



“Eficiencia y Equidad en los Sistemas Educativos: ¿Importa más la Desigualdad o el Diseño Institucional?”

**Tesis para optar al grado de
MAGÍSTER EN ANÁLISIS ECONÓMICO**

Alumno: Luis Felipe Hidalgo Salinas

Profesor Guía: Juan Pablo Valenzuela

Santiago, Agosto 2022

Eficiencia y Equidad en los Sistemas Educativos: ¿Importa más la Desigualdad o el Diseño Institucional?

Luis Felipe Hidalgo



Universidad de Chile

Versión Final

Profesor Guía: Juan Pablo Valenzuela

Mayo, 2022

Resumen

Se investiga el impacto de la desigualdad económica y de la diferenciación educativa sobre la eficiencia de 63 sistemas educativos para los años 2009, 2012, 2015 y 2018. Se utiliza la metodología de dos etapas con doble bootstrap de Simar y Wilson (2007) para mitigar las debilidades del Análisis Envolvente de Datos, aplicado para datos de panel. En una primera etapa se estima para cada año la eficiencia técnica educativa, utilizando como insumos los recursos educativos presentes en la escuela, y como productos el rendimiento educacional y la equidad educativa. Se corrigen los puntajes por sesgo de muestra finita. En una segunda etapa se estima una regresión truncada mediante bootstrap. La desigualdad económica no parece tener incidencia en la ineficiencia de los sistemas educativos, aunque sí la tienen ciertas prácticas que conllevan más diferenciación, como lo son la segregación escolar y la repitencia.

Keywords: PISA · Eficiencia · DEA · Bootstrap · Desigualdad · Diferenciación · Segregación.

Destacados

- Países más eficientes suelen ser de Escandinavia, Europa y Asia, de ingreso alto y medio alto.
- La desigualdad económica no tiene un efecto significativo sobre la ineficiencia técnica educativa.
- Disminuir la diferenciación educativa en una desviación estándar puede reducir la ineficiencia en 2.6 puntos porcentuales.
- Disminuir la segregación y la repitencia en una desviación estándar puede reducir la ineficiencia en 1.4 y 2.14 pp, respectivamente.
- Se recomienda avanzar a sistemas educativos menos segregadores y con menores niveles de retención de grado.

1. Introducción

Las ciencias sociales han observado y estudiado arduamente las habilidades y el rendimiento educacional de los estudiantes y de los sistemas educativos. La relevancia de analizar las habilidades cognitivas ha sido subrayada por la literatura económica al revelarse como uno de los componentes esenciales del capital humano para conseguir desarrollo y crecimiento económico en los países, aparte del nivel educativo alcanzado por la población ([Hanushek \(2013\)](#); [Altinok y Aydemir \(2017\)](#)).

La equidad también ha sido considerada como una característica deseable de los sistemas educativos. Ésta se mide típicamente como la desconexión entre el nivel socioeconómico de los estudiantes y sus familias con el desempeño y nivel educacional que pueden lograr. La idea es que el logro educacional se vea lo menos truncado posible por el ambiente que se posee. Esto se alcanza a través de una compleja relación entre instituciones educativas y los entornos personales del estudiante. No obstante, cuando más escuelas (y no sólo algunas) presentan ambientes propicios para el

aprendizaje, se impacta positivamente el desempeño promedio de los estudiantes, llevando a potenciales ganancias de desarrollo social, económico, y de equidad. ([Hanushek y Woessmann, 2009](#)).

Ahora bien, analizar el desempeño promedio y el nivel de equidad como indicadores de éxito de los sistemas educativos puede no ser lo más adecuado. Los países que inyectan más recursos en educación en general obtienen mejores resultados en términos de desempeño de habilidades cognitivas en pruebas estandarizadas ([OECD, 2020](#)). Por eso, la literatura en educación ha incorporado profusamente las técnicas de estimación de eficiencia. Es trivial pensar que a un país que invierte más en términos absolutos por cada estudiante se le esperen mejores resultados, pero un país se dice eficiente cuando obtiene buenos resultados, relativo a los demás países, por cada unidad de recurso inyectado al sistema educativo.

La eficiencia técnica se vuelve un punto crítico en la educación, sobre todo en los países en vías de desarrollo. Si hay ineficiencia, significa que los resultados educacionales pueden ser aumentados manteniendo constantes los recursos, o disminuir los recursos manteniendo constante los productos. Para países con restricciones presupuestarias relevantes, se vuelve de interés analizar cuál es la medida aproximada de la ineficiencia, y cuáles son los factores que la explican. Sumado a esto, existen hallazgos locales que prueban que acercarse a la frontera de eficiencia técnica de la educación puede tener efectos positivos sobre el crecimiento económico ([Agasisti *et al.*, 2020](#)).

Por otro lado, en los últimos años, se sostiene un debate en torno a si la desigualdad económica de las sociedades afecta el desempeño de los sistemas educativos. Los simples pero pioneros trabajos de [Chiu \(2011\)](#) y [Condrón \(2011\)](#) vinculan el resultado que obtienen los países y los estudiantes en las pruebas internacionales de matemáticas con el nivel de desigualdad

económica de las sociedades. Se encuentra una fuerte relación, donde los países más igualitarios alcanzan mejores resultados que los más desiguales.

Sin embargo, años antes, Dupriez y Dumay (2006), estudiando a los sistemas educativos europeos, ya se habían cuestionado si lo relevante para explicar el desempeño y equidad era la desigualdad económica o qué tan integrado o diferenciado es el diseño institucional de la educación. Un sistema educativo diferenciado es aquél que tiende a separar y segregar a los estudiantes por logros y/o características socioeconómicas. En el otro extremo, un sistema integrado se caracteriza por un núcleo educativo común que hace avanzar a los diversos estudiantes en conjunto, independiente de estas características.

Los autores primero estiman la correlación entre un índice de desigualdad de oportunidades¹, con la desigualdad económica, medida a través del coeficiente de Gini. Por otro lado, calculan la correlación de la desigualdad de oportunidades con el nivel de diferenciación educativa². Los autores hallan que la correlación entre la desigualdad de oportunidades y la desigualdad económica es poco significativa, mientras que se exhibe una relación mucho más fuerte con el nivel de diferenciación educativa. La idea que se intenta rescatar es que importa más el diseño institucional educativo y su grado de integración/diferenciación que la desigualdad económica para explicar la desigualdad de oportunidades.

La idea de esta tesis es unir estas líneas de investigación. A saber, la literatura de eficiencia de los sistemas educativos, y la de desigualdad económica versus diferenciación educativa para explicar el desempeño de los sistemas escolares. Estas variables no han sido estudiadas como posibles

¹Este índice corresponde al R^2 de la regresión entre los resultados obtenidos por el estudiante y los ingresos del hogar de éste.

²El indicador de diferenciación educativa se contruye agregando tres variables: (i) edad de la primera separación de caminos educativos; (ii) el nivel de retención escolar (porcentaje de alumnos con repitencia); y (iii) un índice de segregación escolar, conocido como Índice de Disimilitud.

factores explicativos de la ineficiencia de los sistemas educativos. Además, los análisis de impacto de la desigualdad y diferenciación educativa sobre el desempeño de los países merecen que se les aplique mayor rigurosidad estadística. Primero, implementando una estimación de eficiencia para hacer comparables a los países de acuerdo a sus recursos, y luego estimando la relación de la desigualdad y diferenciación educativa con la eficiencia en un marco empírico integrado.

Precisando, la pregunta que motiva esta investigación es si es más relevante la desigualdad económica o la diferenciación de la estructura educativa para explicar la ineficiencia de los sistemas educativos en el mundo. Esta pregunta va al corazón de la discusión económica sobre la compatibilidad de eficiencia y desigualdad, y al mismo tiempo no deja de atender la relevancia del diseño institucional, en este caso, para explicar el desempeño educacional de los países.

La hipótesis de trabajo es que la diferenciación educativa tiene un impacto más relevante que la desigualdad económica en la ineficiencia de los sistemas educativos. Como se verá, si bien se exhibe una clara relación entre la desigualdad económica y los productos educacionales de interés (desempeño y equidad), los elementos de diseño institucional (diferenciación versus integración) tienen un efecto causal relevante sobre cómo se utilizan los recursos presentes para alcanzar los productos.

Para probar la hipótesis, se utiliza una metodología de dos etapas respaldada por el procedimiento de doble-bootstrap de [Simar y Wilson \(2007\)](#), adaptado para datos de panel. Primero usando datos de PISA (2009, 2012, 2015, 2018) se aplica *Data Envelopment Analysis*³ (DEA) para cada periodo. Este es un método no-paramétrico que estima un solo puntaje de eficiencia técnica relativa para cada unidad tomadora de decisiones (DMU)⁴,

³Análisis Envolvente de Datos.

⁴*Decision Making Units*, por su sigla en inglés.

que en este caso son los países. Este método permite incluir múltiples insumos y productos. El puntaje se corrige por sesgo de muestra finita, según la metodología de [Simar y Wilson \(2000\)](#).

En la segunda etapa se utilizan estos puntajes de eficiencia relativa como variable dependiente para estimar el efecto que tienen las variables de desigualdad y diferenciación educativa mediante una regresión truncada a la izquierda, estimada a través de máxima verosimilitud. Se logra eficiencia estadística y correcta inferencia mediante bootstrap, agregando efectos fijos por año para permitir elementos particulares de cada periodo que pudieron haber afectado la frontera de eficiencia.

La estructura de la tesis se separa como sigue. En la sección 2 se hace una revisión de la literatura pertinente y la respectiva contribución de esta investigación. En la sección 3 se describe detalladamente la metodología empleada. La sección 4 presenta los datos y variables utilizadas en el trabajo, y la estadística descriptiva. Los resultados de eficiencia y de la segunda etapa se presentan en la sección 5. En la sección 6 se discuten los resultados, y finalmente, la sección 7 entrega las principales conclusiones.

2. Revisión de Literatura

La literatura que ha investigado la eficiencia en educación es vasta⁵. Un método ampliamente usado, y el aquí empleado, es el de *Data Envelopment Analysis*. Este tipo de metodología no-paramétrica estima un puntaje de eficiencia comparando los insumos y productos de cada unidad. Ha sido aplicado a distinto niveles de análisis: a nivel de estudiante, de clase, de establecimiento educacional, o de sistema educativo o país. Generalmente se han centrado en analizar el desempeño en pruebas estandarizadas como producto, y en estudiar el efecto de elementos ambientales, como la situa-

⁵Para una revisión acabada de la literatura de eficiencia en la educación, ver [Witte y López-Torres \(2015\)](#).

ción socioeconómica, sobre la eficiencia.

Los elementos ambientales, o también llamados no-discrecionales, son los factores que están más allá del control de la Unidades Tomadoras de Decisión (DMU). Un ejemplo de aquello es la situación socioeconómica de las familias o del país. En un estudio a nivel de estudiantes con los datos de PISA (2009, 2012), [Lagravinese et al. \(2019\)](#) mostraron satisfactoriamente, a través de una novedosa metodología DEA combinada con *Slack-Based Measure* condicional⁶, que los puntajes de ineficiencia de los estudiantes y países cambian significativamente cuando se calculan condicional a los factores ambientales de los estudiantes, medidos a través del Índice Económico-Social-Cultural de PISA.

Se halló que algunos de los problemas de desempeño no sean por los recursos invertidos por los estudiantes (tiempo de estudio) y establecimientos (número de profesores), sino por fuertes brechas en las condiciones económicas, sociales y culturales, que determinan la persistencia de la desigualdad de oportunidades. En un enfoque totalmente no-paramétrico, [Witte y Kortelainen \(2013\)](#) demostraron para una muestra de estudiantes holandeses que características específicas de estudiantes, y familias, como el rendimiento previo del estudiante o el status educacional de los padres, tienen un efecto significativo en la eficiencia, y no así, características relativas a las instituciones educacionales.

En un estudio sobre cinco países latinoamericanos, [Deutsch y Silber \(2013\)](#) estudian los determinantes del desempeño cognitivo (PISA) analizando la eficiencia de los países a nivel de estudiantes, seleccionando la máxima cantidad de insumos mediante Análisis de Correspondencia. Se corrigen los puntajes de eficiencia mediante MCO, y luego se analizan

⁶Esta metodología tiene la ventaja de no ser orientada (ni insumo ni producto orientada), no es radial (no restringe a los vectores de insumo y producto a mejorar proporcionalmente), y permite descomposición de los puntajes de eficiencia por factores específicos.

mediante regresión múltiple el efecto de distintas variables explicativas. Hallan efectos significativos del capital humano de los padres y la habilidad autopercebida de los alumnos para todos los países. Para Chile, de los estudios más recientes es el de [Thieme *et al.* \(2013\)](#). Evalúan el desempeño educacional utilizando un modelo de frontera de eficiencia parcial, considerando variables idiosincráticas a nivel de estudiante, clase y escuela. Se aplica a estudiantes de cuarto grado del ciclo primario y muestran que casi el 30 % de la varianza del desempeño de los estudiantes es atribuible a las escuelas. No obstante, el ambiente socioeconómico tiene un mayor rol en explicar la ineficiencia estimada.

Los estudios anteriores, hechos a nivel de estudiante o escuela, resaltan una importante observación: el ambiente socioeconómico de las familias y estudiantes juegan un rol relevante para explicar tanto los resultados obtenidos como la ineficiencia de las unidades. Es decir, explican en gran parte la diferencia de resultados, y al mismo tiempo, qué tan bien rinden los recursos discrecionales invertidos por estudiantes y escuelas para conseguirlos. Se puede decir que la sensibilidad de las variables de desempeño y eficiencia a estos elementos ambientales son un consenso en la literatura.

En este contexto, es de interés avanzar la investigación en 2 ámbitos. Primero, poder comparar distintos sistemas educativos a nivel país a través del mundo, ya que éstos poseen, como unidades de análisis, características peculiares de interacción entre proveedores (gobierno y sostenedores privados), establecimientos educacionales, estudiantes, y hogares. Hay abundantes datos que permiten hacer comparación *entre* países, y la literatura en este nivel de análisis es relativamente escasa ([Witte y López-Torres, 2015](#)). Segundo, si bien se exhibe una relación clara entre el ambiente socioeconómico y la eficiencia de las unidades, aún no se analiza correctamente si la dispersión de las realidades económicas afecta la eficiencia que pueda tener el sistema educativo como unidad. Ni tampoco si el diseño

institucional de la educación, en tanto potenciador o minimizador de las desigualdades, puede afectar la eficiencia.

Sobre la primera cuestión, hay estudios a nivel país cuyas metodologías van en la misma línea de este trabajo. [Afonso y Aubyn \(2006\)](#) y [Agasisti \(2014\)](#) estiman puntajes de eficiencia técnica del rendimiento educacional en test internacionales para distintos países, utilizando datos de PISA. Si bien difieren en un insumo seleccionado, ambos estiman vía bootstrap para obtener puntajes estadísticamente robustos. En una segunda etapa regresionan los puntajes de eficiencia con variables explicativas seleccionadas por los autores.

[Afonso y Aubyn \(2006\)](#) hallan una fuerte correlación positiva con el logaritmo del ingreso per cápita de los países y la escolaridad promedio de la población adulta. Por su parte, [Agasisti \(2014\)](#), halla correlación positiva entre la eficiencia y características “duras” de los sistemas educacionales, tales como condiciones de los estudiantes y de los profesores. Si bien estos estudios se aproximan a estudiar cómo factores sociales y económicos presentes en el sistema educativo afectan la eficiencia de los países en su educación, no abordan el segundo problema: si importa la desigualdad y el diseño institucional de la educación en la eficiencia de las unidades.

Por otro lado, [Thieme et al. \(2012\)](#) utilizan *Funciones de Distancia Direccional* para calcular la mejora potencial de 54 sistemas educativos, a partir de la eficiencia estimada con productos e insumos de PISA 2006. La mejora por aumento de recursos se considera de corto plazo; la mejora en administración es de largo plazo; y mejor ambiente socioeconómico es de gran largo plazo. Este último indicador se descompone en problemas de recursos, ambiente, y administración. Los dos primeros problemas suelen ser los dominantes en países en vías de desarrollo no-europeos. Este hallazgo será relevante para algunas observaciones de la sección de resultados.

Sobre el segundo ámbito, desde la investigación de desigualdad en la educación, existe el debate sobre si la desigualdad económica tiene un impacto negativo en el desempeño educativo de los países. [Condron \(2011\)](#), desde un análisis de PISA (2006), indica que países más igualitarios tienen un desempeño promedio más alto y un porcentaje más alto de estudiantes altamente habilitados. En esa misma línea, [Thorson y Sera \(2018\)](#) encuentra que la desigualdad económica de los países tienen un gran efecto negativo en el desempeño de los estudiantes, sobre todo en matemáticas.

Sin embargo, como bien señala [Sandoval-Hernández y Robin \(2019\)](#), es difícil encontrar explicaciones de por qué la desigualdad de un país debe estar relacionada con el rendimiento educativo. En tal artículo se explora la hipótesis de que la composición de la escuela es un factor explicativo del rendimiento. Puede ser que los países con altos niveles de desigualdad tiendan a tener un diseño institucional educativo que segregue más a los estudiantes en comparación a los países igualitarios. Se muestra que una composición social escolar más equilibrada puede elevar el rendimiento. Esto es un aliciente para investigar si la diferenciación educativa tiene un impacto relevante sobre la eficiencia de los sistemas educativos.

Como se mencionó, [Dupriez y Dumay \(2006\)](#) ya se habían cuestionado si lo relevante para la inequidad educativa era la desigualdad económica o el diseño institucional, respecto a qué tan segregador o integrador es. Si bien la pregunta que se hacen es novedosa y atingente, al análisis estadístico es bastante simple. Se basa en correlaciones separadas de un indicador de desigualdad educativa con la desigualdad económica y un índice de diferenciación educativa, con un muestra restringida a 21 países europeos. Combinando la pregunta de este artículo con la de [Sandoval-Hernández y Robin \(2019\)](#), se verá qué variable es más relevante, pero no para explicar simplemente el rendimiento y la equidad, sino la ineficiencia de los recursos de los países para alcanzar estos productos.

Los artículos mencionados carecen de una metodología que considere de forma adecuada la diferencia en desarrollo económico de los países, los recursos que invierten en el sistema educativo, y las diferencias institucionales que tienen su sistema económico y político. En esta investigación se intenta reunir estos elementos. Primero, se considera el nivel de recursos con los que cuentan los países para compararlos en rendimiento y equidad educativa, calculando puntajes de eficiencia. Luego, se analiza como la desigualdad y la diferenciación educativa afectan esta ineficiencia, controlando por nivel de desarrollo y diferencias institucionales entre países.

3. Metodología

3.1. Enfoque de 2 Etapas

La educación puede ser entendida como un proceso productivo: utiliza insumos para generar, a través de una “tecnología”, productos. Este marco conceptual permite utilizar métodos de estimación de una frontera de eficiencia comparando los insumos y productos de cada unidad⁷. La frontera se construye mediante las observaciones, y la distancia relativa que posee cada unidad a esta frontera es lo que determina el puntaje de eficiencia.

Las dos grandes familias de estimación de fronteras de eficiencia empírica son *Stochastic Frontier Approach* (SFA) y *Data Envelopment Analysis* (DEA). SFA es un enfoque paramétrico y estocástico de tendencia central: evalúa las unidades versus un productor medio, con un producto específico. Mientras que DEA es un enfoque no-paramétrico de punto extremo: compara las unidades contra los mejores productores, estos son, los que obtienen mejores ratios de productos sobre insumos ([Charles y Kumar, 2012](#)).

DEA se ha popularizado desde la investigación operacional hacia distintas ramas de la literatura científica, por contar con bastantes beneficios:

⁷Para una formalización del modelo de frontera, revisar [Simar y Wilson \(2000\)](#).

(i) no exige supuestos sobre la forma de la función de producción; (ii) permite múltiples insumos y productos; (iii) se ajusta bien a bases de datos con pocas observaciones. En la literatura que investiga educación, se suele escoger esta metodología porque la función de producción del proceso educativo es desconocido y sumamente complejo de inferir. Además, al haber una búsqueda de mejora constante de resultados respecto a insumos, es más útil tener de referencia a los mejores productores.

Sin embargo, los factores que determinan los resultados de los países, escuelas y estudiantes, son variados y de distinta naturaleza. La separación más relevante dentro del estudio de la eficiencia en educación es la de discrecionalidad. Hay elementos que están bajo el *control* de las unidades de observación, y otros elementos que se escapan del poder de decisión. La manera en que se tratan estos últimos factores, llamados ambientales, no-discrecionales o exógenos, es tema de discusión en la literatura, y han surgido variadas metodologías para incorporar su efecto.

Las metodologías pueden separarse en dos ramas: las de una etapa y las multi-etapa. Dentro de las multi-etapa, se encuentran los modelos de dos etapas, y de 3 o más etapas. Éstas últimas suelen utilizar métodos de ajuste de valores de puntajes de eficiencia, para corregir los puntajes sesgados estimados en una primera etapa. Cada estrategia tiene ventajas y desventajas, y su idoneidad dependerá del objetivo de las investigaciones. Siguiendo a [Cordero-Ferrera *et al.* \(2008\)](#)⁸, como el corazón de esta investigación es analizar los efectos de variables explicativas sobre la ineficiencia, la estrategia de dos etapas parece más adecuada. Esto queda respaldado en técnicas de bootstrap para superar los problemas propios de este modelo.

El ambiente socioeconómico ha sido tratado como un factor especial dentro del análisis, debido a su gran influencia sobre el desempeño. A

⁸Los autores examinan las opciones disponibles en la literatura para tratar a los insumos no controlables en el análisis DEA, para determinar cuál es mejor en cada caso.

pesar de ser una variable ambiental, hay autores que propugnan por utilizarla como un insumo, integrado al resto de insumos en el análisis de eficiencia (Thieme *et al.* (2012); Aristovnik y Obadić (2014); Lagravinese *et al.* (2019)). Pero surgen dos problemas. Primero, a no ser de que se implemente una metodología DEA condicional basada en la holgura, tratar al ambiente socioeconómico como factor fijo en la primera etapa se ajusta a un enfoque insumo-orientado, y no muy bien al producto-orientado. Segundo, en DEA radial, al agregar más insumos, fácilmente aumenta la cantidad de casos de eficiencia máxima (Cordero-Ferrera *et al.*, 2008).

Debido a esto, la primera etapa se estimará sin insumo de ambiente socioeconómico, y se analizarán los efectos de éstos en la segunda etapa. No obstante, para comparar los resultados, en el Apéndice 2 se presentarán los resultados de ambas etapas, utilizando el ambiente socioeconómico como insumo en la primera etapa. En aquella versión, los puntajes se mantienen relativamente similares, y aumentan los casos de eficiencia máxima. La segunda etapa genera efectos en la misma dirección con magnitud levemente más baja, y con menor ajuste estadístico.

3.1.1. *Primera etapa: Análisis Envolvente de Datos*

DEA permite la estimación de *puntajes de eficiencia técnica* mediante la resolución de un problema de programación lineal. Los puntajes pueden ser producto-orientado o insumo-orientado. El primero se interpreta como cuánto porcentaje podría aumentar la unidad su vector de productos utilizando la misma cantidad de recursos. El segundo como cuánto porcentaje podría estar ahorrando la unidad en su vector de insumos, manteniendo el producto constante. Dado que estamos en contexto de sistemas educativos donde muchos de los países (sobre todo en vías de desarrollo) aspiran a aumentar su desempeño, se escoge una interpretación producto-orientada.

La forma más común de estimación de estos puntajes es radial. Es de-

cir, genera un solo puntaje para cada unidad a partir de múltiples insumos y productos. Se interpreta como al aumento porcentual posible *de todo el vector de productos*, manteniendo el vector de insumos constante. A su vez, DEA puede ser resuelto imponiendo el supuesto de retornos constantes a escala (RCE) o retornos variables a escala (RVE). Este último supuesto lo que realmente hace es relajar el primero, permitiendo retornos crecientes o decrecientes a escala dependiendo de la zona de la frontera que se está determinando, y es lo que en general se utiliza cuando se desconoce la función de producción del proceso.

DEA radial producto-orientado puede ser representado por el siguiente problema de programación lineal, donde en cada periodo, cada unidad con (x_{it}, y_{it}) intenta maximizar el ratio de eficiencia (productos sobre insumos):

$$\begin{aligned} \widehat{\theta}_{it} &= \max\{\delta : \delta y_{it} \leq \sum_{j=1}^{n_t} \lambda_j^t y_{jt} \ , & (1) \\ x_{it} &\geq \sum_{j=1}^{n_t} \lambda_j^t x_{jt} \ , \\ \delta &\geq 0 \ , \\ \sum_{j=1}^{n_t} \lambda_j^t &= 1 \ , \ j = 1, \dots, n_t \} \end{aligned}$$

Donde la optimización se realiza sobre $\lambda_1^t, \dots, \lambda_{n_t}^t$ y δ . x_{it} y y_{it} son el vector de insumos y productos del país i en el periodo t , respectivamente. Con la última restricción $\sum_{j=1}^{n_t} \lambda_j^t = 1$, se está permitiendo RVE. Con la resolución de este problema, se estimaría una frontera de eficiencia para cada periodo t . Como se estima una serie fronteras *cross-section*, la segunda etapa se estima con datos de panel.

El algoritmo DEA genera puntajes de eficiencia técnica $\widehat{\theta}_{it}$, que representen la eficiencia de los insumos escogidos en el problema para cada unidad i en el periodo t . Estos puntajes de eficiencia se basan en la definición de

una frontera eficiente compuesta por unidades observadas y “virtuales”. Aquellas unidades con puntajes $\widehat{\theta}_{it} = 1$ se dicen eficientes, es decir, se encuentran en la frontera determinada por DEA. Las unidades con puntajes $\widehat{\theta}_{it} > 1$ son ineficientes, y la ineficiencia es la distancia $\widehat{\theta}_{it} - 1$. Al ser DEA producto-orientado, y una estimación radial, esta ineficiencia se interpreta como el porcentaje del vector de productos que podría aumentar la unidad i en el periodo t utilizando el mismo nivel de insumos.

3.1.2. Segunda Etapa: Análisis Paramétrico

En la segunda etapa se utilizan los puntajes de eficiencia $\widehat{\theta}_{it}$ como variable dependiente para estimar la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \widehat{\theta}_{it} = & \beta_0 + \beta_1 desig_{it} + \beta_2 dif_{it} + \beta_3 \ln(y_{it}) + \beta_4 esc_{it} \\ & + \beta_5 gov_{it} + \beta_6 reg_{it} + \delta D_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

Donde $\widehat{\theta}_{it}$ es el puntaje de eficiencia técnica calculado para el país i en el tiempo t . $desig_{it}$ es una medida de desigualdad económica. Para esta variable se utiliza el coeficiente Gini, un indicador ampliamente utilizado para medir desigualdad. Si bien éste tiene falencias en captar la concentración económica de los mayores ingresos, da un panorama bastante general de la desigualdad a lo largo de la distribución, y ha sido muy usado para comparar desigualdad económica entre países.

El índice de diferenciación educativa corresponde a dif_{it} . La forma en que se compone este índice será explicado en la sección 4. $\ln(y_{it})$ y esc_{it} son controles que representan el logaritmo del PIB per cápita de los países, y la escolaridad de la población adulta, respectivamente. Por último, gov_{it} y reg_{it} son variables de control de la calidad institucional de los países. La primera refleja la estimación de la efectividad de gobierno, y la segunda la calidad regulatoria del estado sobre el sector privado.

Incluir estos controles es algo novedoso en estimación de eficiencia de

sistemas educativos. [Ahmed y Masood \(2019\)](#) probaron que estos elementos son relevantes para la explicación de la eficiencia económica en un análisis *cross-country*. Se incluyen en esta estimación de eficiencia educativa por dos razones. Primero, como se analizan insumos que dependen en gran medida de los sostenedores de educación (gobierno y privados), es relevante tener una medida de efectividad de gobierno y calidad regulatoria del sector privado de los países. Segundo, sirven para controlar por elementos institucionales, lo que en su ausencia suele ser un problema en investigaciones a nivel país.

La ecuación (2) se estima con variables dicotómicas por año para controlar por elementos particulares de cada periodo que podrían estar afectando la frontera de eficiencia. Estos elementos suelen ser incluidos cuando se estima eficiencia distintos en periodos y se utiliza como variable dependiente con datos de panel en una segunda etapa ([Kai et al., 2018](#)).

Debido a la naturaleza truncada de ε_{it} , (2) se debe estimar como una regresión truncada. Se asume $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$, con truncamiento a la izquierda en $1 - Z_{it}\beta - D_t\delta$, donde Z_{it} representa al vector de variables explicativas. Para llevar esto a cabo, se adopta una metodología combinada basada en [Simar y Wilson \(2000\)](#) y [Simar y Wilson \(2007\)](#). Consiste en el análisis de dos etapas pero respaldado en un ambiente de doble-bootstrap, que permite estimar de forma consistente y robusta (i) los puntajes de eficiencia técnica y (ii) los coeficientes de la segunda etapa.

3.2. Estimación de Doble Bootstrap

Para entender las falencias de la metodología convencional de dos etapas, es clave saber que el verdadero puntaje de eficiencia, θ_{it} , no es observable. Esto sucede porque la verdadera frontera de eficiencia es desconocida. La estimación de DEA, resumida en la optimización (1), estima un puntaje sesgado $\hat{\theta}_{it}$. Esta (in)eficiencia se obtiene de la distancia a una frontera

artificial que se construye *a partir* de las observaciones, y no de la distancia a la verdadera frontera (Simar y Wilson, 1998).

Estimar mediante DEA implica que la variable dependiente usada en (2) no es θ_{it} , sino $\hat{\theta}_{it}$. Esto genera dos problemas. Primero, a pesar de que los errores ε_{it} se asumen independientes *entre* DMUs para cada periodo, los errores operacionales de la regresión entre $\hat{\theta}_{it}$ y Z_{it} no lo son, porque $\hat{\theta}_i$ para cada t es estimado de una muestra de datos común. Segundo, usualmente en cualquier aplicación de análisis DEA, $\hat{\theta}_{it}$ toma el valor de 1, aunque esto ocurra con probabilidad cero (Badunenko y Tauchmann, 2019).

El procedimiento propuesto por Simar y Wilson (2007) aborda exitosamente los dos problemas mencionados⁹, a través de dos algoritmos propuestos (#1 y #2). El primer problema se aborda estimando errores estándar robustos con un método de bootstrap paramétrico, que ambos algoritmos contienen. El segundo problema puede ser abordado de dos formas distintas, según cada algoritmo.

El Algoritmo #2 ha sido utilizado de forma más recurrente por contener una estrategia más envolvente y paramétrica. Este procedimiento ha sido levemente modificado para adaptarlos en ambientes de datos de panel, que estiman fronteras de eficiencia para distintos periodos (Kai *et al.* (2018); López-Penabad *et al.* (2020)). Sin embargo, si bien el análisis paramétrico de la segunda etapa es el punto central de la investigación, aquí también se desea presentar puntajes de eficiencia con inferencia válida sin tener que recurrir a la segunda etapa. Es por esto que se utiliza el algoritmo #1.

Primero se estiman los puntajes DEA mediante la metodología propuesta en Simar y Wilson (2000), que permite solucionar el sesgo de muestra finita y construir intervalos de confianza mediante bootstrap¹⁰. Luego de

⁹Los autores prueban la precisión y consistencia de su metodología con experimentos de Monte Carlo.

¹⁰Los detalles del concepto e implementación del mecanismo de bootstrap pueden ser encontrados en

obtener los puntajes de eficiencia con su respectiva corrección de sesgo e intervalo de confianza, éstos serán utilizados en el Algoritmo #1.

El Algoritmo #1 para datos de panel contiene los siguientes pasos:

1. Para cada periodo t ($t = 1, \dots, T$) se usan los datos originales para computar $\hat{\theta}_{it}$ usando (1)¹¹, de forma *separada* para cada t .
2. Organizar los puntajes y variables explicativas en datos de panel. Usar esos M (con $M < N$) DMUs para los cuales se cumple $\hat{\theta}_{it} > 1$ en una regresión truncada (truncamiento a la izquierda en 1) de $\hat{\theta}_{it}$ sobre Z_{it} y D_t , mediante máxima verosimilitud. Así se obtiene un estimado de los coeficientes $\hat{\beta}$, $\hat{\delta}$ y $\hat{\sigma}$.
3. Generar un ciclo sobre los siguientes pasos 3.1-3.3 B veces¹², para obtener un conjunto de B estimados de bootstrap de $(\hat{\beta}^b, \hat{\delta}^b, \hat{\sigma}^b)$, con $b = 1, \dots, B$.
 - 3.1 Para cada DMU $i = 1, \dots, n_t$ y $t = 1, \dots, T$, extraer un error artificial $\tilde{\varepsilon}_{it}$ de la distribución $N(0, \hat{\sigma}_\varepsilon^2)$, con truncamiento en la izquierda en $1 - Z_{it}\hat{\beta} - D_t\hat{\delta}$.
 - 3.2 Para cada DMU $i = 1, \dots, n_t$ y $t = 1, \dots, T$, calcular los puntajes de eficiencia artificiales $\tilde{\theta}_{it}$ como $Z_{it}\hat{\beta} + D_t\hat{\delta} + \tilde{\varepsilon}_{it}$
 - 3.3 Mediante máxima verosimilitud, correr una regresión truncada (truncamiento a la izquierda en 1) de $\tilde{\theta}_{it}$ sobre Z_{it} y D_t , para obtener estimados bootstrap de $\hat{\beta}^b$, $\hat{\delta}^b$ y $\hat{\sigma}^b$.
4. Calcular intervalos de confianza y errores estandar para $\hat{\beta}$ y $\hat{\sigma}$ de la distribución de bootstrap de $(\hat{\beta}^b, \hat{\delta}^b, \hat{\sigma}^b)$.

A pesar de contar con estas técnicas para reducir los defectos de DEA y el enfoque de dos etapas, usar este marco conceptual tiene sus limitaciones teóricas. Uno de sus supuestos es el de “separabilidad”. Esto requiere

Kneip *et al.* (2008) y Simar y Wilson (2000).

¹¹Como este puntaje es estimado de forma externa, el algoritmo se salta este paso.

¹²Aplicamos 2000 repeticiones, número al cual ya se consigue convergencia para este algoritmo.

que las variables explicativas de la segunda etapa no puedan influir directamente en la frontera de eficiencia. Al aceptar este supuesto, estamos midiendo los puntajes eficiencia incondicional a Z_{it} , y las variables explicativas podrían afectar la eficiencia relativa entre las unidades pero la frontera condicional a Z_{it} seguiría siendo la misma.

Por otro lado, los insumos escogidos en la primera etapa deben ser aquellos que sean controlables a corto/mediano plazo para las DMUs. Las variables que se incluyen en la segunda etapa son llamadas ambientales porque son menos controlables que los insumos. A pesar que a nivel país esta diferencia se vuelve difusa, se han seleccionado como insumos aquellas variables que son vinculantes al sistema educativo escolar. Es decir, que se miden y se hacen efectivas a través de las escuelas. Las variables ambientales sí pueden ser afectadas por las DMUs, porque estamos tratando con países, pero sólo pueden ser cambiadas a través de políticas más estructurales, en un plazo de tiempo más largo.

4. Datos y Variables

Los productos e insumos escogidos para el análisis de eficiencia técnica son variables obtenidas a partir de los datos de PISA (2009, 2012, 2015, 2018)¹³. Los productos miden desempeño y equidad, y los insumos, recursos educativos presentes en las escuelas alrededor del mundo.

Los productos seleccionados en esta investigación son: (i) Puntaje PISA promedio en Matemáticas; (ii) Puntaje PISA promedio en Lenguaje; e (iii) Índice de Igualdad Educativa. Los dos primeros productos son medidas de desempeño en habilidades cognitivas, y el otro es de equidad en la educación. Las medidas de desempeño en pruebas internacionales estandarizadas han sido ampliamente utilizadas en la literatura de eficiencia en

¹³Las bases de datos utilizadas en esta investigación están disponibles en <https://www.oecd.org/pisa/data/>.

la educación. A nivel de país, se suelen usar las medidas promedio de estas pruebas (Afonso y Aubyn (2006); Aristovnik (2013); Agasisti (2014)).

El producto de índice de igualdad educativa es una característica que no ha sido muy utilizada en la literatura de eficiencia a nivel de país, pero aquí es de interés analizar también a la equidad en la educación como un resultado deseable de los sistemas educativos. Thieme *et al.* (2012) incluye un producto de desigualdad educativa en su análisis de eficiencia, declarando que “*cuando se evalúa el funcionamiento de los sistemas educacionales nacionales, no basta con considerar el logro promedio de sus estudiantes como variables de resultado porque el éxito relativo está asociado a la provisión de un sistema equitativo que provee oportunidades similares para todos sus estudiantes*”.

En la literatura de desigualdad educativa se han utilizado medidas de correlación o regresión entre desempeño e ingreso obtenido por los estudiantes, o indicadores de porcentaje de variabilidad de los puntajes explicados por la variabilidad del ingreso (Dupriez y Dumay, 2006). Sin embargo, sobre el primer tipo, no es lo mismo comparar el efecto marginal del ingreso sobre desempeño en una distribución cuya media es de 400 puntos con otra cuya media es de 500 puntos. El segundo tipo falla porque no compara la relación del ingreso con el desempeño a lo largo de la distribución del ingreso.

Se define el siguiente Índice de Desigualdad Educativa:

$$EDINEQ_{it} = \left[\frac{\overline{ML}_{it}^{95}}{\overline{ML}_{it}^5} \right]^{2/3} \left[\frac{\overline{ML}_{it}^{95}}{\overline{ML}_{it}^{50}} \right]^{1/3} \quad (3)$$

Donde \overline{ML}_{it}^p es el puntaje promedio de las pruebas de matemática y lenguaje que logra la vecindad ± 5 percentiles del percentil p del ingreso de las familias encuestadas, del país i en el periodo t . Por lo tanto, el primer paréntesis es un cociente de puntaje obtenido del decil más alto sobre el

puntaje que obtiene el decil más bajo. Este tipo de ratios ha sido utilizado en otros trabajos, como en [Thieme et al. \(2012\)](#), pero aquí se ha hecho un cambio discrecional al indicador.

Notar que también queremos obtener información de la parte mediana de la distribución, que la brinda el segundo paréntesis de (3), pero le damos la mitad de ponderación que a las partes extremas de la distribución. Esta parte calibra la desigualdad de los extremos de la distribución. Si el decil más alto se encuentra muy por sobre el decil mediano, aumenta el índice de desigualdad, y si son iguales, el índice queda igual y sólo considera el ratio de los deciles extremos¹⁴.

En análisis DEA radial se necesita que los productos se interpreten como deseables (más de éstos es mejor). Con este fin, el indicador de igualdad educativa será simplemente:

$$EDEQ_{it} = (EDINEQ_{it})^{-1} \quad (4)$$

Por otro lado los insumos que seleccionamos son: (i) Ratio Profesores cada 100 estudiantes; e (ii) Índice de Disponibilidad de Recursos Académicos. El Ratio de Profesores cada 100 Estudiantes ha sido utilizado profusamente en la literatura de eficiencia en la educación, como proxy de los recursos humanos invertidos en los sistemas educativos ([Sutherland y Gonand \(2010\)](#); [Agasisti \(2014\)](#)). El Índice de Disponibilidad de Recursos Académicos (DRA) es un indicador de elaboración propia que considera la disponibilidad y calificación de recursos relevantes para el proceso educativo. En base a lo que se expone en el reporte de resultados de PISA 2012, “*What Makes Schools Successful?*”, se consideran dos elementos: (i) disponibilidad de cualificación docente y (ii) disponibilidad de material instructivo en los establecimientos.

¹⁴Este índice cumple con las propiedades básicas de un indicador de desigualdad, invarianza de escala e invarianza a las réplicas, y se hace comparable a través de países.

Así, el Índice de Disponibilidad de Recursos Académicos se define como:

$$DRA_{it} = (DC_{it})^{1/2}(DM_{it})^{1/2} \quad (5)$$

Donde DC_{it} representa una variable de disponibilidad de cualificación docente, y DM_{it} , una de disponibilidad de material instructivo, del país i en el periodo t . Estas variables se construyeron a partir de la encuesta hecha a todos los establecimientos participantes de PISA, en la que categorizan el nivel de obstaculización que genera la disponibilidad de estos recursos en el proceso educativo.

Con todo lo anterior, tenemos el problema representado en (1), con 2 insumos y 3 productos, que generará un único puntaje de eficiencia técnica para cada unidad (país) en cada periodo del tiempo. Esta ineficiencia estimada se interpreta como el porcentaje que podría aumentar el vector de productos en conjunto, manteniendo los insumos constantes. Los puntajes serán corregidos por sesgo de muestra finita. De todas formas, el puntaje no podrá ser interpretado como *ineficiencia técnica pura* de los sistemas educativos, ya que no se está considerando el ambiente socioeconómico de los países. Los resultados serán presentados en la sección 5.1.

Respecto a las variables de la segunda etapa (2), las variables de interés son $desig_{it}$ y dif_{it} . La primera corresponde a la desigualdad económica de las sociedades, medida a través del coeficiente de Gini. Este indicador es obtenido de la *World Open Data*¹⁵ del Banco Mundial, para los años en cuestión (2009, 2012, 2015, 2018).

El índice de diferenciación educativa, dif_{it} , al igual que Dupriez y Dumay (2006), considera 3 factores, sólo que uno de ellos es distinto. Los dos coincidentes, son un índice de disimilitud educativa, que mide que tan concentrados o dispersos que encuentran los alumnos pertenecientes a una

¹⁵<https://datos.bancomundial.org/>

minoría socioeconómica en los establecimientos, comparado a la distribución completa del país. Este índice se encuentra explicado en el Apéndice 1. El segundo factor es el porcentaje de repitencia de los jóvenes de 15 años en cada país, como proxy del grado de retención de los sistemas educativos.

Estos factores se justifican en que reflejan precisamente el factor separador del concepto de la diferenciación dentro los sistemas educativos. Mayor disimilitud escolar implica que el sistema de ingreso y asignación “junta” a estudiantes de una minoría socioeconómica. Esto refleja un efecto marginador del sistema a cierto segmento de la población. Mayor repitencia viene acompañado del término del vínculo del estudiante que se retiene de grado con su clase. En este caso, el quiebre se genera por no cumplir con un estándar de rendimiento.

Por último, el factor que difiere es el porcentaje de establecimientos privados en el sistema educativo. Por el momento, se asume que los sistemas más privatizados tienden a una mayor segregación o discriminación de estudiantes. Dupriez y Dumay (2006) utilizan una variable de *tracking*, que señala a qué edad los caminos educacionales de los estudiantes se separan por primera vez. Este tipo de variable no se encuentra disponible para todos los países analizados.

En la sección 5.2 se presentarán los resultados de la segunda etapa con el índice de diferenciación agregado, es decir, considerando los 3 factores juntos, y los 3 factores por separado, para analizar cuáles de ellos son más relevantes. Todas estas variables se construyen a partir de los datos de PISA (2009, 2012, 2015, 2018).

Las variable de PIB per cápita, $\ln(y_{it})$, también fue obtenida del Banco Mundial. Mientras que para la escolaridad, esc_{it} , en específico es la escolaridad de los padres de los jóvenes encuestados en PISA, lo que lo hace una

variable más vinculante. Los controles de efectividad de gobierno y calidad regulatoria se extraen de la *World Governance Indicators Database*¹⁶, que contienen indicadores que capturan estimaciones sobre la percepción de gobernanza de los países.

Tabla 1: Estadística Descriptiva

Variable (2009-2012)	Promedio	Desv. Est.	Min	Max
<i>Productos</i>				
Ptje Matemática (promedio)	467.3	54.3	365.1	573.5
Ptje Lenguaje (promedio)	468.1	46.2	369.7	544.6
Igualdad Educativa	0.92	0.06	0.72	1.06
<i>Insumos</i>				
Profesores c 100 Estudiantes	10.2	3.15	4.68	20.9
Disp. Recursos Académicos	3.12	0.34	1.60	3.64
<i>Variables Explicativas</i>				
Coef. Gini	35.4	7.10	24.8	54.3
Índice Disimilitud	0.38	0.06	0.26	0.60
Porcentaje Repitencia	13.7	12.9	0.7	46.9
Porcentaje Privados	22.4	21.9	0.0	94.0
Ingreso Per Cápita*	27,243	22,250	2,103	96,447
Variable (2015-2018)	Promedio	Desv. Est.	Min	Max
<i>Productos</i>				
Ptje Matemática (promedio)	468.5	48.5	366.8	569.0
Ptje Lenguaje (promedio)	466.9	43.3	361.1	549.5
Igualdad Educativa	0.93	0.06	0.78	1.08
<i>Insumos</i>				
Profesores c 100 Estudiantes	10.4	2.50	5.30	16.5
Disp. Recursos Académicos	2.98	0.32	1.98	3.72
<i>Variables Explicativas</i>				
Coef. Gini	34.7	6.80	24.6	53.9
Índice Disimilitud	0.38	0.06	0.27	0.61
Porcentaje Repitencia	11.6	10.8	0.07	40.2
Porcentaje Privados	23.5	21.5	0.0	93.1
Ingreso Per Cápita*	29,153	22,992	2,732	104,261

*Medido en USD 2015, a valores de paridad de poder de compra.

Estimación propia con datos de PISA y Banco Mundial.

La Tabla 1 muestra la estadística descriptiva. El promedio de los puntajes de matemática y lenguaje para cada país se estiman de manera consistente utilizando los valores plausibles de PISA. Por otro lado, el indicador de Igualdad Educativa mientras más cercano a 1 esté, más cerca de la igualdad perfecta, y refleja que los estudiantes de la parte baja, media y

¹⁶<https://datbank.worldbank.org/source/worldwide-governance-indicators>

alta de la distribución del ingreso logran el mismo rendimiento. Los casos en los que el indicador sobrepasa el límite de 1, es cuando la parte mediana de la distribución del ingreso obtiene mejor rendimiento que el último decil, y además, la distancia del desempeño de los deciles extremos es baja.

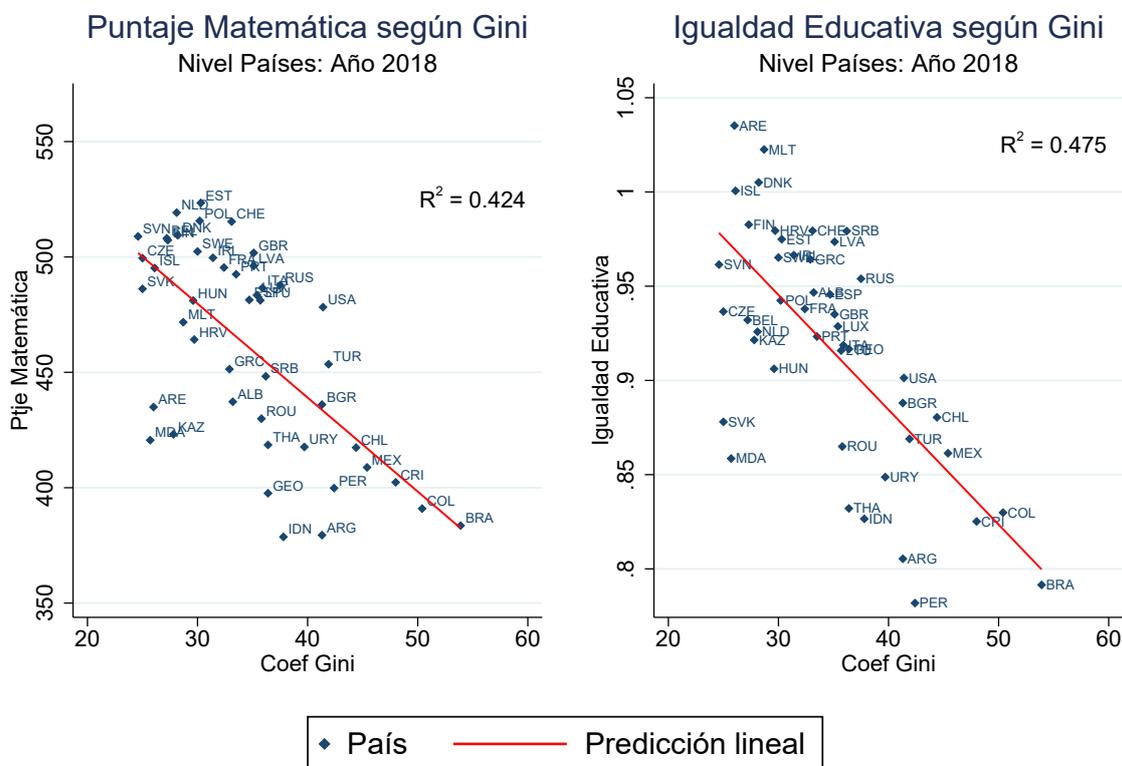
Como se explica en el Apéndice 1, el Índice de Dismilitud ([Duncan y Duncan, 1955](#)) es un indicador que va de 0 a 1, donde 0 es la segregación mínima y 1 es la segregación máxima. Vemos que existe un gran rango entre los mínimos y máximos de este indicador. Esta gran brecha entre mínimos y máximos también se ve en el porcentaje de repitencia. Hay sistemas educativos que tienen niveles de repitencia marginales, y otros con elevada tasa, donde más del 40 % de los estudiantes de 15 años encuestados han fallado un grado al menos una vez en su vida.

Así mismo, hay una gran heterogeneidad en el tipo de agente de provisión de la educación escolar. Hay sistemas educativos casi sin provisión privada en la educación, y otros en la que la gran mayoría de escuelas son privadas. Se verá si el tipo de provisión afecta a la eficiencia del sistema educativo entre países, ya que hay considerar que los regímenes en los que operan los establecimientos privados pueden ser distintos entre países.

Definidas las variables, se pueden observar relaciones estadísticas que motivaron investigaciones similares acerca de la relación entre la desigualdad, la diferenciación educativa y los resultados educacionales. La Figura 1 muestra en el panel izquierdo la relación entre la desigualdad económica medida a través del coeficiente Gini y el puntaje promedio de matemática que alcanzan los países en el año 2018. Se confirman los hallazgos de [Condrón \(2011\)](#) y [Thorson y Sera \(2018\)](#). A una exigencia del 1 %, y con un R^2 de 42 %, se ve que los países con mayor desigualdad económica también alcanzan un menor rendimiento en la prueba de matemática. Así mismo, se puede observar en el panel derecho que los países con mayor desigualdad

económica también tienen una menor igualdad educativa.

Figura 1: Productos Educativos y Coeficiente Gini



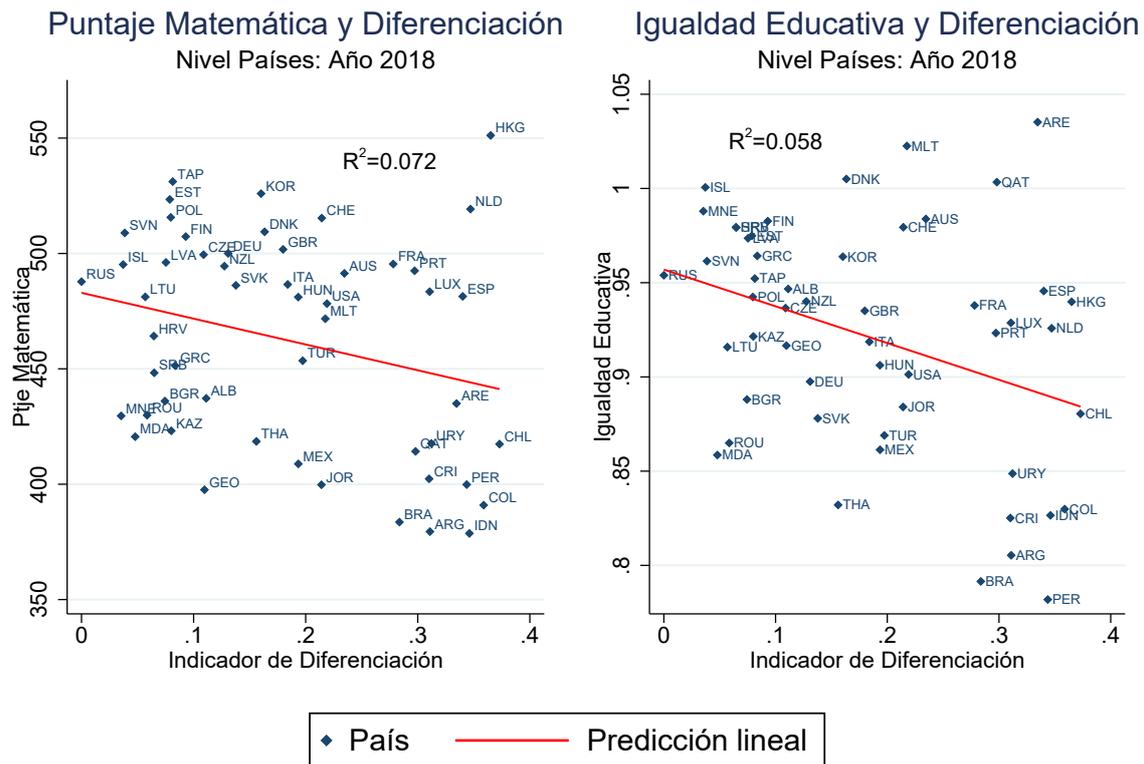
Elaboración propia a partir de datos PISA y Banco Mundial.

En la Figura 2 vemos que la relación entre el indicador de diferenciación educativa y los productos educativos que se analizan también es negativa, pero tienen mucho menor poder explicativo. La relación entre ambas variables se caracteriza por una alta desviación estándar, sobre todo en el segmento de países que tienen un sistema educativo más diferenciado. Por lo tanto, no se exhibe una relación fuerte entre la diferenciación educativa de los sistemas educativos y los productos educativos que se miden.

Sin embargo, el análisis ignora la cantidad de recursos que inyecta cada país a su educación escolar, y la relación que tienen las variables explicativas con la eficiencia no tiene por qué replicar la que tiene con los productos. No es lo mismo analizar qué determina los productos educativos, a entender qué influye en la eficiencia de los recursos para alcanzar los productos que se observan. Esto último es el verdadero objetivo. Por lo

tanto, al considerar cómo se utilizan los recursos, la relación que tiene la desigualdad económica y la diferenciación educativa con los indicadores de eficiencia puede cambiar. La dirección y la magnitud de los efectos es el objetivo central de esta investigación.

Figura 2: Productos Educativos y Diferenciación Educativa



Elaboración propia a partir de datos PISA.

5. Resultados

5.1. Análisis de Eficiencia

En la Tabla 2 muestra los puntajes de eficiencia para cada año. En la primera columna de cada año se presenta la estimación por DEA; en la segunda columna su corrección por sesgo de muestra finita, y en la tercera columna su respectivo sesgo. Los países han sido agrupados según región geográfica porque esta categoría suele ser más homogénea en términos institucionales y culturales. Más que, por ejemplo, el nivel de ingreso.

Tabla 2: Puntajes de Eficiencia Técnica

País	2009			2012			2015			2018		
	eff	eff bc	sesgo									
<i>Latinoamérica y El Caribe</i>												
Argentina	1.280	1.323	-0.043	1.242	1.284	-0.042	.	.	.	1.253	1.286	-0.033
Brasil	1.039	1.056	-0.017	1.047	1.064	-0.018	1.000	1.000	0.000	1.004	1.006	-0.002
Chile	1.043	1.081	-0.039	1.038	1.060	-0.022	1.104	1.140	-0.036	1.063	1.091	-0.028
Colombia	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000
Costa Rica	1.131	1.193	-0.062	1.130	1.166	-0.036	1.000	1.000	0.000	1.084	1.132	-0.048
México	1.123	1.175	-0.052	1.063	1.089	-0.027	1.075	1.117	-0.043	1.015	1.025	-0.010
Perú	1.320	1.417	-0.097	1.207	1.274	-0.067	1.179	1.225	-0.046	1.168	1.236	-0.068
Uruguay	1.203	1.217	-0.014	1.241	1.264	-0.024	1.199	1.212	-0.013	1.177	1.199	-0.021
<i>América del Norte</i>												
Canada	1.000	1.013	-0.013	1.000	1.017	-0.017	1.000	1.026	-0.026	.	.	.
Estados Unidos	1.075	1.111	-0.036	1.071	1.087	-0.016	1.062	1.075	-0.014	1.036	1.056	-0.020
<i>Europa Occidental</i>												
Alemania	1.047	1.079	-0.032	1.014	1.031	-0.017	1.015	1.038	-0.024	1.000	1.027	-0.027
Austria	1.058	1.070	-0.012	1.066	1.077	-0.010	1.056	1.069	-0.014	.	.	.
Bélgica	1.033	1.054	-0.021	1.043	1.054	-0.011	1.043	1.056	-0.014	1.050	1.073	-0.023
España	1.068	1.081	-0.013	1.057	1.069	-0.012	1.049	1.063	-0.014	1.041	1.057	-0.016
Francia	.	.	.	1.053	1.066	-0.012	1.032	1.052	-0.020	1.030	1.048	-0.018
Grecia	1.063	1.076	-0.013	1.088	1.105	-0.017	1.066	1.088	-0.022	1.055	1.079	-0.024
Irlanda	1.016	1.038	-0.022	1.012	1.029	-0.017	1.003	1.018	-0.015	1.000	1.027	-0.027
Italia	1.061	1.082	-0.021	1.067	1.081	-0.014	1.062	1.087	-0.025	1.079	1.113	-0.034
Luxemburgo	1.029	1.082	-0.053	1.000	1.046	-0.046	1.076	1.087	-0.011	1.077	1.091	-0.014
Malta	1.086	1.103	-0.018	.	.	.	1.076	1.088	-0.012	1.002	1.013	-0.011
Países Bajos	1.017	1.043	-0.026	1.010	1.052	-0.042	1.000	1.052	-0.052	1.000	1.067	-0.067
Portugal	1.083	1.095	-0.012	1.095	1.107	-0.012	1.052	1.063	-0.011	1.041	1.072	-0.031
Reino Unido	1.042	1.054	-0.012	1.006	1.018	-0.013	1.049	1.065	-0.016	1.000	1.029	-0.029
Suiza	1.012	1.023	-0.011	1.032	1.045	-0.013	1.020	1.033	-0.013	1.014	1.027	-0.013
<i>Europa Oriental</i>												
Bulgaria	1.186	1.200	-0.014	1.185	1.199	-0.014	1.108	1.126	-0.018	1.140	1.159	-0.019
Croacia	1.055	1.071	-0.015	1.049	1.063	-0.014	1.031	1.063	-0.032	1.022	1.051	-0.029
República Checa	1.032	1.053	-0.022	1.043	1.057	-0.014	1.055	1.080	-0.025	1.020	1.046	-0.026
Estonia	1.020	1.033	-0.013	1.006	1.024	-0.018	1.000	1.016	-0.016	1.000	1.032	-0.032
Georgia	1.150	1.175	-0.025	.	.	.	1.164	1.184	-0.020	1.119	1.148	-0.029
Hungría	1.085	1.100	-0.015	1.106	1.121	-0.015	1.093	1.118	-0.025	1.085	1.104	-0.018
Letonia	1.076	1.088	-0.012	1.070	1.080	-0.010	1.057	1.071	-0.014	1.038	1.054	-0.016
Lituania	1.103	1.116	-0.013	1.081	1.093	-0.011	1.084	1.104	-0.020	1.082	1.095	-0.013
Moldavia	1.136	1.176	-0.040	.	.	.	1.111	1.152	-0.042	1.101	1.131	-0.030
Montenegro	1.062	1.087	-0.025	1.089	1.106	-0.017	1.038	1.076	-0.037	1.010	1.036	-0.026
Polonia	1.060	1.072	-0.012	1.042	1.055	-0.014	1.042	1.052	-0.010	1.026	1.038	-0.012
Rumania	1.037	1.066	-0.029	1.115	1.129	-0.014	1.153	1.178	-0.025	1.084	1.116	-0.031
<i>Escandinavia</i>												
Dinamarca	1.043	1.055	-0.012	1.052	1.062	-0.010	1.004	1.014	-0.010	1.000	1.019	-0.019
Finlandia	1.000	1.017	-0.017	1.000	1.011	-0.011	1.000	1.008	-0.008	1.000	1.010	-0.010
Islandia	1.000	1.017	-0.017	1.017	1.042	-0.024	1.000	1.020	-0.020	1.014	1.028	-0.014
Noruega	1.000	1.033	-0.033	1.000	1.035	-0.035	1.000	1.021	-0.021	.	.	.
Suecia	1.069	1.083	-0.013	1.011	1.023	-0.011	.	.	.	1.022	1.032	-0.010

Continuación Tabla 2

País	2009			2012			2015			2018		
	eff	eff bc	sesgo									
<i>Asia</i>												
China	1.000	1.027	-0.027	1.000	1.030	-0.030	1.000	1.036	-0.036	1.015	1.038	-0.023
Hong Kong	1.000	1.058	-0.058	1.000	1.025	-0.025	1.000	1.037	-0.037	1.000	1.037	-0.037
Indonesia	1.081	1.118	-0.037	1.151	1.186	-0.035	1.174	1.229	-0.055	1.000	1.000	-0.000
Israel	1.073	1.091	-0.018	1.027	1.054	-0.027	1.021	1.047	-0.025	1.072	1.110	-0.038
Japón	1.003	1.012	-0.009	1.000	1.011	-0.011	1.000	1.087	-0.087	1.000	1.073	-0.073
Jordania	1.083	1.121	-0.038	1.062	1.087	-0.026	1.044	1.065	-0.021	1.020	1.036	-0.016
Kazajistán	1.088	1.136	-0.048	1.135	1.178	-0.043	.	.	.	1.112	1.140	-0.027
Corea del Sur	1.000	1.054	-0.054	1.000	1.054	-0.054	1.000	1.042	-0.042	1.009	1.024	-0.015
Macao-China	1.000	1.033	-0.033	1.000	1.020	-0.020	1.000	1.042	-0.042	.	.	.
Malasia	1.152	1.179	-0.027	1.154	1.169	-0.014	.	.	.	1.189	1.207	-0.018
Rusia	1.061	1.092	-0.032	1.062	1.087	-0.025	1.000	1.052	-0.052	1.050	1.097	-0.047
Singapur	1.000	1.054	-0.054	1.000	1.028	-0.028	1.000	1.034	-0.034	1.000	1.043	-0.043
Tailandia	1.023	1.036	-0.014	1.000	1.000	0.000	1.004	1.016	-0.012	1.000	1.000	0.000
Turquía	1.000	1.000	0.000	1.000	1.018	-0.018	1.087	1.125	-0.038	1.122	1.133	-0.011
Emiratos Árabes Unidos	1.000	1.019	-0.019	1.001	1.019	-0.018	1.000	1.032	-0.032	1.000	1.035	-0.035
Qatar	1.000	1.026	-0.026	1.000	1.022	-0.022	1.000	1.026	-0.026	1.032	1.051	-0.019
<i>Oceanía - África</i>												
Australia	1.006	1.020	-0.014	1.008	1.020	-0.012	1.039	1.058	-0.019	1.000	1.016	-0.016
Nueva Zelanda	1.035	1.059	-0.024	1.039	1.058	-0.019	1.030	1.043	-0.013	1.006	1.024	-0.018
Tunisia	1.125	1.154	-0.029	1.072	1.113	-0.041	1.000	1.000	0.000	.	.	.

Nota: eff=(In)eficiencia DEA; eff bc=(In)eficiencia corregida. Se omiten los intervalos de confianza.

Estimación propia a partir de datos PISA (2009, 2012, 2015, 2018).

Tabla 3: Estadística Descriptiva de Eficiencia

	2009	2012	2015	2018
Promedio	8.76 %	7.72 %	7.02 %	7.12 %
Desv. Estándar	0.074	0.065	0.056	0.061
Mayor Ineficiencia	41.7 % (PER)	28.4 % (ARG)	22.9 % (IND)	28.6 % (ARG)
N° Observaciones	62	60	58	58

Puntajes corregidos en porcentaje. ARG - Argentina; IND - Indonesia; PER - Perú.

Los puntajes igual a 1 corresponden a unidades que se encuentran en la frontera de eficiencia, y la ineficiencia se calcula como el puntaje menos 1. Tomando el ejemplo de Chile, para el año 2018, la ineficiencia corresponde a 9.1 %. Esto quiere decir, que comparando el sistema educativo chileno al resto de países, según productos e insumos seleccionados, se podría estar generando 9.1 % más de productos, con los mismos recursos. Sin embargo, es importante recalcar que estos puntajes son aún sesgados.

Ese 9.1 % puede variar porque no se está considerando el ambiente socioeconómico de los países. Si hay países con condiciones socioeconómicas iguales o menores a Chile que obtienen un mejor ratio de eficiencia, el puntaje de ineficiencia debiese ser mayor a 9.1 %. Caso contrario, el puntaje debiese disminuir. Como se justificó, por razones metodológicas, no se incluyó esta variable ambiental en la primera etapa. De todos modos, en el Apéndice 2 se encuentran los resultados de eficiencia con el Índice Económico-Social-Cultural de PISA utilizado como insumo.

Según los resultados de los países de Latinoamérica, lo primero que salta a la vista es que Colombia está puntuado como totalmente eficiente los cuatro años. Brasil también tiene muy buen nivel de eficiencia, especialmente en los últimos años. Estos son casos relativamente *contra-intuitivos*, ya que una hipótesis inicial común sería que los países más ricos obtuviesen los mejores puntajes de eficiencia. Estos casos se analizarán en la siguiente subsección. Los más ineficientes son Perú, Argentina y Uruguay. Chile se mantiene relativamente estable con menos de 10 % de ineficiencia para 3 de los 4 años de la muestra.

En Europa Occidental, quienes se mantienen al menos tres años bajo el 5 % de ineficiencia son Alemania, Irlanda, Luxemburgo y Suiza. Estos países se desempeñan a alto nivel, y su ineficiencia estimada es baja. Pero al mismo tiempo, son países con las condiciones económicas más altas en el mundo. Al no considerar esta variable, no es seguro que su nivel de eficiencia sea el mismo. Europa Oriental mejoró mucho sus puntajes y en general se mantienen entre el 5 % y sobre el 15 % de ineficiencia. Destaca Estonia que tiene menos de 5 % de ineficiencia todos los años.

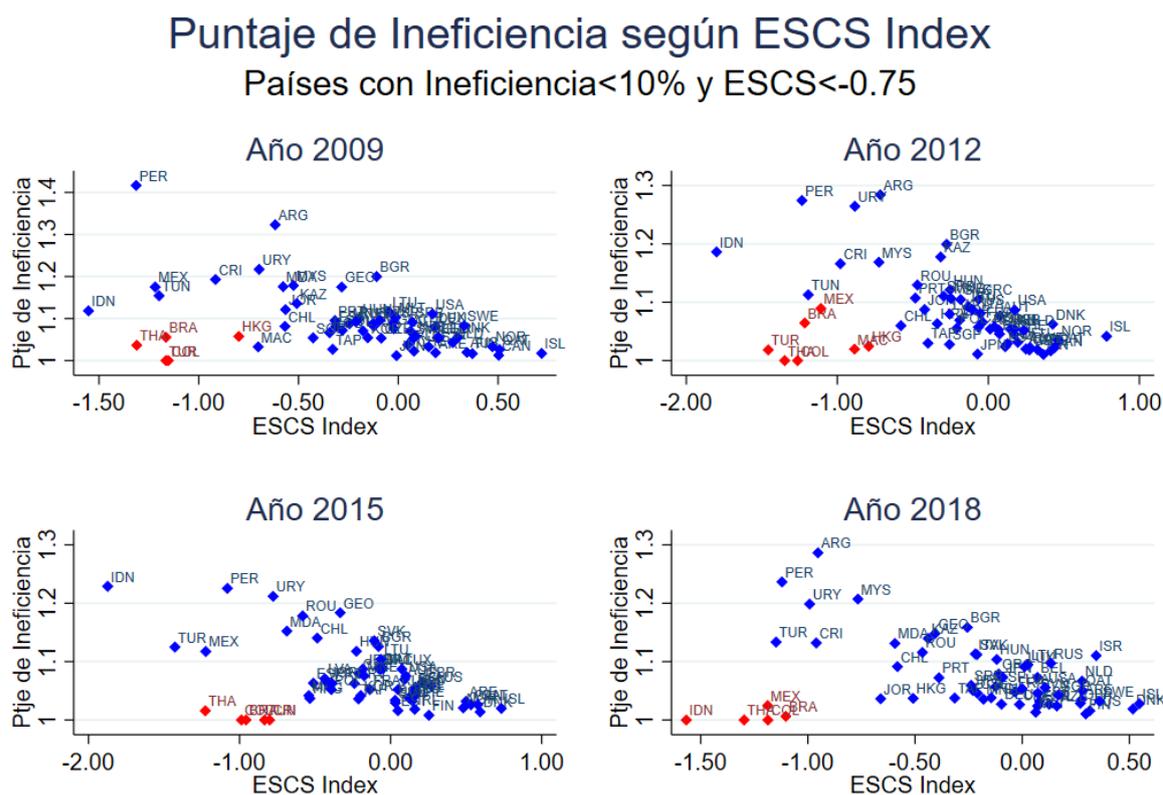
Los países escandinavos, cuyos sistemas educativos suelen ser referentes en el mundo, en general están bajo el 5 % de ineficiencia. Destaca Finlandia que tiene menos de 2 % de ineficiencia todos los años. Nuevamente, el

alcance de alto desempeño no puede ser totalmente atribuido al buen uso de insumos, ya que también son países de alto estándar socioeconómico.

En Asia, China, Hong Kong, Macao de China, Singapur, Tailandia, Emiratos Árabes y Qatar tienen menos de 5 % de ineficiencia para al menos tres años. Tailandia podría sumarse a este grupo de resultados no tan esperables, debido a su bajo nivel de estatus material. Sin embargo, estos resultados, como se verá, tienen una razón bastante clara de ser.

Casos Especiales de Eficiencia

Figura 3: Alta eficiencia en ambientes adversos



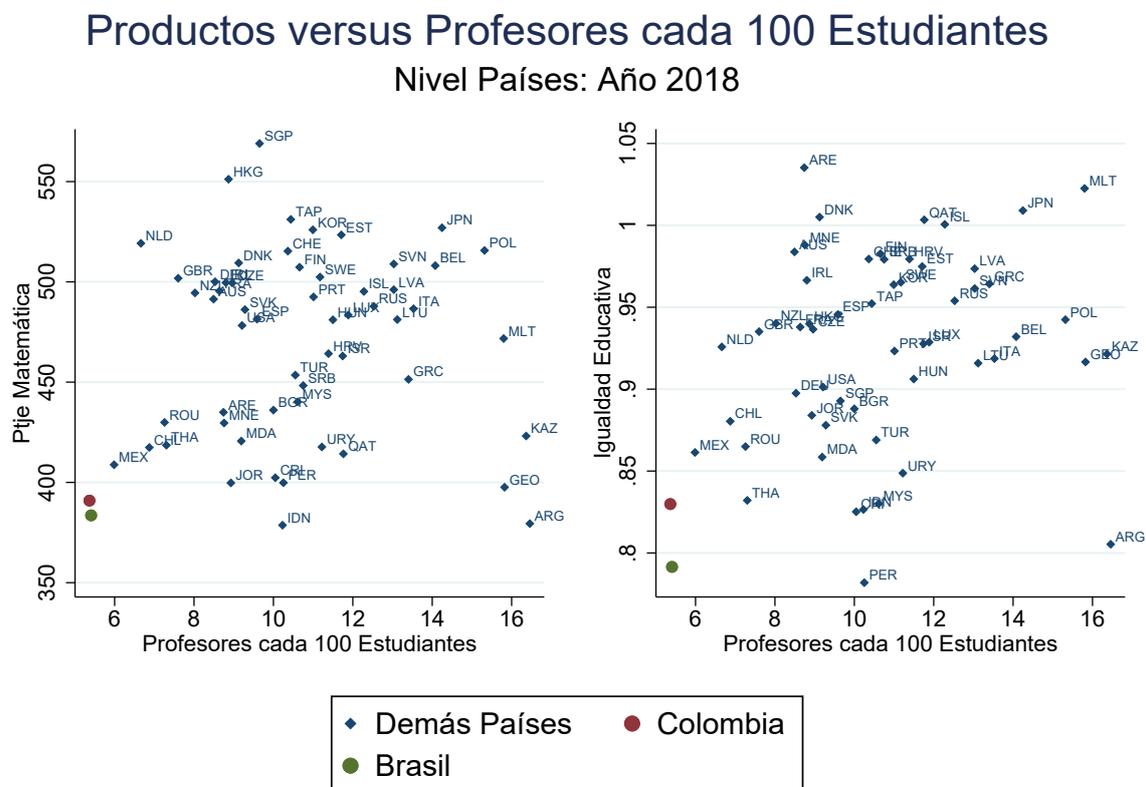
Elaboración propia según datos de PISA.

La eficiencia educativa tiene que ver con cómo los agentes relevantes de la educación utilizan los recursos para alcanzar el mayor desempeño posible. Si se tiene gobiernos y sostenedores efectivos, buenos profesores, y de

manera clave, buen ambiente socioeconómico en los hogares, los recursos pueden rendir mejor en términos relativos. Es por esto que una hipótesis común es que a mejores condiciones ambientales, las unidades puedan alcanzar una eficiencia más alta.

La Figura 3 resalta en rojo a los países que se escapan de esta relación. Se muestra el nivel de eficiencia según el Índice Económico-Social-Cultural de PISA (ESCS). Esta es una variable normalizada que reúne elementos sociales, económicos, y de posesión material útil en el estudio, para los hogares encuestados. Destaca que la eficiencia converge a un rango pequeño cuando el Índice ESCS aumenta, pero cuando es más bajo, hay mayor desviación estándar en la eficiencia. Esta es una relación que podría investigarse con mayor profundidad.

Figura 4: Productos Educativos e Insumo



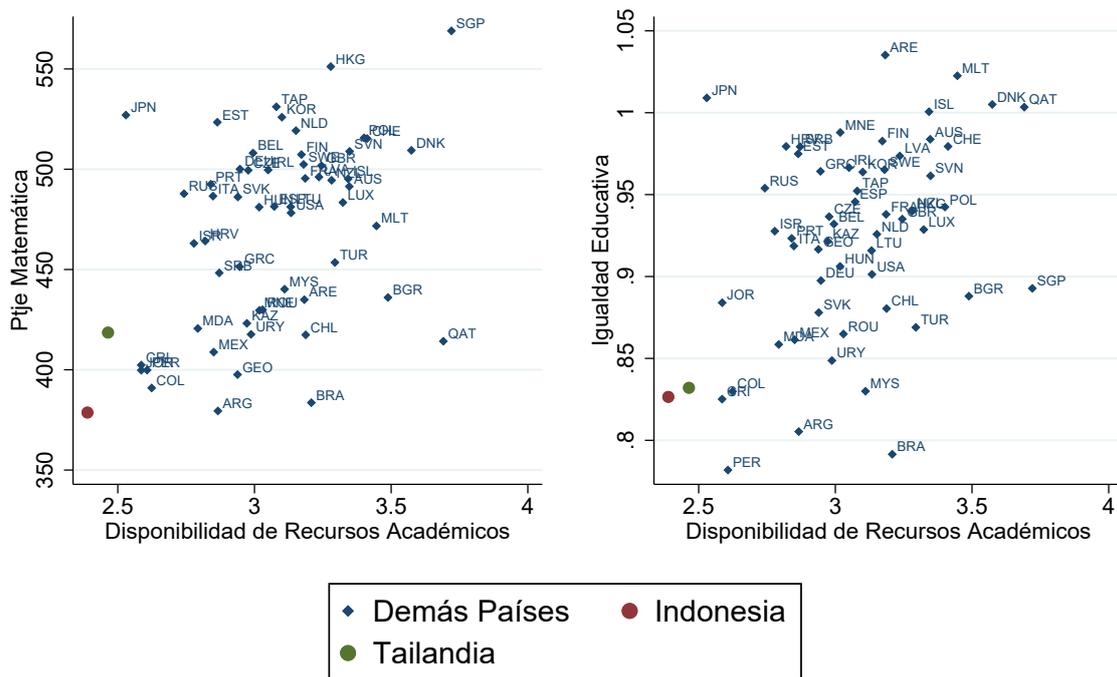
Elaboración propia a partir de datos PISA.

Estos casos especiales marcan buena eficiencia por una razón puntual, y

es que se encuentran en la primera parte de la frontera de eficiencia. Véase la Figura 4. Ésta es la relación entre el ratio Profesores cada 100 estudiantes y los productos educacionales de puntaje de matemática e igualdad educativa, para el año 2018. Se puede apreciar que Colombia y Brasil son los dos países con menor recurso docente. Si se traza una frontera de eficiencia ficticia, ésta comenzaría con las unidades de Colombia y Brasil, siendo unidades completamente eficientes, más cuando se compara a otras unidades que tienen resultados similares o incluso menores, pero se encuentran al otro extremo de la distribución del insumo, es decir que tienen muchos profesores.

Figura 5: Productos Educativos e Insumo

Productos versus Disponibilidad de Recursos Académicos Nivel Países: Año 2018



Elaboración propia a partir de datos PISA.

Por lo tanto, el análisis de eficiencia propio de DEA no tiene mucho sentido normativo cuando se miran las unidades que se encuentran cerca del origen (muy poco insumo y muy poco producto). Es difícil decir que la eficiencia de Colombia y Brasil sean algo positivo cuando se están desem-

peñando a tan bajo nivel. Sino más bien, considerando que su rendimiento es bajo, algo que ayuda a no empeorar la situación es que están utilizando relativamente bien sus muy escasos recursos docentes y académicos.

Esta ubicación relativa se puede ver para Tailandia e Indonesia para el año 2018 en la Figura 5, en el caso del insumo Disponibilidad de Recursos Académicos. Tal como sucede con Colombia y Brasil, estas observaciones tienen un problema de recursos, y asociados a su baja condición socio-económica, un problema de ambiente, para poder elevar su rendimiento. Nuevamente, se ve un problema de recursos y ambiente para algunos países en vías de desarrollo no-europeos, tal como señala [Thieme et al. \(2012\)](#).

5.2. Relación con Desigualdad y Diferenciación Educativa

Ahora, se presentan y analizan los resultados de la estimación de la ecuación (2), mediante bootstrap de regresión truncada, con 2000 repeticiones, y con efectos fijos por año. Se estima siguiendo la estrategia descrita en la sección 3.2. La Tabla 4 muestra los resultados para el indicador de diferenciación educativa de forma agregada (columna (1)-(3)), y de forma desagregada en sus tres factores (columnas (4)-(6)).

Las primeras tres columnas presentan como variable explicativa al Índice de Diferenciación Educativa de forma agregada, con los tres factores dentro de la variable. La primera columna no considera ningún control, la segunda suma proxys de desarrollo económico y social mediante el PIB per cápita y la educación de padres. Finalmente se incluyen los controles de efectividad institucional. Las últimas 3 columnas estiman la ecuación con el Índice de Diferenciación desagregado: (i) Indicador de Disimilitud, (ii) Índice de Repitencia, y (iii) Proporción de privados en la educación. La agregación de controles sigue la misma pauta que el grupo anterior.

La evolución de los coeficientes resalta la importancia de los controles seleccionados. Usando como ejemplo al modelo con el Índice de Diferencia-

Tabla 4: Efectos marginales promedio de variables ambientales sobre ineficiencia técnica

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Coef Gini	0.0035*** (0.001)	0.0012* (0.001)	0.0003 (0.001)	0.0012* (0.001)	0.0003 (0.001)	-0.0003 (0.001)
Índice de Diferenciación	0.0598 (0.041)	0.1796*** (0.038)	0.2185*** (0.035)			
Indicador de Disimilitud				0.4467*** (0.071)	0.2364*** (0.069)	0.2322*** (0.070)
Índice de Repitencia				0.0928** (0.039)	0.1865*** (0.040)	0.1782*** (0.040)
Proporción de Privados				-0.0695*** (0.026)	-0.0232 (0.023)	0.0014 (0.022)
Log PIB pc		-0.0453*** (0.005)	-0.0143* (0.008)		-0.0388*** (0.006)	-0.0116 (0.008)
Escolaridad padres		0.0067* (0.004)	0.0078** (0.004)		0.0075** (0.004)	0.0078** (0.004)
Efectividad de Gobierno			-0.0504*** (0.015)			-0.0401*** (0.015)
Calidad Regulatoria			0.0015 (0.012)			-0.0026 (0.012)
Control por Año	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Wald χ^2	29.7	88.1	121.7	60.3	101.3	131.7
Observaciones	175	175	175	175	175	175

Errores estándar en paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Estimación propia según Simar y Wilson (2007). Algoritmo #1 con puntajes corregidos, 2000 repeticiones.

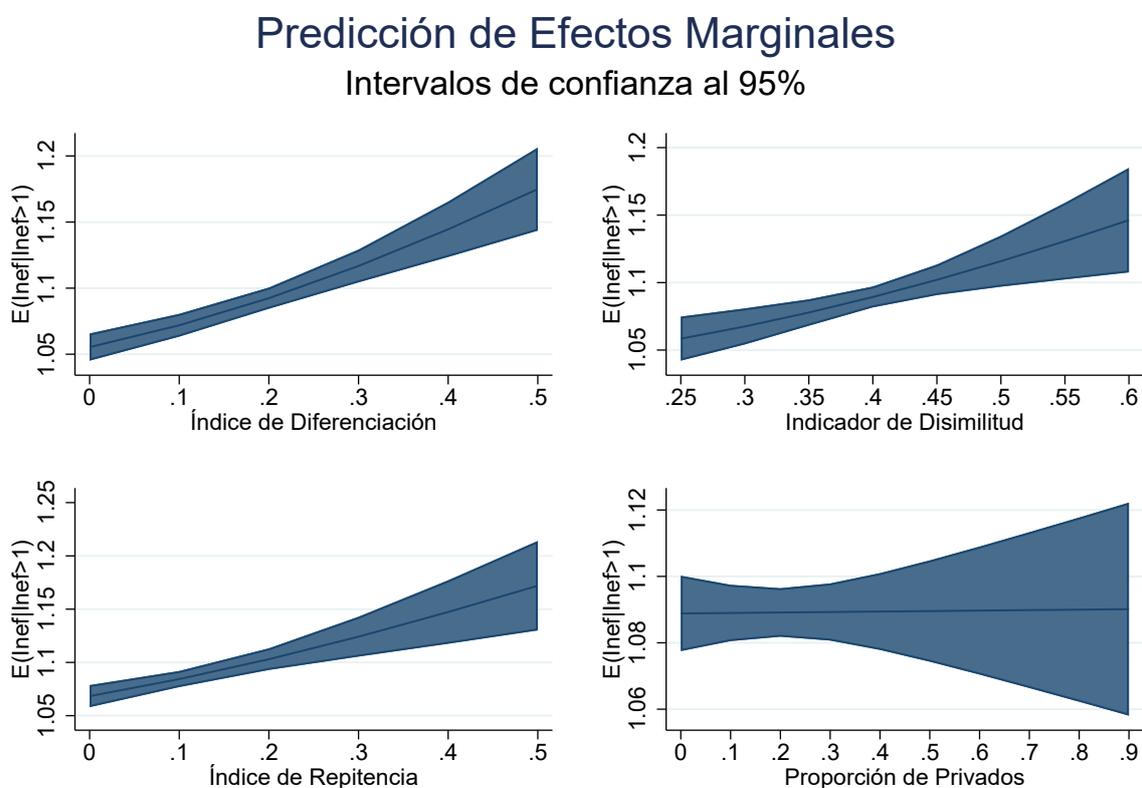
ción agregado, vemos que estimando la segunda etapa sólo con las variables de interés, la desigualdad económica tiene un efecto positivo y significativo sobre la ineficiencia técnica de los países. Pero al controlar por variables de desarrollo económico y social, el índice de diferenciación parece tener un efecto bastante relevante sobre la ineficiencia, y finalmente, en la estimación definitiva, la desigualdad económica deja de tener un efecto relevante sobre la ineficiencia.

En la columna (3) se aprecia que el efecto marginal de la diferenciación educativa sobre la ineficiencia técnica alcanza la magnitud de 21.9 puntos porcentuales. Con una desviación estándar de la diferenciación en 0.118, el aumento de una desviación estándar en este índice podría generar un aumento promedio de 2.6 puntos porcentuales en la ineficiencia técnica educativa. Es decir, la disminución de este índice en una desviación estándar haría que los países más cercanos a la frontera puedan cerrar su ineficiencia. Una disminución de dos desviaciones estándar podría hacer

que países con ineficiencias cercanas al 5% puedan acercarse a la frontera.

El modelo con mejor ajuste y significancia es el de la columna (6), con un estadístico $\chi^2 = 131.7$. También este modelo presenta a los factores desagregados de la diferenciación educativa. Se ve que el indicador de disimilitud y el índice de repitencia tienen positivos, relevantes y profundos efectos en explicar la ineficiencia técnica. Con una desviación estándar de 0.06 aproximadamente, una disminución en una desviación estándar en la disimilitud del sistema educativo, se podría generar en promedio una disminución de 1.4 puntos porcentuales en la ineficiencia. Por otro lado, con una disminución de una desviación estándar del nivel de repitencia (0.12), podría generar en promedio una disminución de 2.14 puntos porcentuales en la ineficiencia técnica.

Figura 6: Efectos marginales de Diferenciación Educativa



Elaboración propia.

Sin embargo, hay que mirar estas conclusiones con cuidado porque el efecto marginal depende del punto en el que las unidades se encuentren dentro de la distribución del índice de diferenciación. Los efectos marginales presentados son promedios, pero su variación a lo largo de las variables que conforman al Índice de Diferenciación pueden ser observados en la Figura 6. Se ve, de hecho, que la diferenciación educativa tiene un leve efecto convexo sobre la esperanza de la ineficiencia técnica.

Destaca la diferencia que se genera entre la esperanza de la ineficiencia, condicional a las covariables, entre los mínimos y máximos valores del indicador de disimilitud. Los países con sistemas educativos más segregados tienden a tener una ineficiencia cercana al 15%. Mientras que los países con menor segregación están más cercanos a la ineficiencia de 5%. Lo mismo, y con mayor efecto, se puede observar para el Índice de Repitencia.

Por otro lado, es bastante interesante notar que cuando no se incluyen los controles de efectividad de gobierno y calidad regulatoria, el ingreso per cápita, como proxy del entorno económico de los hogares, tiene un efecto relevante en la disminución de la ineficiencia técnica. Sin embargo, cuando se incluyen, el efecto deja de ser significativo, y la efectividad de gobierno es la variable relevante en disminuir la ineficiencia. En efecto, la correlación entre estas dos variables es bastante alta (0.86 aprox.), y parece ser que es la capacidad de acción del gobierno, que está muy acompañada de qué tan rico es el país, es la que juega un rol en la eficiencia de los sistemas educativos. Este es un nuevo hallazgo en la literatura de los determinantes de la eficiencia técnica de la educación.

Un resultado poco intuitivo es que la escolaridad promedio de los padres tiene un efecto promedio positivo sobre la ineficiencia. Dos hipótesis se esgrimen para explicar esta cifra. Primero, si se confía plenamente en la estimación, puede estar ocurriendo que los países cuyos padres tienen

más educación, le den una importancia relativamente *sobrevalorada* a los recursos educativos, al menos en términos de eficiencia. Padres más educados *exigen* más recursos educativos para sus hijos, sin considerar que ciertos niveles de recursos tienden a ser ineficientes. Tener más profesores y más recursos académicos no siempre llevará a tener mejores resultados, generando espacio para la ineficiencia.

Una segunda hipótesis es que este coeficiente se encuentra levemente sesgado hacia el alza (sobrestimado). Como medida de robustez se estimó un modelo alternativo en el que se considera como insumo a los minutos promedio de aprendizaje de matemática y lenguaje que invierten los estudiantes a la semana¹⁷. Cuando se considera este insumo, los coeficientes de interés, asociados al Indicador de Diferenciación y sus componentes, no cambian de magnitud ni significancia, pero la variable de escolaridad de padres deja de ser significativa. Por lo tanto, al no considerar el tiempo de aprendizaje de los estudiantes dentro del modelo, se está sobrestimando el efecto la escolaridad de padres sobre la ineficiencia. Esto ocurre porque el ordenamiento de puntajes de eficiencia técnica cambian con un nuevo insumo, y por lo tanto también con la variable explicativa.

6. Discusión

Volviendo a nuestras hipótesis de trabajo, a la luz de los resultados, se suma evidencia a favor de que para explicar la ineficiencia de los sistemas educativos, en alcanzar rendimiento y equidad, es más relevante el nivel de integración de sus diseños institucionales que la desigualdad económica de origen. En los modelos más completos, la desigualdad económica deja de tener un efecto significativo en la ineficiencia. Mientras que la diferenciación educativa tiene un efecto grande y significativo sobre la ineficiencia

¹⁷Se escogió por descartar este modelo porque (i) era menos robusto que el que se presenta; (ii) las conclusiones sobre la eficiencia se vuelve más compleja al mezclar insumos que tienen que ver con recursos educativos de establecimientos y tiempo invertido de estudiantes; y (iii) la variable de tiempo de aprendizaje en estas materias presenta problemas de comparación entre países.

técnica de los países.

Dentro de los elementos de la diferenciación, el porcentaje de establecimientos privados dentro del sistema educativo parece no tener un rol en explicar la ineficiencia de los recursos. Parece ser que, más que el principal tipo de *agente* que provee la educación, es más importante el tipo de *régimen* que gobierna al sistema educativo. Los factores segregadores y separadores de las instituciones educativas, que tienen un efecto relevante, pueden no ser un elemento inherente de los agentes privados en educación. Por ejemplo, el indicador de disimilitud en los sistemas educativos exhibe positiva pero baja correlación con la proporción de privados en los sistemas educativos. Siguiendo la línea de [Zancajo y Bonal \(2020\)](#) parece ser una buena oportunidad de investigación explicar esta relación.

Acerca del efecto que posee el Indicador de Disimilitud¹⁸, que resume el nivel de segregación estudiantil *entre* escuelas, existen investigaciones previas que pueden ayudar a explicar el mecanismo de impacto. [Benito et al. \(2014\)](#) probó para una muestra de países de la OECD que los escenarios más segregadores pueden tener un efecto negativo sobre la equidad educativa, que es un producto analizado en esta investigación, incluso controlando por el nivel de recursos.

Por otro lado, la segregación parece tener efectos no lineales y en sentidos contrarios sobre la eficiencia educativa en alcanzar mejor desempeño, dependiendo del país. El efecto no lineal se condice con lo aquí hallado. Sin embargo, los autores analizan países que ya tienen bajos niveles de segregación, y hay que recordar que la segregación parece tener un poder explicativo mayor de la ineficiencia mientras más alta es la ésta. Esto también se condice con lo hallado en el estudio mencionado. Justamente, los países con mayor niveles de segregación corresponden a países latinoame-

¹⁸Recordar que este indicador resume que tan concentrado o disperso se encuentra un minoría socio-económica de estudiantes del país entre las escuelas.

ricanos y asiáticos, que se encuentran fuera de la OECD.

Una razón de por qué una menor segregación, específicamente, establecimientos menos disímiles, pueden tener un efecto en reducir la ineficiencia, puede explicarse a través del *efecto par*. Para visualizar esto, hay que tener en mente que establecimientos muy poco disímiles son aquellos que tienden a concentrar en proporciones muy similares a una minoría socioeconómica vulnerable. Los sistemas muy disímiles tienen establecimientos que concentran a todos los estudiantes de la minoría, mientras el resto se concentra en tener a estudiantes fuera de la minoría. Es decir, un sistema educativo muy disímil, tiene *excluidos* a los estudiantes de la minoría en ciertos establecimientos.

Hay hallazgos que muestran que el efecto par tiene magnitudes heterogéneas entre estudiantes dependiendo de su realidad socioeconómica (Angrist y Lang (2004); Garlick (2018)). Parece ser que los estudiantes más desaventajados tienden a favorecerse más de un entorno socioeconómicamente diverso, que lo que se desfavorecen los estudiantes aventajados en este tipo de ambiente. Los estudiantes socioeconómicamente vulnerables son más sensibles a sus pares cuando se trata de desempeño educacional. Esto explicaría que el promedio de rendimiento suba cuando se tienen establecimientos de realidades diversas, respecto a distribuciones segregadas.

Independiente si se tienen más insumos educativos relacionados a la cantidad de docentes, la calificación de éstos, y la disponibilidad de material instructivo, éstos tendrán mucho menor eficiencia en establecimientos donde los estudiantes más vulnerables se encuentran concentrados. Si bien es un estudio local para Estocolmo, Suecia, Granvik *et al.* (2018) encuentran que configuraciones institucionales relacionadas a la efectividad de las escuelas tienen distinto nivel dependiendo del perfil de segregación de las escuelas. Escuelas más segregadas tienen menor percepción de liderazgo,

cooperación de profesores, y “*ethos*” de escuela. Esto también podría explicar por qué los insumos, que reflejan intensidad y calidad, podrían tener menor rendimiento en establecimientos segregados. Sin embargo, la literatura se podría expandir a estudiar esta relación entre países para generar evidencia más robusta.

Otra razón para tener composiciones sociales más equilibradas dentro y entre los establecimientos surge como una estrategia para solucionar una brecha difícil de cerrar. Valenzuela *et al.* (2014) estudian la segregación del sistema educacional chileno a través de un Índice de Disimilitud muy parecido al aquí utilizado. Chile ha sido un caso de estudio por haber tenido muchos años políticas educativas orientadas al mercado, y caracterizado por una alta segregación socioeconómica entre establecimientos. El desempeño que pueden alcanzar los estudiantes de bajos ingresos respecto a los de alto ingreso es bastante alta, y cerrar esta brecha, manteniendo el nivel de segregación, involucraría cuantiosos recursos. Por lo tanto, no parece ser una estrategia muy eficiente. Como los ambientes sociales juegan un rol relevante en el desempeño, atenuar las composiciones sociales podría ser una mejor forma de elevar las oportunidades y resultados de los estudiantes en general.

Respecto al efecto que puede tener la retención de grado en la ineficiencia educativa de los países, hay que mirarlo con cuidado. Si bien la metodología empleada se encarga de algunos problemas de correlaciones muestrales de los errores, no se lidia completamente con el posible problema de doble simultaneidad. Hay literatura que aborda y muestra el efecto de la retención de grado sobre el rendimiento educacional, pero sin considerar análisis de eficiencia. Si bien la repitencia puede generar que las unidades más desagregadas, como escuelas y estudiantes, sean más ineficientes, también la ineficiencia de insumos académicos, como la de profesores y material, puede hacer más probable la repitencia.

En base a lo anterior, se podría estar sobreestimando el impacto de la retención sobre la ineficiencia, presentando una cota superior del efecto. Este problema puede ser soslayado asumiendo que la retención de grado tiene que ver más con elementos institucionales o políticas de los sistemas educativos y escuelas, si es que las dispersiones de resultados no son tan disímiles entre países. Sería provechoso descomponer esta relación y saber qué hace más probable la retención de grado, si el rendimiento propio de los estudiantes, la eficiencia de los insumos académicos de las escuelas, o elementos institucionales.

No obstante, la evidencia muestra que la efectividad de la retención de grado puede no ser tan buena como cree mucha de la comunidad académica. [Diris \(2017\)](#), a través de una metodología de variable instrumental en distintas olas de PISA (OECD), muestra que la retención de grado en la etapa primaria puede dañar la trayectoria del logro académico de los estudiantes. Cuando son razones de edad, la entrada más tardía a este ciclo puede ser más beneficioso. Con esto, se puede decir que estas unidades más desagregadas, en específico los estudiantes, serán más ineficientes y rendir menos, con la misma cantidad de insumos académicos que unidades que están menos expuestas a la retención.

De todas formas hay que tener en cuenta que los efectos pueden ser heterogéneos respecto a la misma composición y estructura de sistemas educativos. Según [Goos *et al.* \(2021\)](#), en un meta-análisis de la efectividad de la retención de grado, se muestra que la repitencia puede ser menos efectiva cuando se da en contextos de sistemas educativos que implementan seguimiento y separación de caminos educativos. De hecho este es un punto importante a la luz de lo que señalan [Dupriez y Dumay \(2006\)](#). De contar con la variable de separación de caminos en los países, se podrían explorar efectos interactivos con la retención sobre la eficiencia técnica.

Con lo expuesto en este documento, se exploran algunos beneficios de avanzar hacia sistemas educativos más integrados, sobre todo en los países con instituciones educativas más diferenciadas. Parece ser que para alcanzar mayor rendimiento educacional y equidad, sin la necesidad de invertir en mayor recursos académicos, sirve tener sistemas educativos menos segregados y con menor grado de repitencia. Esto no quiere decir que los países dejen de invertir en los insumos educativos. Por cierto que muchos siguen teniendo un problema de insumos. Por ejemplo Colombia, un país en condición de alta eficiencia en este estudio, aún tiene malos resultados promedio y de equidad, por lo tanto podría aumentar sus productos educacionales invirtiendo más en insumos académicos.

La evidencia de efectos par y configuraciones institucionales educativas en ambientes diversos apuntan a favor de tener escuelas inclusivas y no segregadas, al contrario de la orientación de las políticas pro-mercado de las últimas décadas. Por otro lado, la retención también puede ser un problema abordable desde los hacedores de política. En un estudio hecho en un país altamente ineficiente, Uruguay, se recomienda disminuir los niveles de retención de grado en pos de avanzar en la eficiencia de los establecimientos públicos ([Santín y Sicilia, 2015](#)). Cuando hay razones de rendimiento para la repitencia, se pueden incluir políticas de “rescate” del año o periodo escolar, como programas extratemporales que incentiven a los estudiantes a pasar de grado.

7. Conclusión

En la presente tesis se estimó la eficiencia de 63 sistemas educativos a lo largo del mundo, utilizando variables comparables entre ellos, para luego analizar como la desigualdad económica y la diferenciación educativa pueden afectar los puntajes de eficiencia. La literatura identificó una relación entre desigualdad y rendimiento educativo pero no una en cómo los

recursos podrían estar rindiendo según la desigualdad. De todas formas, se hace necesario tomar en cuenta que tan diferenciado o integrado es el diseño institucional, ya que podría estar afectando la eficiencia del sistema educativo.

Se estimaron los puntajes de eficiencia técnica a través de DEA y también corregidos por sesgo de muestra finita según la metodología de [Simar y Wilson \(2000\)](#). El ranking de eficiencia va en línea con algunas investigaciones de eficiencia educativa hecha anteriormente. Los países más eficientes son países de altos ingresos o ingreso medio alto, situados en Escandinavia, Europa, y Asia. También países de ingreso medio como Colombia, Brasil y Tailandia salen puntuados en la frontera de eficiencia para algunos años. Sus puntajes se explican por la baja cantidad de insumos que requieren para conseguir su desempeño, que son bajos en términos absolutos.

En la segunda etapa se estimó una regresión truncada con efectos fijos por año a través de bootstrap, siguiendo la metodología de [Simar y Wilson \(2007\)](#). Se verificó que no hay relación estadísticamente significativa entre la desigualdad económica, medida como el coeficiente de Gini, y la eficiencia educativa de los países. Pero el indicador de diferenciación educativa tiene un fuerte y significativo efecto en aumentar la ineficiencia. Es decir, los sistemas escolares más integrados podrían alcanzar una mejor utilización de recursos provistos en escuelas para alcanzar mejor desempeño y mayor equidad educativa.

En específico, los elementos de la diferenciación que parecen relevantes en explicar la ineficiencia, son el Indicador de Disimilitud educativa y el nivel de retención de grado, y no así el porcentaje de establecimientos privados. Este último resultado puede deber a que los regímenes de establecimientos pueden ser muy diversos, y no necesariamente implican segregación o discriminación de estudiantes. La retención puede generar

estudiantes con rendimientos coartados si no se aplica en el contexto adecuado. En este sentido, se recomienda una configuración institucional que no favorezca la retención de grados, y que distribuya de manera pareja a los estudiantes más vulnerables.

Uno de las conclusiones más potentes de este estudio es que disminuir la segregación socioeconómica de los estudiantes en el sistema educativo puede mejorar tanto el desempeño promedio del país, como la equidad educativa, logrando una mejor utilización de los recursos que tienen los establecimientos. Según la literatura, los estudiantes menos privilegiados se pueden ver beneficiados de ser partícipes de establecimientos diversos, y puede ser una herramienta eficaz en disminuir la brecha de aprendizaje que hay entre distintos grupos sociales.

Referencias

- Afonso, A. y Aubyn, M. (2006). Cross-country efficiency of secondary education provision: A semi-parametric analysis with non-discretionary inputs. *Journal of 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.
- Agasisti, T., Egorov, A., Zinchenko, D., y Leshukov, O. (2020). Efficiency of regional higher education systems and regional economic short-run growth: empirical evidence from Russia. *Industry an Innovation*.
- Ahmed, D. y Masood, Q. (2019). Are institutions a crucial determinant of cross country economic efficiency? A two-stage double bootstrap data envelopment analysis. *Theoretical and Applied Economics*, 26(1(618)):89–114.
- Altinok, N. y Aydemir, A. (2017). Does one size fit all? The impact of cognitive skills on economic growth. *Journal of Macroeconomics*.
- Angrist, J. y Lang, K. (2004). Does school integration generate peer effects? evidence from boston’s metco program. *American Economic Review*, 94(5):1613–1634.
- Aristovnik, A. (2013). ICT expenditures and education outputs/outcomes in selected developed countries: An assessment of relative efficiency. *Campus-Wide Information Systems*, 30(3):222–230.
- Aristovnik, A. y 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.
- Badunenko, O. y Tauchmann, H. (2019). Simar and Wilson two-stage efficiency analysis for Stata. *The Stata Journal*, 19(4):950–988.

- Benito, R., Alegre, M., y González-Balletbó, I. (2014). School Segregation and Its Effects on Educational Equality and Efficiency in 16 OECD Comprehensive School Systems. *Comparative Education Review*, 58(1):104–134.
- Charles, V. y Kumar, M. (2012). *Data Envelopment Analysis and Its Applications to Management*.
- Chiu, M. (2011). Effects of inequality, family and school on mathematics achievement: Country and student differences. *Social Forces*, 88(4):1645–76.
- Condron, D. (2011). Egalitarianism and educational excellence: Compatible goals for affluent societies? *Educational Researcher*, 40(2):47–55.
- Cordero-Ferrera, J., Pedraja-Chaparro, F., y Salinas-Jiménez, J. (2008). Measuring efficiency in education: an analysis of different approaches for incorporating non-discretionary inputs. *Applied Economics*, 40(10):1323–1339.
- Deutsch, J. y 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.
- Diris, R. (2017). Don't hold back? The effect of grade retention on student achievement. *Education Finance and Policy*, 12(3):312–341.
- Duncan, O. y Duncan, B. (1955). A methodological analysis of segregation indexes. *American Sociological Review*, 41:210–217.
- Dupriez, V. y Dumay, X. (2006). Inequalities in school systems: effect of school structure or of society structure? . *Comparative Education*, 42(2):243–260.
- Garlick, R. (2018). Academic Peer Effects with Different Group Assignment Policies: Residential Tracking versus Random Assignment. *American Economic Journal: Applied Economics*, 10(3):345–369.

- Goos, M., Pipa, J., y Peixoto, F. (2021). Effectiveness of grade retention: A systematic review and meta-analysis. *Educational Research Review*, 34(100401).
- Granvik, M., Brolin, S., Almquist, Y., y Modin, B. (2018). Effective schools, school segregation, and the link with school achievement. *School Effectiveness and School Improvement*, 29(3):464–484.
- Hanushek, E. (2013). Economic growth in developing countries: The role of human capital. *Economics of Education Review*, 37:202–212.
- Hanushek, E. y Woessmann, L. (2009). Do Better Schools leads to More Growth? Cognitive Skills, Economic Outcomes and Causation. *IZA DP*, 4575.
- Kai, D., Worthington, A., y Zelenyuk, V. (2018). Data envelopment analysis, truncated regression and double-bootstrap for panel data with application to Chinese banking. *European Journal of Operational Research*, 265(2):48–764.
- Kneip, A., Simar, L., y Wilson, P. (2008). Asymptotics and consistent bootstraps for DEA estimators in nonparametric frontier models. *Economic Theory*, 24:1663–1697.
- Lagravinese, R., Liberati, P., y Resce, G. (2019). The impact of economic, social and cultural conditions on educational attainments. *Journal of Policy Modelling*, 42(1):112–132.
- López-Penabad, M.-C., J. Maside, J. T., e Iglesias, A. (2020). Application of the DEA Double Bootstrap to Analyze Efficiency in Galician Sheltered Workshops. *Journal of Sustainability*, 12(6625).
- OECD (2020). Education at a Glance 2020: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris.
- Sandoval-Hernández, A. y Robin, H. L. S. (2019). The relationship between country inequality, educational outcomes and 'resilience'. Euro-

- pean Conference on Educational Research ; Conference date: 02-09-2019 Through 06-09-2019.
- Santín, D. y Sicilia, G. (2015). Measuring the efficiency of public schools in Uruguay: main drivers and policy implications. volumen 25.
- Simar, L. y Wilson, P. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management Science*, 44:49–61.
- Simar, L. y Wilson, P. (2000). A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. *Journal of Applied Statistics*, 27:779–802.
- Simar, L. y Wilson, P. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136:31–64.
- Sutherland, D. y Gonand, F. (2010). Improving public spending efficiency in primary and secondary education. *OECD Journal: Economic Studies*, 2009(1):4–4.
- Thieme, C., Giménez, V., y Prior, D. (2012). A comparative analysis of the efficiency of national education systems. *Asia Pacific Education Review*, 13:1–15.
- Thieme, C., Prior, D., y Tortosa-Ausina, E. (2013). A multilevel decomposition of school performance using robust nonparametric frontier techniques. *Economics of Education Review*, 32:104–121.
- Thorson, G. y Sera, G. (2018). The Adverse Effects of Economic Inequality on Educational Outcomes: An Examination of PISA Scores, 2000–2015. *University of Redlands. Working Paper*.
- Valenzuela, J., Bellei, C., y Ríos, D. D. L. (2014). Socioeconomic school segregation in a market-oriented educational system. The case of Chile. *Journal of Education Policy*.

Witte, K. D. y 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.

Witte, K. D. y López-Torres, L. (2015). Efficiency in education: a review of literature and a way forward. *Journal of the Operational Research Society*, 68(4):339–363.

Zancajo, A. y Bonal, X. (2020). Education markets and school segregation: a mechanism-based explanation. *A Journal of Comparative and International Education*.

Apéndice 1

El Índice de Disimilitud Académica se define como:

$$D_d^k = \frac{1}{2 \cdot EL_d \cdot P_d^k (1 - P_d^k)} * \sum_{j=1}^{N_d} EL_{d,j} \cdot |p_{d,j}^k - P_d^k|$$

Donde:

- $EL_{d,j}$ es el número de estudiantes del establecimiento j , del país d .
- EL_d es el número total de estudiantes del país d .
- $p_{d,j}^k$ es la proporción de estudiantes en el establecimiento j , país-región d , perteneciente a la minoría k .
- P_d^k es la proporción de estudiantes en el país-región d perteneciente a la minoría k .
- $d = 1\dots$ es el índice de países / regiones.
- $j = 1\dots N_d$ el índice de establecimientos con N_d el número total de los establecimientos presentes en el país-región d .

- k el índice de la minoría.

Lo que intenta reflejar este índice es cómo una minoría k está distribuida entre establecimientos a lo largo de un país. Aquí, la minoría k se define como el 30 % más vulnerable socioeconómicamente de la muestra.

Este índice toma valores entre 0 y 1, donde 0 es la disimilitud mínima. En este caso, todos los establecimientos tendrían un 30 % de esta minoría. Es decir, cada establecimiento tiene un estudiantado que representa fielmente la cantidad de esta minoría en el país. En el caso de disimilitud máxima (valor igual a 1), habrían ciertos establecimientos que concentran a todos y únicamente a estudiantes de la minoría.

Notar que el numerador del Índice de Disimilitud representa la diferencia de la proporción de minoría entre el establecimiento en cuestión y el país. El denominador permite normalizar el índice para que su rango quede acotado entre 0 y 1.

Apéndice 2

Resultados de Eficiencia

En la sección 3 se discutió sobre la metodología más adecuada para llevar a cabo la estimación de puntajes de eficiencia técnica y analizar los efectos de variables de interés. A pesar de obtener puntajes que no reflejan el rol de las condiciones socioeconómicas en obtener el desempeño de los sistemas educativos, si se utilizaron variables de ingreso y escolaridad para analizar cómo éstos afectan la ineficiencia técnica en la segunda etapa.

Una razón de proceder de esta forma fue para evitar la sobre-estimación de casos de eficiencia máxima, y mantener los factores no-discrecionales en la segunda etapa, como se suele proceder en este tipo de metodologías. Pero para tener un panorama complementario de las estimaciones, se presenta

la metodología con la estimación de eficiencia con el Índice ESCS como insumo en una primera etapa. Esto permite comparar la eficiencia educativa teniendo en consideración uno de los factores más relevantes a la hora de alcanzar desempeño educativo. Véase la Tabla A1.

Tabla A1: Puntajes de Eficiencia Técnica con Índice ESCS como insumo

País	2009			2012			2015			2018		
	eff	eff bc	sesgo									
<i>Latinoamérica y El Caribe</i>												
Argentina	1.255	1.310	-0.055	1.170	1.212	-0.043	.	.	.	1.116	1.145	-0.029
Brasil	1.026	1.041	-0.016	1.028	1.043	-0.014	1.000	1.000	0.000	1.004	1.006	-0.002
Chile	1.043	1.084	-0.041	1.038	1.062	-0.024	1.066	1.100	-0.034	1.023	1.039	-0.016
Colombia	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000
Costa Rica	1.116	1.183	-0.067	1.106	1.151	-0.045	1.000	1.000	0.000	1.018	1.035	-0.017
México	1.056	1.094	-0.038	1.058	1.089	-0.032	1.000	1.009	-0.009	1.000	1.005	-0.005
Perú	1.162	1.243	-0.082	1.177	1.239	-0.062	1.116	1.159	-0.044	1.058	1.079	-0.021
Uruguay	1.194	1.251	-0.057	1.212	1.272	-0.060	1.134	1.179	-0.045	1.052	1.078	-0.026
<i>América del Norte</i>												
Canada	1.000	1.014	-0.014	1.000	1.018	-0.018	1.000	1.028	-0.028	.	.	.
Estados Unidos	1.075	1.113	-0.038	1.071	1.089	-0.018	1.062	1.079	-0.018	1.035	1.057	-0.021
<i>Europa Occidental</i>												
Alemania	1.047	1.081	-0.034	1.014	1.033	-0.019	1.015	1.040	-0.026	1.000	1.028	-0.028
Austria	1.058	1.076	-0.018	1.066	1.080	-0.013	1.056	1.072	-0.016	.	.	.
Bélgica	1.033	1.056	-0.023	1.043	1.056	-0.013	1.043	1.058	-0.015	1.050	1.075	-0.025
España	1.060	1.089	-0.029	1.052	1.075	-0.023	1.042	1.080	-0.038	1.035	1.054	-0.019
Francia	.	.	.	1.053	1.071	-0.018	1.019	1.038	-0.019	1.029	1.051	-0.022
Grecia	1.056	1.074	-0.019	1.086	1.109	-0.024	1.054	1.076	-0.022	1.043	1.064	-0.021
Irlanda	1.016	1.039	-0.023	1.012	1.031	-0.019	1.003	1.019	-0.016	1.000	1.028	-0.028
Italia	1.051	1.075	-0.024	1.066	1.088	-0.021	1.061	1.090	-0.029	1.073	1.115	-0.042
Luxemburgo	1.029	1.087	-0.059	1.000	1.048	-0.048	1.076	1.090	-0.014	1.074	1.091	-0.017
Malta	1.079	1.105	-0.026	.	.	.	1.071	1.092	-0.022	1.000	1.015	-0.015
Países Bajos	1.017	1.045	-0.028	1.010	1.057	-0.047	1.000	1.056	-0.056	1.000	1.070	-0.070
Portugal	1.078	1.108	-0.030	1.090	1.122	-0.033	1.052	1.082	-0.030	1.018	1.050	-0.032
Reino Unido	1.042	1.057	-0.015	1.004	1.018	-0.013	1.044	1.060	-0.016	1.000	1.030	-0.030
Suiza	1.012	1.026	-0.015	1.032	1.047	-0.015	1.020	1.035	-0.015	1.009	1.024	-0.015
<i>Europa Oriental</i>												
Bulgaria	1.185	1.211	-0.026	1.181	1.213	-0.032	1.087	1.108	-0.022	1.103	1.120	-0.017
Croacia	1.055	1.080	-0.025	1.045	1.072	-0.027	1.017	1.046	-0.028	1.006	1.030	-0.024
República Checa	1.032	1.058	-0.026	1.043	1.065	-0.022	1.044	1.072	-0.028	1.009	1.031	-0.023
Estonia	1.019	1.035	-0.016	1.006	1.025	-0.020	1.000	1.018	-0.018	1.000	1.035	-0.035
Georgia	1.137	1.173	-0.036	.	.	.	1.132	1.163	-0.031	1.058	1.074	-0.016
Hungría	1.082	1.111	-0.028	1.106	1.134	-0.028	1.091	1.124	-0.033	1.081	1.105	-0.023
Letonia	1.069	1.090	-0.021	1.066	1.091	-0.024	1.031	1.057	-0.027	1.037	1.057	-0.020
Lituania	1.100	1.120	-0.020	1.080	1.104	-0.024	1.081	1.106	-0.026	1.081	1.098	-0.017
Moldavia	1.126	1.175	-0.049	.	.	.	1.079	1.115	-0.037	1.086	1.114	-0.028
Montenegro	1.062	1.094	-0.031	1.079	1.111	-0.032	1.000	1.021	-0.021	1.000	1.024	-0.024
Polonia	1.055	1.084	-0.029	1.042	1.065	-0.023	1.033	1.057	-0.024	1.022	1.041	-0.020
Rumania	1.037	1.069	-0.031	1.090	1.114	-0.024	1.097	1.127	-0.030	1.068	1.095	-0.027

Continuación Tabla A1

País	2009			2012			2015			2018		
	eff	eff bc	sesgo									
<i>Escandinavia</i>												
Dinamarca	1.043	1.057	-0.014	1.052	1.063	-0.011	1.004	1.015	-0.011	1.000	1.020	-0.020
Finlandia	1.000	1.018	-0.018	1.000	1.011	-0.011	1.000	1.009	-0.009	1.000	1.011	-0.011
Islandia	1.000	1.020	-0.020	1.017	1.043	-0.026	1.000	1.021	-0.021	1.014	1.029	-0.014
Noruega	1.000	1.036	-0.036	1.000	1.037	-0.037	1.000	1.022	-0.022	.	.	.
Suecia	1.069	1.085	-0.015	1.011	1.023	-0.013	.	.	.	1.022	1.033	-0.011
<i>Asia</i>												
China	1.000	1.035	-0.035	1.000	1.052	-0.052	1.000	1.043	-0.043	1.014	1.054	-0.040
Hong Kong	1.000	1.076	-0.076	1.000	1.068	-0.068	1.000	1.069	-0.069	1.000	1.072	-0.072
Indonesia	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	-0.000
Israel	1.073	1.095	-0.023	1.027	1.055	-0.028	1.021	1.046	-0.026	1.072	1.112	-0.040
Japón	1.001	1.016	-0.015	1.000	1.016	-0.016	1.000	1.087	-0.087	1.000	1.079	-0.079
Jordania	1.083	1.130	-0.047	1.062	1.090	-0.028	1.044	1.067	-0.023	1.020	1.038	-0.018
Kazajistán	1.076	1.124	-0.047	1.109	1.149	-0.040	.	.	.	1.048	1.064	-0.015
Corea del Sur	1.000	1.057	-0.057	1.000	1.064	-0.064	1.000	1.050	-0.050	1.009	1.026	-0.017
Macao-China	1.000	1.056	-0.056	1.000	1.063	-0.063	1.000	1.066	-0.066	.	.	.
Malasia	1.148	1.196	-0.048	1.132	1.168	-0.036	.	.	.	1.106	1.144	-0.038
Rusia	1.049	1.086	-0.037	1.062	1.096	-0.034	1.000	1.055	-0.055	1.050	1.099	-0.049
Singapur	1.000	1.062	-0.062	1.000	1.041	-0.041	1.000	1.038	-0.038	1.000	1.045	-0.045
Tailandia	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	-0.000	1.000	1.000	0.000
Turquía	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.050	-0.050
Emiratos Árabes Unidos	1.000	1.021	-0.021	1.000	1.021	-0.020	1.000	1.035	-0.035	1.000	1.036	-0.036
Qatar	1.000	1.029	-0.029	1.000	1.024	-0.024	1.000	1.029	-0.029	1.032	1.053	-0.021
<i>Oceanía - África</i>												
Australia	1.006	1.020	-0.015	1.008	1.020	-0.013	1.033	1.051	-0.018	1.000	1.016	-0.016
Nueva Zelanda	1.035	1.062	-0.027	1.039	1.061	-0.022	1.030	1.044	-0.015	1.006	1.024	-0.018
Tunisia	1.034	1.067	-0.033	1.037	1.070	-0.033	1.000	1.000	0.000	.	.	.

Nota: eff=(In)eficiencia DEA; eff bc=(In)eficiencia corregida. Se omiten los intervalos de confianza.

Estimación propia a partir de datos PISA (2009, 2012, 2015, 2018).

Lo notable de los resultados de esta etapa es que los puntajes se mantienen relativamente similares a la estimación sin ESCS como insumo. Dentro de Latinoamérica, Perú, Argentina, y Uruguay siguen siendo los más ineficientes. Chile aumenta su eficiencia respecto a la estimación previa. Esto quiere decir que al considerar las condiciones socioeconómicas, Chile usa relativamente bien sus recursos para alcanzar el desempeño observado. Colombia y Brasil se mantienen en la misma categoría que antes se observaba.

Canadá es un país bastante eficiente en el uso de sus recursos, con ineficiencia por debajo del 3%. Estados Unidos mantiene puntajes similares. Dentro de Europa Occidental, es notable que Luxemburgo aumenta su

ineficiencia respecto a la estimación anterior, debido a sus alto estándar socioeconómico. Esto quiere decir que parte de la eficiencia encontrada anteriormente se debía a su ambiente predilecto en términos materiales, educativos y sociales.

En Escandinavia los puntajes se mantienen bastante similares. Incluso Finlandia, que es un país rico y con alto índice de desarrollo humano, mejoró sus puntajes, y se encuentra constantemente cercano al 1 % de ineficiencia. En Asia hay países que se suman a la categoría de casos especiales de eficiencia. Indonesia y Turquía están puntuados como totalmente eficientes para todos los años de la muestra.

Como se adelantó, esto es esperable al sumar otro insumo. Pero también es esperable que hayan países que previamente hayan tenido ineficiencia cuyo principal factor sean las condiciones desfavorables. Por lo tanto, países como Indonesia, se están desempeñando a bajo nivel, pero, en términos relativos, están obteniendo el máximo desempeño que pueden teniendo en cuenta los recursos presentes y el bajo estatus socioeconómico que poseen.

Relación con Desigualdad y Diferenciación Educativa

La Tabla A2 muestra la estimación de la segunda etapa con los nuevos puntajes de eficiencia. Se omitió la variable explicativa de escolaridad de padres, ya que esta variable ya está implícita en el Índice ESCS, que es incluido como insumo de la primera etapa. La desagregación de la variable de diferenciación y la agregación de controles siguen la misma pauta que la Tabla 4 de la sección 5.2.

Las estimaciones de efectos marginales confirman los hallazgos previamente analizados. Si se analiza la columna 6, se ve que a un 1 % de significancia estadística, el Indicador de Disimilitud y el Índice de Repitencia tienen efectos relevantes sobre la ineficiencia. Si bien la desigualdad

Tabla A2: Efectos marginales promedio de variables ambientales sobre ineficiencia técnica

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Coef Gini	0.0021*** (0.001)	-0.0001 (0.001)	-0.0008 (0.001)	0.0001 (0.001)	-0.0007 (0.001)	-0.0011* (0.001)
Índice de Diferenciación	0.0196 (0.035)	0.1172*** (0.032)	0.1353*** (0.032)			
Indicador de Disimilitud				0.3614*** (0.065)	0.2120*** (0.065)	0.2097*** (0.065)
Índice de Repitencia				0.0861** (0.035)	0.1167*** (0.033)	0.1051*** (0.033)
Proporción de Privados				-0.0822*** (0.024)	-0.0343 (0.024)	-0.0161 (0.022)
Log pib pc		-0.0341*** (0.005)	-0.0117 (0.007)		-0.0243*** (0.005)	-0.0061 (0.007)
Efectividad de Gobierno			-0.0288** (0.014)			-0.0214 (0.014)
Calidad Regulatoria			-0.0062 (0.011)			-0.0086 (0.011)
Control por año	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Wald χ^2	24.1	64.5	85.3	54.9	76.9	95.5
Observations	168	168	168	168	168	168

Errores estándar en paréntesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Estimación propia según Simar y Wilson (2007). A#1 con puntajes corregidos, 2000 repeticiones.

económica arroja un efecto reductor sobre la ineficiencia, éste es una significancia sólo del 10 %. Además, el efecto es bajo en magnitud. Un aumento del coeficiente gini en 5 puntos (lo cual es un aumento significativo para los estados modernos), reduciría la ineficiencia de recursos en 0.5 % según esta estimación.

Pero estos resultados son menos confiables, y esto se debe a esencialmente 2 razones. Primero, bajo un criterio estadístico, los modelos estimados en este apéndice tienen un menor ajuste que los estimados en la sección 5. El modelo más completo de la Tabla A2 tiene un estadístico χ^2 de 95.5, versus el χ^2 de 131.7 de la Tabla 4. Además de esto, debido a la metodología empleada (Algoritmo #1 de Simar y Wilson (2007)), se introducen menos observaciones en la estimación. Si se revisan los pasos del algoritmo, el paso 2 especifica que sólo se consideran los M unidades para las cuales se cumple $\hat{\theta}_{it} > 1$. Como al incluir otro insumo aumentaron los casos de eficiencia máxima, menos observaciones son consideradas en esta etapa. Esto quita poder a nuestro modelo.

Segundo, porque la relación entre las variables explicativas y los puntajes de eficiencia se diluye al considerar el ambiente socioeconómico como un insumo de la primera etapa. Anteriormente, al solo considerar variables discretivas en la estimación de eficiencia (recursos académicos), la interpretación de los efectos marginales es *cómo el aumento o disminución de variables estructurales de los países y sistemas educativos impactan en el uso de recursos*. Pero al utilizar al ambiente socioeconómico como insumo, al análisis se vuelve menos sencillo. Porque este es un factor que los países no *utilizan*, sino más bien una restricción basal con la que se vive.

En definitiva, este modelo complementario mejora los puntajes de eficiencia, al poder comparar países cuyas realidades económicas, sociales y culturales son radicalmente distintas. Pero esta mejora va en detrimento de una estimación más limpia en la segunda etapa. Como el objetivo de esta investigación es analizar el efecto de variables de desigualdad económica y diferenciación educativa, se priorizó presentar en la sección de resultados una estimación causal más robusta.