en la eficiencia educativa, mientras que las variables de la escuela no tienen impacto en el rendimiento.

Concerniente a estudios diferenciales en eficiencia a nivel de país cabe resaltar a Cordero, J.M. et al (2015a), quienes realizaron un estudio comparativo entre 16 países de la Unión Europea, mediante un modelo robusto de orden-m con un enfoque de metafrontera en una muestra de 2398 escuelas obtenida de las pruebas PIRLS 2011. En su estudio, se toma como producto los resultados en lectura y como insumos las variables de información de antecedentes sobre el estatus socioeconómico de los estudiantes, el ambiente escolar y las prácticas de instrucción. Además, utiliza variables económicas como el ingreso per-capita e indicadores de valores culturales tales como trabajo duro, responsabilidad y perseverancia (datos obtenidos de la base WVS por sus siglas en inglés World Values Survey<sup>16</sup>), para diferenciar a nivel de país. Los autores señalan que el

---

<sup>16</sup>Es una red global de científicos sociales que estudia el cambio de valores y su impacto en la vida social y política. La encuesta, iniciada en 1981, busca utilizar los grupos de investigación más rigurosos y de alta calidad en cada país. La WVS consiste en encuestas representativas a nivel nacional realizadas en casi 100 países que contienen casi el 90 por ciento de la población mundial, utilizando un cuestionario común. La WVS es la más grande investigación no comercial, transnacional, de series temporales de creencias y valores humanos.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

ranquin difiere cuando se introducen este tipo de variables debido a las diferencias en los recursos disponibles de cada país. Los resultados indican que la transmisión intergeneracional de habilidades no cognitivas, tales como responsabilidad o perseverancia están significativamente relacionados con la eficiencia escolar, mientras que la mayoría de los factores escolares no parecen tener una influencia significativa en el rendimiento escolar.

### **6. Metodología**

Para el desarrollo de los objetivos planteados, se procedió a medir la eficiencia de cada uno de los estudiantes a nivel de país, posteriormente se mide la eficiencia total que es la eficiencia del estudiante al compararse con alumnos de todos los países. Esto permite descomponer la ineficiencia y determinar que parte es atribuible al sistema educativo del país en el que se desenvuelve el estudiante.

Po otro lado, la ineficiencia de los estudiantes puede deberse a características propias o al entorno en el que se desenvuelve, es decir, los valores culturales, el sistema educativo característico de cada país entre otros. Con el fin de contrastar lo anterior, en este estudio se estimaron dos modelos. En el modelo 1, se utilizan variables directamente relacionadas con el estudiante y el centro educativo al que asiste, para medir la eficiencia y crear el ranking entre países. En el modelo 2, se añaden los valores culturales que se encuentran relacionados con el desempeño de los estudiantes.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

Para desarrollar lo anterior, se empleó un modelo FDH con orientación al producto, con un enfoque de estimaciones robustas y una descomposición de Metafrontera. El modelo FDH, propuesto inicialmente por Deprins D et al. (1984) desarrolla la siguiente metodología: considerando un conjunto de datos  $(x, y)$  insumos y productos respectivamente, que pertenecen a un conjunto factible de producción  $Y$ , para los cuales se desea calcular la eficiencia, primero es necesario estimar la frontera eficiente de producción (desconocida) y a partir de esto se calcula la distancia entre cada punto observado y la frontera eficiente de producción. En el gráfico 1, la eficiencia del punto A, viene dado por la distancia entre este y la frontera parcial.

Ahora bien, supongamos una lista de insumos ( $q$ ) y productos ( $p$ ), tal que se cumpla:

$$Y = \{(x, y) | x \in \mathbb{R}_+^q, y \in \mathbb{R}_+^p, (x, y) \text{ es factible}\}$$

“ $x$ ” es llamado el vector de insumos, “ $y$ ” el vector de productos y  $Y$  el conjunto de producción.

Ahora bien, es cómodo hablar del conjunto  $Y$  por secciones definidas como:

$\forall y \in \mathbb{R}_+^p$ , la sección  $X_{(y)}$  es un subconjunto de  $\mathbb{R}_+^q$ , que esta definido

por la correspondencia  $y \rightarrow X_{(y)} = \{x | (x, y) \in Y\}$

$\forall x \in \mathbb{R}_+^q$ , la sección  $Y_{(x)}$  es un subconjunto de  $\mathbb{R}_+^p$ , que esta definido

por la correspondencia  $x \rightarrow Y_{(x)} = \{y | (x, y) \in Y\}$

Así  $X_{(\cdot)}$  y  $Y_{(\cdot)}$  son llamados insumos y productos correspondiente asociado a cada vector producto(insumo), tal que  $(x, y)$  es un punto factible. De este modo el conjunto total de producción puede ser descrito como:

$$Y = \{(x, y) | x \in \mathbb{R}_+^q, y \in Y_{(x)}\}$$

Entonces para cada sección  $X_{(y)}$  y  $Y_{(x)}$  de  $Y$  denotamos la frontera eficiente en el sentido farrell, como el subconjunto denotado como  $\partial^f X_{(y)}$  (respectivamente  $\partial^f Y_{(x)}$ ).

$$\partial^f X_{(y)} = \{x | x \in X_{(y)}, \lambda x \notin X_{(y)} \forall \lambda \in [0, 1[ \}$$

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

$$\partial^f Y_{(x)} = \{y | y \in Y_{(x)}, \alpha y \notin Y_{(x)} \forall \alpha \in [1, \infty]\}$$

Por lo tanto:

Un producto es eficiente, si  $y \in \partial^f Y_{(x)}$ .

Un punto ineficiente será definido por  $\notin \partial^f X_{(y)}$  o  $\partial^f Y_{(x)}$  y expresado en la distancia de la frontera eficiente y el punto observado. Este efecto está determinado por:

$F(x, y) = \text{Max}\{\alpha | \alpha y \in Y_{(x)}\}$  en el sentido de los productos.

Si se trata de un punto eficiente este efecto será igual a 1.

$$\partial^f X_{(y)} = \{x | F(x, y) = 1\}.$$

$$\partial^f Y_{(x)} = \{y | F(x, y) = 1\}.$$

Para calcular la frontera de producción se realizan dos supuestos:

i) libre disponibilidad de insumos:

$$x' \in X_{(y)} \Rightarrow \begin{cases} x \in X_{(y)} \\ x' \geq x \end{cases}$$

ii) fuerte disponibilidad de productos:

$$y' \in Y_{(y)} \Rightarrow \begin{cases} y \in Y_{(x)} \\ y' \leq y \end{cases}$$

Lo anterior puede ser entendido como la posibilidad de obtener menores niveles de producto de lo que podríamos esperar de las mejores prácticas, es decir, se puede utilizar mayores o menores cantidades de insumos para producir mayores o menores cantidades de productos.

El FDH orientado al producto, se obtiene resolviendo la siguiente ecuación:

$$FDH(x, y) = \text{Max} \left\{ \alpha | \alpha y \leq \sum_{i=1}^N \gamma_i y_i; x \geq \sum_{i=1}^N \gamma_i x_i; \sum_{i=1}^N \gamma_i = 1; \gamma_i \in [0, 1]; i = 1, \dots, n \right\}$$

Como ya se había mencionado, el modelo FDH es muy sensible a los valores atípicos, Cazals et al (2002), proponen una estimación robusta de orden-m, sugiriendo evaluar la eficiencia de las

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

observaciones relativas a una frontera parcial, usando solamente  $m < n$  observaciones, mediante extracción con remplazo entre aquellas  $y_i$  tal que  $x_i \leq x$ ; para ello se deben realizar los siguientes pasos:

1. Extracción repetida con reemplazo de subconjuntos  $\beta$ , cada uno de tamaño “m” entre los  $y_i$  tal que  $x_i \leq x$ .
2. Para cada subconjunto  $\beta$ , se calcula el producto eficiente FDH para esa unidad, mediante la ecuación planteada arriba.
3. La medida de eficiencia robusta de orden-m de la unidad es derivada como el promedio de la eficiencia de los subconjuntos  $\beta$ .

Los intervalos de confianza de las puntuaciones de eficiencia se calculan usando la distribución de las puntuaciones de eficiencia de  $\beta$ .

El enfoque de Metafrontera surge ya que la mayoría de los datos tienen una estructura multinivel. Este enfoque permite medir la eficiencia de las unidades evaluadas en relación con las fronteras separadas de mejores prácticas. También, permite observar la eficiencia de los estudiantes a nivel país (frontera individual) y a nivel de conjunto en una frontera total (metafrontera) conformada por las observaciones de todos los países evaluados. En el gráfico 1, *el punto A* representa cada estudiante del que se tiene información en las pruebas PISA 2015, *la frontera parcial* hace relación a las mejores prácticas de cada país y la Metafrontera representa las mejores prácticas del conjunto formado por todos los países incluidos en el estudio. De esta manera, el procedimiento para evaluar la eficiencia de cada país, es medir la distancia entre la frontera de cada país respecto a la Metafrontera. Así la eficiencia general se puede descomponer como (Thanassoulis E y Portela M., 2001, 2002):

(BD/BA): eficiencia general.



## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

fueron extraídos de las 7 oleadas entregadas desde 1981 por la World Values Survey<sup>17</sup> (WVS), que posee, entre otras cosas, datos acerca de los valores que las personas consideran importante enseñarles a los niños.

La muestra inicial estuvo conformada por 82.202 observaciones, dentro de las cuales se tenían datos de Argentina y Puerto Rico pero debido a datos faltante para estos, no pudieron ser incluidos en el análisis. Tras la selección de variables y el depuramiento de la base de datos, la muestra final quedó conformada por 49.895 observaciones correspondientes al mismo número de estudiantes, pertenecientes a 8 países de América Latina descritos en la tabla 1. El país con mayor representación en la muestra fue Brasil (18.79%), seguido por Colombia (16.66%) y la menor participación fue República dominicana (6.28%). Esta distribución en la muestra se encuentra correlacionada con el número de estudiantes de 15 años en cada país, ya que la metodología PISA extrae una muestra que sea representativa de la población evaluada.

Tabla 1  
*Distribución de la muestra.*

País	Estudiantes	Porcentaje
Brasil	9,377	18.79
Chile	5,534	11.09
Colombia	8,313	16.66
Costa Rica	5,495	11.01
R. Dominicana	3,134	6.28
México	6,808	13.64
Perú	6,193	12.41

<sup>17</sup> Es una red global de científicos sociales que estudian los valores cambiantes y su impacto en la vida social y política, liderados por un equipo internacional de académicos, con la Asociación WVS y la Secretaría de WVSA con sede en Viena, Austria ([www.worldvaluessurvey.org](http://www.worldvaluessurvey.org)).

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

Uruguay	5,041	10.10
Total	49,895	100.00

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos disponibles en [www.oecd.org/pisa/pisaenespaol.htm](http://www.oecd.org/pisa/pisaenespaol.htm).

En la tabla 2, se muestra las puntuaciones medias de cada país en cada área evaluada, además se encuentran ordenadas según el ranking presentado por PISA para las pruebas 2015. Es necesario recordar que la metodología de PISA controla todos los posibles sesgos que pudieran cometerse, es decir, la técnica de muestreo tiene en cuenta estudiantes inmigrantes, estratos, entre otros. De este modo, la muestra es totalmente representativa de la población.

Tabla 2

*Puntuaciones medias en ciencias, lectura y matemáticas.*

País	P. Media en ciencias	P. Media en lectura	P. Media en matemáticas
Chile	447	459	423
Uruguay	435	437	418
Costa Rica	420	427	400
Colombia	416	425	390
México	416	423	408
Brasil	401	407	377
Perú	397	398	387
R. Dominicana	332	358	328

Fuente: OCDE, PISA 2015, database. <http://dx.doi.org/10.1787/888933431961>

## 8. Variables

### 8.1 Productos

Como productos se seleccionaron los resultados individuales en lectura, matemáticas y ciencia. Dichos resultados se presentan en los denominados valores plausibles. Estos valores se extraen aleatoriamente de la distribución de resultados de los alumnos, construida a partir de las respuestas que dan a las preguntas que se le plantean en el test de conocimientos. A partir de esas respuestas y utilizando la teoría de la respuesta al ítem de Rasch (1960/1980) se estima la distribución de resultados de los alumnos y de dicha distribución se extraen los valores plausibles. La idea que subyace en esta forma de presentar los resultados es que resulta imposible conocer con exactitud cuáles son los conocimientos de los alumnos en tan poco tiempo de evaluación. En este trabajo se ha calculado el valor ponderado de los diez valores plausibles, mediante los pesos de ponderación igualmente ofrecidos en la base de datos (Wu, M. 2005).

### 8.2 Insumos

Para la selección de los insumos (tabla 3), en la literatura se identifica que la mayoría de los documentos empíricos que intentan medir eficiencia en la educación por lo general incluyen medidas de recurso humano y de capital (De Witte, 2014). En el presente estudio, en primera instancia se implementó análisis factorial y análisis de componentes principales con el objetivo de tener una única medida de los datos socioeconómicos, recursos físicos etc. No obstante, por el

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

carácter negativo de las predicciones en ambos casos, y con el fin de no recurrir a re-escalar los datos, finalmente, se ha utilizado como proxy del nivel socioeconómico, el grado de educación de los padres. En el mismo sentido, se realizó un índice de los elementos de estudio disponibles en el hogar (internet, libros y lugar para estudiar) y si el estudiante ha repetido o no un año escolar como proxy de las capacidades intelectuales del estudiante. De la misma manera, en la literatura, se ha utilizado el número disponibles de computadores con internet por alumno (Spiezia, 2010) y tiempo de instrucción (Rivkin y Schiman, 2013). Adicionalmente, se incluyeron otras variables contextuales tales como: el nivel de ausentismo reportado por el director del centro educativo, ubicación en una zona rural o una gran urbe y el carácter público o privado de la institución como proxy de autonomía. Por otro lado, hay cuestiones que no son propias del sistema educativo, sino culturales, que varían de país a país, valores como el trabajo duro, responsabilidad y perseverancia se encuentran relacionados con mejores rendimientos académicos (Heckman, 2011). Además de estos valores culturales se incluyó la obediencia y la libre expresión.

Tabla 3

*Descripción de variables empleadas.*

---

Variables propias y ambientales	
V1	Número de horas de clase recibidas semanalmente.
V2	Si el centro está ubicado en una villa, pueblo ciudad etc.
V3	Si el centro es de carácter público o privado, como proxy del grado de autonomía de centro.
V4	Número de computadores con internet disponibles en la institución para alumnos de décimo grado.
V5	Repetido año, como proxy de las habilidades del estudiante.
V6	Ponderación del número de elementos de estudio disponibles en casa.

---

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

V7	Grado de ausentismo reportado por el centro.
V8	Educación de los padres, como proxy del nivel socioeconómico. Datos según clasificación estándar internacional de la educación ISCED 2011.
Variables culturales	
C1	Trabajo duro.
C2	Responsabilidad.
C3	Perseverancia.
C4	Obediencia.
C5	Libre expresión.

En la tabla 4, se muestran los descriptivos de los datos disponibles en la base de datos PISA 2015, discriminados por país y el porcentaje promedio de las personas que respondieron a la pregunta ¿Cuál valor considera importante inculcar en los niños? obtenido a partir de los datos disponibles desde 1981 a 2014, entregados en 7 oleadas por la WVS.

Tabla 4

*Descriptivos de los insumos por país.*

Variable	Brasil	Chile	Colombia	Costa Rica	República Dominicana	México	Perú	Uruguay	
V1	36,73 (20,55)	40,68 (14,01)	31,28 (16,50)	44,96 (14,43)	42,33 (23,46)	34,36 (16,14)	35,90 (13,78)	32,70 (17,71)	
V2	3,46	3,91	3,93	2,41	2,84	3,44	2,41	3,40	
V3	Público Privado	84,5% 27,6%	73,3% 26,7%	86,1% 13,9%	69,8% 30,2%	87,3% 12,7%	68,9% 31,1%	79,8% 20,2%	
V4	22,95 (20,58)	59,62 (46,29)	61,18 (58,14)	38,67 (31,44)	14,86 (17,02)	61,84 (100,9)	19,34 (24,36)	26,00 (28,39)	
V5	No Si	72,1% 27,9%	82,1% 17,9%	60,9% 39,1%	69,9% 30,1%	75,7% 24,3%	87,8% 12,2%	76,5% 23,5%	71,1% 28,9%
V6	1,20	1,13	1,25	1,30	1,25	1,38	1,39	1,14	
V7	2,35	3,19	2,51	2,17	3,04	2,46	2,88	2,60	
V8	4,48	5,89	5,37	5,31	5,41	4,38	5,74	4,41	
C1	58,8%	39,5%	61,7%	---	---	40,5%	62,8%	61,5%	
C2	75,9%	81,3%	80,6%	---	---	71,5%	75,1%	81,1%	

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

C3	28,3%	41,6%	21,2%	---	---	30,5%	24,4%	38,6%
C4	49,8%	50,2%	55,9%	---	---	51,9%	54,3%	39,6%
C5	90%	36,4%	31,5%	---	---	18,6%	22,9%	38,6%

*Nota:* Desviación estándar entre paréntesis.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos disponibles en [www.worldvaluessurvey.org](http://www.worldvaluessurvey.org) y [www.oecd.org/pisa/pisaenespaol.htm](http://www.oecd.org/pisa/pisaenespaol.htm).

## 9. Resultados

La estimación de la eficiencia general se obtuvo utilizando toda la muestra a través de la metodología de orden-m con una orientación al producto. Por otro lado, para el efecto estudiante y el efecto del sistema educativo se calcularon 8 fronteras parciales, una por cada país. Para ambas estimaciones se utilizó un  $m=50$  y 200 replicaciones.

En la tabla 5, se muestran los puntajes promedio de eficiencia estimados para cada país con base en el modelo 1, es decir, el modelo sin valores culturales. De igual manera, se muestra el efecto de descomposición entre el efecto estudiante y el efecto del sistema educativo, mediante el enfoque de Metafrontera. Se destaca, que en todos los países existen alumnos con valores de eficiencia menores a 1, es decir, súper-eficientes. En Brasil, se registra la observación más súper-eficiente (0,773).

En promedio los estudiantes menos ineficientes son los de Chile (1,180) y Uruguay (1,185). En contra parte, los más ineficientes son los de Perú (1,285) y R. Dominicana (1,425). El puntaje promedio de la eficiencia total (1,256) indica que, si todos los estudiantes hubiesen sido eficientes, los puntajes de las pruebas podrían aumentar en promedio en un 25,6%. También, se puede apreciar que en promedio cerca del 83% de la ineficiencia total se debe a la ineficiencia de los

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

estudiantes, en contraparte, cerca del 15% de la ineficiencia total se debe a la propia ineficiencia de los sistemas educativos. Sin embargo, lo anterior difiere entre países, por ejemplo, gran parte de la ineficiencia que opera en R. Dominicana corresponde al efecto del sistema educativo (39,7%), mientras que este mismo efecto en Chile (2,39%) es apenas apreciable. Además, en Uruguay ocurre un caso particular, la ineficiencia proveniente de los estudiantes es contrarrestada por el efecto súper-eficiente del sistema educativo.

Además, en la tabla 5 se puede apreciar el número y porcentaje de estudiantes super-eficientes, eficientes e ineficientes. Se observa que el porcentaje de estudiantes ineficientes es mayor cuando estos se comparan con los estudiantes de todos los países (90,8%). En el caso de los estudiantes colombianos, se observa que son los más ineficientes cuando se comparan con los de su mismo país (85,75%). Por otro lado, al compararse con los estudiantes de todos los países dejan de ser los más ineficientes; aun así, el porcentaje de estudiantes ineficientes es mayor (92,08%). En contraste, en Uruguay se presenta el mayor porcentaje de estudiantes súper eficientes (15,33%) al compararse con los estudiantes de todos los países. Por otro lado, al comparar los estudiantes con los de su mismo país, México presenta el mayor porcentaje de estudiantes súper eficientes (9,65%).

Al analizar los resultados del efecto de sistema de educativo y crear un ranking entre los países de la muestra acorde al mismo, se encontró que el sistema educativo de Uruguay es el mejor y que además es súper-eficiente (0,992), es decir, la manera en la que está utilizando los recursos que dispone es mejor de lo que se esperaría de las mejores prácticas. En cuanto a los sistemas educativos en Chile (1,0043) y Colombia (1,0176), se encontró que se ubican muy cerca del punto eficiente, en cambio el sistema educativo de R. Dominicana (1,1692) resulta ser el más ineficiente.

Por otro lado, al comparar el ranking del efecto del sistema educativo (tabla 5) con el ranking de los resultados promedio a nivel país en PISA (tabla 2), se observa que Uruguay obtiene el primer

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

puesto entre la muestra desplazando a Chile al segundo lugar. En cuanto a Colombia, asciende al tercer puesto sobre Brasil, este último de igual manera asciende dos casillas en el ranking, siendo este el país que mejor se repositona en el ranking. Por el contrario, Costa Rica pierde dos escalafones, lo que indica que, a pesar de estar obteniendo buenos resultados, está utilizando más recursos para lograrlo. En cuanto a Perú y R. Dominicana las posiciones no varían.

Tabla 5

*Descomposición de la eficiencia total modelo 1.*

País	Eficiencia total						
	Mean	Std. Dev.	Min	Max	# y % Super eficiente	# y % Eficiente	# y % Ineficiente
Chile	1,18	0,187	0,807	2,198	824 (14,89%)	2 (0,04%)	4.708 (85,07%)
Uruguay	1,185	0,192	0,821	2,13	773 (15,33%)	88 (1,75%)	4.180 (82,92%)
México	1,223	0,174	0,815	2,024	462 (6,79%)	68 (1%)	6.278 (92,22%)
Costa Rica	1,243	0,173	0,845	2,232	292 (5,31%)	29 (0,53%)	5.174 (94,16%)
Colombia	1,253	0,202	0,823	2,399	617 (7,42%)	41 (0,49%)	7.655 (92,08%)
Brasil	1,255	0,219	0,773	2,551	935 (9,97%)	100 (1,07%)	8.342 (88,96%)
Perú	1,285	0,201	0,854	2,32	281 (4,54%)	28 (0,45%)	5.884 (95,01%)
R. Dominicana	1,425	0,24	0,92	2,389	25 (0,8%)	24 (0,77%)	3.085 (98,44%)
<b>Total</b>	<b>1,256</b>	<b>0,199</b>	<b>0,773</b>	<b>2,551</b>	<b>4.209 (8,44%)</b>	<b>380 (0,76%)</b>	<b>45.306 (90,80%)</b>

  

País	Efecto estudiante							
	Mean	Std. Dev.	Min	Max	%	# y % Super eficiente	# y % Eficiente	# y % Ineficiente
Chile	1,178	0,17	0,9	2,134	98,96%	420 (7,59%)	519 (9,38%)	4.595 (83,03%)
México	1,178	0,165	0,828	2,153	79,99%	657 (9,65%)	444 (6,52%)	5.707 (83,83%)
Perú	1,193	0,175	0,879	2,15	67,61%	509 (8,22%)	512 (8,27%)	5.172 (83,51%)
Uruguay	1,197	0,19	0,88	2,21	106,64%	446 (8,85%)	472 (9,36%)	4.123 (81,79%)
Costa Rica	1,199	0,172	0,906	2,231	81,80%	338 (6,15%)	497 (9,04%)	4.660 (84,80%)
Brasil	1,218	0,206	0,821	2,584	85,31%	878 (9,36%)	752 (8,02%)	7.747 (82,62%)
R. Dominicana	1,221	0,199	0,823	2,085	52,06%	301 (9,60%)	193 (6,16%)	2.640 (84,24%)
Colombia	1,236	0,205	0,875	2,379	93,53%	393 (4,73%)	792 (9,53%)	7.128 (85,75%)
<b>Total</b>	<b>1,203</b>	<b>0,185</b>	<b>0,821</b>	<b>2,584</b>	<b>83,24%</b>	<b>3.942 (7,9%)</b>	<b>4.181 (8,38%)</b>	<b>41.772 (83,72%)</b>

  

País	Efecto País							
	Mean	Std. Dev.	Min	Max	%	# y % Super eficiente	# y % Eficiente	# y % Ineficiente
Uruguay	0,9922	0,084	0,7933	1,6326	-4,20%	3,375 (66,95%)	109 (2,16%)	1,557 (39,89%)
Chile	1,0043	0,1048	0,8055	1,78	2,39%	3,335 (60,26%)	2 (0,04%)	2,197 (39,70%)
Colombia	1,0176	0,0958	0,8227	1,9124	6,98%	4,703 (56,57%)	44 (0,53%)	3,566 (42,90%)
Brasil	1,0333	0,0944	0,8036	2,2465	13,05%	3,986 (42,51%)	113 (1,21%)	5,278 (56,29%)
México	1,0396	0,0714	0,8628	1,9256	17,78%	1,706 (25,06%)	81 (1,19%)	5,021 (73,75%)
Costa Rica	1,0404	0,0836	0,8389	1,6546	16,58%	1,817 (33,07%)	32 (0,58%)	3,646 (66,35%)
Perú	1,0806	0,1108	0,8694	2,1658	28,26%	1,008 (16,28%)	28 (0,45%)	5,157 (83,27%)
R. Dominicana	1,1692	0,0981	0,9936	1,944	39,79%	10 (0,32%)	26 (0,83%)	3,098 (98,85%)
<b>Total</b>	<b>1,0472</b>	<b>0,0929</b>	<b>0,7933</b>	<b>2,2465</b>	<b>15,08%</b>	<b>19.940 (39,96%)</b>	<b>435 (0,87%)</b>	<b>29,52 (59,16%)</b>

En el primer modelo se partió del supuesto que todos los estudiantes operaban en un entorno cultural homogéneo, lo que conlleva un problema, induciendo a estimaciones ineficientes. Por lo

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

tanto, se introdujo en el modelo 2 la heterogeneidad existente entre países referente a los valores culturales que se le inculcan a sus niños (Cordero JM. et al, 2015a). En la tabla 6, se muestran los resultados del modelo 2 que incluye los valores culturales asociados a cada país (Costa Rica y R. Dominicana no fueron incluidos debido a inexistencia de los datos en la base WVS), de igual manera que en el modelo 1 se descompone la eficiencia total entre el efecto estudiante y el efecto del sistema educativo.

En el modelo 2, el porcentaje de estudiantes ineficientes no tiene mayor variación cuando son comparados con los de su mismo país (83,54%) o entre todos los países (85,93%). Otra observación interesante es que en ambos casos (eficiencia total y efecto estudiante) el ranking no varía. En cuanto a los estudiantes colombianos resultan ser los más ineficientes tanto al compararse entre países (1,243) como entre los de su mismo país (1,236).

De igual manera, se observa que en el modelo 2, la ineficiencia promedio (1,202) disminuyó, al igual que el promedio del efecto estudiante (1,2) y el efecto del sistema educativo (1,0234). Si todos los estudiantes hubiesen sido eficientes, los puntajes de las pruebas podrían haber aumentado en promedio en un 20,2%. En el modelo 1, no se encontró mayores cambios respecto al ranking entregado por PISA y el ranking elaborado con base en los puntajes de eficiencia. Sin embargo, en el modelo 2, al tener en cuenta la heterogeneidad cultural, se encontró que en promedio los estudiantes chilenos siguen siendo los más eficientes, en contraste con los estudiantes colombianos que son los más ineficientes. En promedio la ineficiencia total sigue debiéndose en mayor medida al efecto negativo de los estudiantes (88,8%) y en menor proporción al efecto sistema educativo (11,1%),

Perú, que en el modelo 1 se encontraba por debajo de todos los países en el ranking de eficiencia total, en el modelo 2 se ubicó en la tercera casilla, quedando por encima de Uruguay, este último

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

descendió dos posiciones. Es importante destacar que los países que mejoraron su posición fueron aquellos donde el efecto sistema educativo fue más relevante en el modelo 1, como el caso de Perú (28,26%) y México (17,78%). En contraste, los países donde este efecto era menor descendieron abruptamente, por ejemplo, Colombia (6,98%) y Uruguay (-4,2%). Lo anterior, nos lleva a suponer que la heterogeneidad entre los diferentes países ejerce mayor influencia que la heterogeneidad entre los estudiantes dentro del mismo país.

Tabla 6

*Descomposición eficiencia total modelo 2.*

País	Eficiencia Total						
	Mean	Std. Dev.	Min	Max	# y % Super eficiente	# y % Eficiente	# y % Ineficiente
Chile	1,171	0,168	0,828	2,115	681 (12,31%)	160 (2,89%)	4,693 (84,80%)
México	1,173	0,165	0,812	2,015	839 (12,32%)	220 (3,23%)	5,749 (84,44%)
Perú	1,183	0,173	0,847	2,06	732 (11,82%)	290 (4,68%)	5,171 (83,50%)
Uruguay	1,218	0,202	0,845	2,231	514 (10,20%)	218 (4,32%)	4,309 (85,48%)
Brasil	1,225	0,208	0,784	2,519	1,078 (11,50%)	225 (2,40%)	8,074 (86,10%)
Colombia	1,243	0,2	0,849	2,334	522 (6,28%)	327 (3,93%)	7,464 (89,79%)
<b>Total</b>	<b>1,202</b>	<b>0,186</b>	<b>0,784</b>	<b>2,519</b>	<b>4,366 (10,58%)</b>	<b>1,440 (3,49%)</b>	<b>35,460 (85,93%)</b>

  

País	Efecto Estudiante							
	Mean	Std. Dev.	Min	Max	%	# y % Super eficiente	# y % Eficiente	# y % Ineficiente
Chile	1,178	0,17	0,9	2,134	92,73%	420 (7,59%)	519 (9,38%)	4,595 (83,03%)
México	1,178	0,165	0,828	2,153	92,15%	657 (9,65%)	444 (6,52%)	5,707 (83,83%)
Perú	1,193	0,175	0,879	2,15	94,11%	509 (8,22%)	512 (8,27%)	5,172 (83,51%)
Uruguay	1,197	0,19	0,88	2,21	81,34%	446 (8,85%)	472 (9,36%)	4,123 (81,79%)
Brasil	1,218	0,206	0,821	2,584	85,69%	878 (9,36%)	752 (8,02%)	7,747 (82,62%)
Colombia	1,236	0,205	0,875	2,379	87,21%	393 (4,73%)	792 (9,53%)	7,128 (85,75%)
<b>Total</b>	<b>1,2</b>	<b>0,185</b>	<b>0,821</b>	<b>2,584</b>	<b>88,87%</b>	<b>3,303 (8%)</b>	<b>3,491 (8,46%)</b>	<b>34,472 (83,54%)</b>

  

País	Efecto País							
	Mean	Std. Dev.	Min	Max	%	# y % Super eficiente	# y % Eficiente	# y % Ineficiente
Perú	1,0108	0,1999	0,4503	2,2395	5,89%	3,196 (51,61%)	23 (0,37%)	2,974 (48,02%)
Chile	1,0124	0,1963	0,4689	2,0235	7,27%	2,851 (51,52%)	16 (0,29%)	2,667 (48,19%)
México	1,0136	0,1947	0,4731	1,8877	7,85%	3,445 (50,60%)	16 (0,24%)	3,347 (49,16%)
Colombia	1,0311	0,2316	0,4493	2,2801	12,79%	4,037 (48,56%)	39 (0,47%)	4,237 (50,97%)
Brasil	1,0322	0,2369	0,3684	2,444	14,31%	4,583 (48,78%)	20 (0,21%)	4,774 (50,91%)
Uruguay	1,0407	0,2289	0,4498	2,446	18,66%	2,391 (47,43%)	21 (0,42%)	2,629 (52,15%)
<b>Total</b>	<b>1,0234</b>	<b>0,2147</b>	<b>0,3684</b>	<b>2,446</b>	<b>11,13%</b>	<b>20,503 (49,68%)</b>	<b>135 (0,33%)</b>	<b>20,628 (49,99%)</b>

Al comparar el ranking construido a partir del efecto sistema educativo en el modelo 2 con el ranking ofrecido por PISA 2015, se hayo una gran sorpresa, Perú, que se encontraba en el último

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

lugar entre los países analizados, al incluirse la heterogeneidad cultural, resultó ser el país con el sistema educativo más eficiente (1,0108). En parte, estos resultados se deben a que los estudiantes peruanos fueron los más eficientes en el modelo 2 ( $11,82\%+4,68\%=16,5\%$ ). Por otro lado, Uruguay que se encontraba en las primeras posiciones en los resultados PISA, terminó siendo el país con el sistema educativo más ineficiente en el modelo 2 (1,0407). Colombia por su lado, se mantuvo en la cuarta casilla, esta vez superado por México y Chile, este último resultó ser el país más estable manteniéndose en las primeras casillas tanto en los resultados PISA, como los modelos 1 y 2.

## 10. Conclusiones

En este estudio se midió la eficiencia de estudiantes de 8 países de América Latina que presentaron las pruebas PISA 2015, mediante un modelo de estimaciones robustas FDH donde se tuvieron en cuenta factores directamente relacionados con el estudiante y el centro educativo al que asiste y también se consideraron los valores culturales inherentes de cada país. Además, se utilizó un enfoque de Metafrontera para descomponer la ineficiencia en el efecto atribuible al estudiante y el efecto atribuible al sistema educativo.

Los resultados revelaron que el sistema educativo colombiano se encuentra muy cerca del punto eficiente, ubicándose por encima de Brasil y Uruguay. Lo que indica, que con la cantidad de recursos de los que dispone, está produciendo rendimientos educativos muy cercanos al punto aceptable. Asimismo, se mantiene en las mismas casillas en el ranking PISA y en el ranking de efecto del sistema educativo con valores culturales. Todo lo anterior indica que Colombia para mejorar sus resultados en cuanto a educación hay poco por hacer en lo relacionado al sistema educativo. Por otro lado, manteniendo la misma eficiencia, el aumento de recursos permitirá un aumento de los resultados puros. De igual manera, esto implica que políticas como la reducción de recursos a la educación se verán directamente reflejados en los logros académicos.

Es importante destacar que los resultados aquí expuestos nos indican que se debe tener cuidado al realizar conclusiones en cuanto a que país es mejor o peor en educación basados en rankings de resultados puros de pruebas estandarizadas, pues también, se debe tener en cuenta la cantidad de recursos que se están utilizando, en qué contextos están trabajando y en qué ámbito cultural se están desarrollando. Podemos concluir entonces que los valores culturales pueden tener mayor

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

efecto que los recursos físicos o los propios sistemas educativos que se disponen (John Jerrim., 2015). En esta perspectiva valdría la pena ahondar, en futuras investigaciones, sobre las circunstancias que llevan a que los estudiantes chilenos o mexicanos se han los más eficientes y ¿por qué los estudiantes colombianos resultan ser los más ineficientes?

Del mismo modo, debe tenerse en cuenta que los datos utilizados son de carácter transversal, esto debido que PISA es una prueba que se realiza cada tres años a estudiantes de décimo grado y por lo tanto cada vez son distintos los estudiantes a los que se le aplica la prueba, lo que hace imposible hacer un estudio de carácter de panel, que sería lo óptimo. Otro aspecto importante, es que los resultados están basados en un test de competencias y existen otras cuestiones no cognitivas que deben fomentarse en las escuelas, que no se pueden medir y que son cuestiones que deben tenerse en cuenta, dado que un país puede no tener los mejores resultados en cuanto a la medición de capacidades, pero logra formar bien en valores a sus estudiantes.

Finalmente, se debe destacar la situación alarmante que atribuye la ineficiencia de los estudiantes colombianos, pues se ha demostrado que la mayor parte de la ineficiencia se atribuye a su propio efecto y no al del sistema educativo. John Jerrim (2015), sugiere que gran parte de los logros académicos obedece a los valores culturales inmersos en los estudiantes. En Colombia, los valores culturales correlacionados con mayores logros educativos, como trabajo duro, perseverancia y responsabilidad, son valores que gran parte de la población considera importante inculcar en los niños (tabla 4). No obstante, estos valores culturales no están llevando a la obtención de mejores resultados académicos, como se esperaría, lo que puede estar llevando a la ineficiencia observada en los estudiantes. Es recomendable, que en futuras investigaciones se lleven a cabo estudios que evalúen la posibilidad de que dicha inconsistencia se deba a la propia

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

falta de incentivos en los estudiantes para concentrar sus esfuerzos en el ámbito educativo y no se desplace a otros ámbitos como el trabajo no cualificado.

**Referencias Bibliograficas**

- Afonso A and St Aubyn M (2006). Cross-country efficiency of secondary education provision: A semi-parametric analysis with nondiscretionary inputs. *Economic Modelling* 23(3): 476–491.
- Agasisti T (2014). The efficiency of public spending on education: An empirical comparison of EU countries. *European Journal of Education* 49(4): 543–557.
- Altamirano A y Peniche R. (2014). Metodología AED-RNA para la estimación de la eficiencia institucional: El caso de las dependencias de educación superior (DES) de ingeniería de México Measuring the institutional efficiency using data envelopment analysis and artificial neural networks: The case of Mexican colleges of engineering. *Revista Electrónica Nova Scientia*, N° 12 Vol. 6 (2), 2014. ISSN 2007 - 0705. pp: 356 – 378.
- Andersen P and Petersen N (1993). A procedure for ranking efficient units in Data Envelopment Analysis. *Mngt Sci* 39(10): 1261-1264.
- Aristovnik A and Obadić A (2014). Measuring relative efficiency of secondary education in selected EU and OECD countries: The case of Slovenia and Croatia. *Technological and Economic Development of Economy* 20(3): 419–433.
- Balaguer-Coll, M. T., D. Prior y E. Tortosa-Ausina (2007): On the determinants of local government performance: A two-stage nonparametric approach. *European Economic Review*, 51(2) 425-451.
- Banker, R. y R. Natarajan (2008): Evaluating contextual variables affecting productivity using Data Envelopment Analysis. *Operations Research*, 56 (1) 48-58.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- Barney, J. B. (1991): Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17 (1) 99-120.
- Barro R (2001). Human capital and growth. *American Economic Review* 91(2): 12–17.
- Bass, B. M. y B. J. Avolio (1997): *Full Range Leadership Development: Manual for Multifactor Leadership Questionnaire*, Mindgarden, CA.
- Battese G y Rao D (2002). Technology gap, efficiency, and a stochastic metafrontier function. *Int J Bus* 1(2): 87-93.
- Battese G, Rao D and O'Donnell C (2004). A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies. *Prod Anal* 21(1): 91-103.
- Borghans L and Schils T (2012). The leaning tower of PISA: The effect of test motivation on scores in the international student assessment. Mimeo. <http://www.sole-jole.org/13260.pdf>, accessed 8 May 2015.
- Bradley S, Johnes G and Millington J (2001). The effect of competition on the efficiency of secondary schools in England. *European Journal of Operational Research*.135(3):545-568.
- Bray M and Thomas RM (1995). Levels of comparison in educational studies: Different insights from different literatures and the value of multilevel analyses. *Harvard Educational Review* 65(3): 472–490.
- Brennan S, Haelermans C and Ruggiero J (2014). Nonparametric estimation of education productivity incorporating nondiscretionary inputs with an application to Dutch schools. *European Journal of Operational Research* 234(3): 809–818.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- Brunello G and Checchi D (2007). Does school tracking affect equality of opportunity? New international evidence. *Economic Policy* 22(52): 781–861.
- Cazáis C, Florens J and Simar L (2002). Nonparametric frontier estimation: A robust approach. *J Econometrics* 106(1): 1-25.
- Centre for the Economics of Education (NJ1). Rivkin SG and Schiman JC (2013). Instruction time, classroom quality, and academic achievement). *National Bureau of Economic Research*.
- Cherchye L, De Witte K, Ooghe E and Nicaise I (2010). Efficiency and equity in private and public education: A nonparametric comparison. *European Journal of Operational Research* 202(2): 563–573.
- Coco G and Lagravinese R (2014). Cronyism and education performance. *Economic Modelling* 38: 443–450.
- Coelli T, Rao P, O'Donnell C and Battese G (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, 2nd edn*. Springer: New York.
- Cooper, W. W., L. M. Seiford y K. Tone (2000): *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Academic Publishing, Boston, MA.
- Cordero JM, Pedraja F and Santín D (2010). Enhancing the inclusion of non-discretionary inputs in DEA. *Journal of Operational Research Society* 61(4): 574–584.
- Cordero, J.M., Santín, D. y Simancas, R. (2015a). Assessing European primary school performance through a conditional nonparametric model. *Journal of the Operational Research Society* advance online publication, 24 June 2015; doi:10.1057/jors.2015.42

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- Cordero, J.M., Santín, D. y Simancas, R. (2015b): Efficiency measurement and cross-country differences among schools: A conditional nonparametric approach, presentado en el 27th European Conference on Operational Research, Glasgow.
- Crespo-Cebada E, Pedraja F and Santín D (2014). Does school ownership matter? An unbiased efficiency comparison for regions of Spain. *Journal of Productivity Analysis* 41(1): 153–172.
- Cuervo, Á. (1993): El papel de la empresa en la competitividad. *Papeles de Economía Española*, 56, 363-378.
- Daraio C and Simar L (2005). Introducing environmental variables in nonparametric frontier models: A probabilistic approach. *Journal of Productivity Analysis* 24(1): 93–121.
- Daraio C and Simar L (2007). *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis. Methodology and Applications. In: Fare R, Grosskopf S and Russell R (eds) Studies in Productivity and Efficiency*. Springer: New York.
- De Jorge J and Santín D (2010). Determinantes de la eficiencia educativa en la Unión Europea. *Hacienda Pública Española* 193(2): 131–155.
- De Witte K (2014). Efficiency in education. A review of literature and a way forward. paper presented at Workshop on Efficiency in Education, London.
- De Witte K and Kortelainen M (2013). What explains performance of students in a heterogeneous environment? Conditional efficiency estimation with continuous and discrete environmental variables. *Applied Economics* 45(17): 2401–2412.
- De Witte K and Marques R (2008). Capturing the environment, a metafrontier approach to the drinking water sector. CES Discussion Paper Series DPS 08.04; Accepted for publication in *International Transactions of Operational Research*.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- De Witte K and Rogge N (2011). Accounting for exogenous influences in performance evaluations of teachers. *Economics of Education Review* 30(4): 641–653.
- De Witte K, Thanassoulis E, Simpson G, Battisti G and Charlesworth- May A (2010). Assessing pupil and school performance by nonparametric and parametric techniques. *Journal of the Operational Research Society* 61(8): 1224–1237.
- De Witte, K., & Marques, R. C. (2009). Capturing the environment, a metafrontier approach to the drinking water sector. *International Transactions in Operational Research*, 16(2), 257-271.
- Delannoy, F. (1998): *Reformas en gestión educacional en los 90s*. LCSH Paper Series 21, Human Development Department, The World Bank, Washington.
- Deprins D, Simar L and Tulkens H (1984). *Measuring labor efficiency in post offices*. In: *Marchand M, Pestieau P and Tulkens H (eds). The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurements*. North-Holland: Amsterdam, pp 243-267.
- Deutsch J, Dumas A and Silber J (2013). Estimating an educational production function for five countries of Latin America on the basis of the PISA data. *Economics of Education Review* 36: 245–262.
- Dronkers J and Robert P (2008). Differences in scholastic achievement of public, private government-dependent, and private independent schools a cross-national analysis. *Educational Policy* 22(4): 541–577.
- Essid H, Ouellette P and Vigeant S (2014). Productivity, efficiency, and technical change of Tunisian schools: A bootstrapped Malmquist approach with quasi-fixed inputs. *Omega* 42(1): 88–97.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- Farrell, M.J. and Fieldhouse, M. 1962. Estimating efficient production functions under increasing returns to scale, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 125*, 252–267.
- Farrell, M.J., 1957. The measurement of productive efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 120*, 253–281.
- García P y Gonzales M (2011). Evaluación de la eficiencia de las universidades públicas en Colombia utilizando análisis envolvente de datos. (Tesis de pregrado). universidad industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.
- Giambona F, Vassallo E and Vassiliadis E (2011). Educational systems efficiency in European Union countries. *Studies in Educational Evaluation 37*(2): 108–122.
- Giménez, V., D. Prior y C. Thieme (2007): Technical efficiency, managerial efficiency and objectivesetting in the educational system: An international comparison. *Journal of the Operational Research Society, 58* (8) 996-1007.
- Goldstein H (2003). *Multilevel Statistical Models*. 3rd edn. Arnold Publisher: London.
- O'Donoghue C, Thomas S, Goldstein H and Knight T (1997). Value added for 16-18 years old in England. *DfEE Research Series RS52*. March 1997.
- Haelermans C and De Witte K (2012). The role of innovations in secondary school performance: Evidence from a conditional efficiency model. *European Journal of Operational Research 223*(2): 541–549.
- Hanushek EA (1979). Conceptual and empirical issues in the estimation of educational production functions. *Journal of Human Resources 14*(3): 351–388.
- Hanushek EA and Kimko DD (2000). Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. *The American Economic Review 90*(5): 1184–1208.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- Hanushek EA and Woessman L (2011). The economics of international differences in educational achievement. In: Hanushek EA, Machin S and Woessmann L (eds). *Handbook of the Economics of Education. Vol. 3*. North Holland: Amsterdam, pp 89–200.
- Hanushek EA and Woessmann L (2008). The role of cognitive skills in economic development. *Journal of Economic Literature* 46(3): 607–668.
- Hanushek, E. A. (1998): Conclusions and controversies about the effectiveness of school resources. *Economic Policy Review*, 4 (1) 11-27.
- Harris, A. (2000): What works in school improvement? Lessons from the field and future directions. *Educational Research*, 42 1-11.
- Heckman JJ (2011). *Integrating personality psychology into economics* (Nº w17378). National Bureau of Economic Research.
- Heckman JJ (2011). Integrating personality psychology into economics (Nº w17378). *National Bureau of Economic Research*.
- Herve´ Leleu (2006). A linear programming framework for free disposal hull technologies and cost functions: Primal and dual models. H. Leleu / *European Journal of Operational Research* 168 340–344.
- John Jerrim (2015). Why do East Asian children perform so well in PISA? An investigation of Western-born children of East Asian descent. *Oxford Review of Education* Vol. 41 , Iss.
- Johnes J (2006). Measuring efficiency: A comparison of multilevel modelling and data envelopment analysis in the context of higher education. *B Econ Res* 58(2): 75-104.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- Koopmans, T.C., 1951. Analysis of production as an efficient combination of activities, in T.C. Koopmans (ed.). *Activity analysis of production and allocation*. New York: Wiley, 33–97.
- Kramer GH (1983). The ecological fallacy revisited: Aggregate versus individual level-findings on economics and elections, and sociotropic voting. *Am Polit Sci Rev* 77(1): 92-111.
- Krueger AB and Lindahl M (2001). Education for growth: Why and for whom. *Journal of Economic Literature* 39(4): 1101–1136.
- Lavy V (2010). Do differences in school's instruction time explain international achievement gaps in Maths, Science and Language? Evidence from developed and developing countries. *CEE DP* 118.
- Levin, H. (1996): *Aumentando la productividad educativa, en Economía de la Educación*. Temas de Estudio e Investigación, nº22 en Colección Estudios y Documentos, Gobierno Vasco, Bilbao.
- Mancebon M-J and Mar Molinero C (2000). Performance in primary schools. *J Opl Res Soc* 51: 843-854.
- O'Donnell C, Rao D and Battese G (2007). Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical Econ* 34(2): 231-255.
- Oficina del alto comisionado para la paz (2016). Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera. Recuperado de <http://www.altocomisionadoparalapaz.gov.co/procesos-y-conversaciones/Documentos%20compartidos/24-11-016NuevoAcuerdoFinal.pdf>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2013). Roadmap for the accession of Colombia to the OECD convention. Recuperado de

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=c\(2013\)110/final&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=c(2013)110/final&doclanguage=en).
- Portela M and Thanassoulis E (2001). Decomposing school and school-type efficiency. *Eur J Opl Res* 132(2): 357-373.
- Racine JS (1997). Consistent significance testing for nonparametric regression. *Journal of Business and Economic Statistics* 15(3): 369–379.
- Racine JS, Hart JD and Li Q (2006). Testing the significance of categorical predictor variables in nonparametric regression models. *Econometric Reviews* 25(4): 523–544.
- Rasch G (1980). *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests*. Danish Institute for Educational Research: Copenhagen: Expanded edition. The University of Chicago Press. Rivkin SG
- Rivkin SG and Schiman JC (2013). *Instruction time, classroom quality, and academic achievement* (No. w19464). National Bureau of Economic Research.
- Rowe K. (2000). Assessment, League Tables and School Effectiveness: Consider the Issues and ‘Let’s Get Real’. *Journal of Educational Enquiry*, Vol. 1(1) 2000.
- Ruggiero J (1996). On the measurement of technical efficiency in the public sector. *European Journal of Operational Research* 90(3): 553–565.
- Ruggiero J (2000). Nonparametric estimation of returns to scale in the public sector with an application to the provision of educational services. *Journal of the Operational Research Society* 51(8): 906–912.
- Sammons P, Nuttall D and Cuttance P (1993). Differential school effectiveness: Results from a reanalysis of the Inner London Education Authority's junior school project data. *Brit Educ Res J* 19: 381-405.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- Sammons P, Thomass E, Motimore P, Owen C, and Pennell H (1996). *Assessing School Effectiveness: Developing Measures to Put School Performance in Context*. OFSTED, Publications Centre, Manchester, UK.
- Schmidt, P., 1976. On the statistical estimation of parametric frontier production functions, *The Review of Economics and Statistics*, 58, 238–289.
- Schuetz G, Ursprung HWandWößmann L (2008). Education policy and equality of opportunity. *Kyklos* 61(2): 279–308.
- Silva-Portela MC and Thanassoulis E (2001). Decomposing school and school-type efficiency. *European Journal of Operational Research* 132(2): 357–373.
- Simar, L. y P. W. Wilson (2007): Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of productive processes. *Journal of Econometrics*, 136 (1) 31-64.
- Simar, L. y P. W. Wilson (2011): Two-stage DEA: caveat emptor, *Journal of Productivity Analysis*, forthcoming. Teddlie, C. y D. Reynolds (2000): *The International Handbook of School Effectiveness Research*, Routledge, London.
- Spiezia V (2010). Does computer use increase educational achievements? Student- level evidence from PISA. *OECD Journal: Economic Studies* 1: 1–22.
- Spiezia V (2010). Does computer use increase educational achievements? Student-level evidence from PISA. *OECD Journal: Economic Studies* 1: 1–22.
- Täht K and Must O (2013). Comparability of educational achievement and learning attitudes across nations. *Educational Research and Evaluation* 19(1): 19–38.
- Thanassoulis E (1999). Setting achievement targets for school children. *Educ Econ* 7(2): 101-119.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- Thanassoulis E and Dunstan P (1994). Guiding schools to improved performance using data envelopment analysis: An illustration with data from a local education authority. *J Opl Res Soc* 45(11): 1247-1262.
- Thanassoulis E and Portela M (2002). School outcomes: Sharing the responsibility between pupil and school. *Educ Econ* 10(2): 183-207.
- The Programme for International Student Assessment (2016). Programme for international student assessment (PISA) results from PISA 2015. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/publications/>.
- Thieme C, Giménez V and Prior D (2012). A comparative analysis of the efficiency of national education systems. *Asia Pacific Education Review* 13(1): 1–15.
- Thieme C, Prior D and Tortosa-Ausina E (2011): “Desempeño de los centros educativos: ¿un problema de recursos o capacidades organizativas?”. *Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública*, 199-(4/2011): 81-118 © 2011, Instituto de Estudios Fiscales.
- Thieme C, Prior D and Tortosa-Ausina E (2013). A multilevel decomposition of school performance using robust nonparametric frontier techniques. *Economics of Education Review* 32: 104–121.
- Thieme, C., V. Giménez y D. Prior (2009): “Evaluación de la eficiencia de los sistemas educativos nacionales en su objetivo de proveer calidad y equidad,” en L. Cariola, G. Cares y E. Lagos (eds.), *Qué nos dice PISA sobre la educación de los jóvenes en Chile. Nuevos análisis y perspectivas sobre los resultados en PISA 2006*, Gobierno de Chile, Santiago de Chile.

## MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA

- Urwick, J. y S. U. Junaidu (1991): The effects of school physical facilities on the processes of education: A qualitative study of Nigerian primary schools. *International Journal of Educational Development*, 11(1) 19-29.
- Vandenberghe V and Robin S (2004). Evaluating the effectiveness of private education across countries: A comparison of methods. *Labour Economics* 11(4): 487–506.
- Wilson PW (2005). Efficiency in education production among PISA countries, with emphasis on transitioning economies. World Bank Working Paper.
- Worthington AC (2001). An empirical survey of frontier efficiency measurement techniques in education. *Education Economics* 9(3): 245–268.
- Wu, M. (2005). The role of plausible values in large-scale surveys. *Studies in Educational Evaluation*, 31(2-3), 114-128. doi:10.1016/j.stueduc.2005.05.005
- Zhang Y and Bartels R (1998). The effect of sample size on the mean efficiency in DEA with an application to electricity distribution in Australia, Sweden and New Zealand. *J Prod Anal* 9(3): 187-204.
- Zhao Y, Zhang G, Yang W, Kirkland D, Han X and Zhang J (2008). A comparative study of educational research in China and the United States. *Asia Pacific Journal of Education* 28(1): 1–17.