

DOCUMENTOS DE TRABAJO

Serie Economía



Nº 38

EFICIENCIA TÉCNICA DE LOS ESTABLECIMIENTOS
EDUCACIONALES EN CHILE

ALEJANDRA MIZALA - PILAR ROMAGUERA - DARIO FARREN

PUBLICADO EN: APPLIED ECONOMICS 2002

**EFICIENCIA TÉCNICA DE LOS ESTABLECIMIENTOS
EDUCACIONALES EN CHILE**

Alejandra Mizala
Pilar Romaguera
Dario Farren

SERIE ECONOMIA N°38

Noviembre, 1998

Centro de Economía Aplicada
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

La Serie de Economía agradece el financiamiento de la Fundación Mellon.

Resumen*

El objetivo de este trabajo es evaluar la eficiencia técnica de los establecimientos educacionales en Chile, entendiendo por ésta la capacidad de los establecimientos de generar el máximo producto (logro educativo) dada su combinación de insumos. Para ello se utilizan dos técnicas alternativas de medición de eficiencia: la estimación de una frontera de producción estocástica, y el *data envelopment analysis* (DEA), que permite identificar en forma no paramétrica la frontera de producción eficiente de los establecimientos analizados.

Ambas técnicas tienen ventajas y limitaciones que son discutidas en el trabajo; no obstante, conducen a las mismas conclusiones al analizar una muestra de más de 5000 establecimientos educacionales. Los resultados obtenidos ofrecen interesantes elementos para el diseño de las políticas educacionales en Chile.

Palabras Claves: Economía de la Educación, Eficiencia Técnica
Clasificación JEL: I21, I28

• Se agradece el apoyo financiero de FONDECYT Proyecto N° 1980761

Introducción

A comienzos de los años ochenta el sistema educativo chileno experimentó una profunda reforma, su rasgo principal fue la descentralización de la administración de los establecimientos escolares del sector público, la que fue transferida a las municipalidades. La reforma también permitió la incorporación del sector privado como oferente de educación, a través de la introducción de un mecanismo de subvención por alumno; esta subvención financia a los establecimientos particulares subvencionados y municipalizados. El sistema de subvenciones por estudiante tiene como objetivo cubrir el conjunto de gastos de operación de las escuelas, y a la vez promover la competencia entre los establecimientos por atraer y retener estudiantes, lo que debiera redundar en una mayor eficiencia y calidad de los servicios educativos.

Esta política llevó al sector privado a la creación de un gran número de establecimientos educacionales, generándose tres tipos de establecimientos educacionales: los particulares pagados que se financian sólo en base a las contribuciones de los padres, son operados por el sector privado y representan un 8.9% de la matrícula en enseñanza básica; los particulares subvencionados que se financian con la subvención por alumno que otorga el estado, son operados por el sector privado y representan un 33.6% de la matrícula de enseñanza básica y; los municipalizados que se financian con la subvención por alumno que otorga el estado, son operados por los municipios y representan un 57.6% de la matrícula de enseñanza básica.

No obstante el importante crecimiento de los establecimientos particulares subvencionados, éstos no están localizados en forma pareja en el país; en general hay muy pocos establecimientos particulares en las comunas rurales; a lo menos 90 municipios no cuentan con establecimientos particulares subvencionados. Del total de la matrícula de zonas rurales, los municipalizados representan un 83.5%, los particulares subvencionados un 15.9% y los particulares pagados un 0.6%.

El objetivo de este trabajo es evaluar la eficiencia técnica de los establecimientos educacionales en Chile, esto es, determinar si están o no maximizando su producto, dada la cantidad de insumos con que cuentan. El producto es entendido como el logro educativo de los estudiantes, y medido a través de los resultados obtenidos en test estandarizados.

El trabajo está organizado de la siguiente forma: La primera sección contiene una revisión de la literatura referida al concepto y medición de la eficiencia técnica, se discuten dos métodos para evaluar eficiencia técnica, la estimación de una frontera estocástica de producción de donde se derivan coeficientes de eficiencia, y el *Data Envelopment Analysis* (DEA) que es una forma no paramétrica de identificar la frontera de producción eficiente de una unidad productiva.

En la segunda sección se presentan y se comparan los resultados de estimar por ambos métodos la eficiencia técnica de los establecimientos educacionales, diferenciándolos de acuerdo a si son particulares pagados, subvencionados o municipalizados, y de acuerdo a si se trata de establecimientos urbanos o rurales. Las estimaciones se realizan para los cuartos básicos con datos de 1996. Finalmente, en la tercera sección se resumen los principales resultados y se presentan las conclusiones del estudio.

I. Fronteras de Producción y Eficiencia Técnica

1.1 Concepto de eficiencia

En la literatura es posible distinguir dos tipos de eficiencia: (i) la eficiencia en la asignación de recursos, que se refiere a la capacidad de las unidades de toma de decisiones (DMU's) para combinar adecuadamente sus insumos dados los precios relativos de éstos y, (ii) la eficiencia técnica, que es la capacidad de las DMUs de generar el máximo producto dado un determinado nivel de insumos, es de esta última de la que nos ocuparemos en este trabajo.

Se ha argumentado bastante sobre la relevancia de medir eficiencia técnica, en particular, Farrell (1957), en su clásico trabajo sobre la medición de la eficiencia productiva argumenta que el problema de medir la eficiencia técnica es importante debido a que permite determinar si es posible incrementar el producto simplemente aumentando la eficiencia, sin necesidad de incrementar los insumos. Por su parte, Lovell (1993) justifica la medición de la eficiencia dado que ésta permite ordenar y evaluar las DMU's analizadas, siendo posible diseñar mecanismos de incentivos que premien a las mejores DMUs y políticas para mejorar su eficiencia.

Uno de los primeros en definir la eficiencia técnica fue Koopmans (1951), el cual la definió como un vector compuesto por insumos y productos, donde es tecnológicamente imposible incrementar algún producto (y/o reducir algún insumo) sin simultáneamente reducir algún otro producto (y/o incrementar algún otro insumo). Por su parte, Debreu (1951) y Farrell (1957) desarrollaron índices de eficiencia técnica. Debreu (1951) fue el primero en diseñar una medida de eficiencia productiva a la que llamó “coeficiente de utilización de recursos”. La medida sugerida es el cociente entre el costo del nivel óptimo (o eficiente) de insumos y el costo de los insumos efectivamente utilizados. Farrell (1957) propuso medir la eficiencia productiva comparando el producto óptimo y el producto efectivo. Debido a que la frontera de producción predice el valor óptimo (o eficiente) de producción y^* , y dado que para cada DMU se tiene el valor observado de su producto y^o , podemos obtener un coeficiente de eficiencia dado por:

$$(1) \quad \eta = \frac{y^o}{y^*}$$

También es posible calcular el coeficiente de eficiencia utilizando la metodología de Jondrow (1982), que calcula la ineficiencia esperada y con ella el valor óptimo de producción para cada unidad productiva. Dado este valor óptimo se calcula el coeficiente de eficiencia de la siguiente forma:

$$(2) \quad \eta = \frac{y^o}{y^o + E(v)}$$

donde y^o representa el nivel de producción observado y $E(v)$ la ineficiencia esperada.

Sin embargo, esta forma de medir eficiencia no puede ser utilizada cuando existen múltiples insumos y productos relacionados con diferentes recursos, actividades y factores ambientales. Las medidas de eficiencia relativa donde hay múltiples posibilidades de insumos y productos fueron desarrolladas inicialmente por Farrell y Fieldhouse (1962), los que se basaron en una unidad eficiente virtual construida como un promedio ponderado de unidades eficientes, la que se utiliza como unidad de comparación para otras DMUs. Una medida de eficiencia relativa con múltiples productos e insumos se define como:

$$(3) \quad \text{Eficiencia}_j = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots}$$

Donde los u_i corresponden a los ponderadores de los productos y_i y los v_i corresponden a los ponderadores de los insumos x_i .

Esta medida de eficiencia requiere un conjunto común de ponderadores para ser aplicados a lo largo de todas las unidades. La metodología llamada *Data Envelopment Analysis* (DEA) desarrollada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), nos permite escoger este grupo de ponderadores.

Para medir eficiencia técnica es necesario estimar fronteras de producción que permitan la comparación entre el nivel óptimo de producto y el nivel efectivo. Tanto en la literatura económica, como en la de investigación de operaciones encontramos fundamentalmente dos enfoques para abordar el problema de la estimación de fronteras de producción: los modelos paramétricos y los no paramétricos. Los modelos paramétricos son probablemente los más comunes y entre ellos destaca el modelo de frontera de producción estocástica, cuya mayor desventaja es tener que suponer una forma funcional explícita para la tecnología, así como una determinada distribución de las ineficiencias. Los métodos no paramétricos en cambio, liderados principalmente por el DEA, no requieren asumir ninguna forma funcional, debido a que la medida de eficiencia de las DMU son relativas a otras DMUs de la muestra, además permite en forma relativamente sencilla trabajar con múltiples productos.

Sin embargo, los métodos no paramétricos también tienen desventajas, las más importantes son: los resultados pueden ser muy sensibles a la selección de variables; la eficiencia técnica se mide en términos relativos respecto al desempeño de la mejor unidad productiva de la muestra, lo cual requiere que la muestra deba ser grande; los test de hipótesis son complejos al ser una técnica no paramétrica; finalmente, la formulación estándar del DEA crea problemas de programación lineal separados para cada DMU, lo cual la encarece en términos computacionales.

1.2 Eficiencia técnica en la producción educacional

Una de las áreas en que se ha aplicado el concepto de eficiencia técnica es en la educación. Aplicaciones de DEA a la producción educacional se puede encontrar en Bessent y Bessent (1980), Bessent *et. al.* (1982), Bessent *et. al.* (1983) y Bessent *et. al.* (1994), Färe *et. al.* (1989), Bonesronning y Rattso (1994) y Johnes y Johnes (1995) entre otros.

El enfoque de frontera estocástica de producción es utilizado por Sengupta y Sfeir (1986) y Deller y Rudnicki (1993) para analizar la eficiencia de la producción educacional.

Por su parte, Vinod (1968) desarrolla una técnica basada en el análisis de correlación canónica para estimar una función de producción con múltiples productos, esta técnica de regresión multivariada pondera productos e insumos y correlaciona la combinación lineal de insumos y la combinación lineal de los productos. Chizmar y Zak (1984) aplican esta metodología a la producción educacional.

Otros estudios han optado por utilizar una metodología mixta incorporando tanto técnicas no paramétricas como análisis de regresión. Por ejemplo, Ruggiero (1996) extiende la aplicación del DEA y regresión canónica y desarrolla un procedimiento en dos etapas para medir eficiencia y estimar una función de producción de múltiples productos, para medir la eficiencia en la producción educacional de las escuelas del distrito de Nueva York. McCarty y Yaisawarng (1993) también combinan DEA y análisis de regresión en un procedimiento en dos etapas que incorpora múltiples productos. Por su parte, Subhash (1991) combina DEA con un modelamiento de regresión para estimar la eficiencia relativa en las escuelas públicas del distrito de Connecticut en EE.UU. El DEA es empleado sólo con los insumos de la escuela y luego las medidas de eficiencia obtenidas son relacionadas con los factores socioeconómicos en un análisis de regresión.

1.3 Modelos Teóricos de Frontera Estocástica y DEA

Frontera de producción estocástica

La mayoría de los modelos de función de producción educacional asumen que la función de producción tiene como resultado el máximo producto que se puede generar, dado un conjunto de insumos, es decir, para el estudiante i se tiene:

$$(4) \quad y_i = f(x_i; \beta)$$

Donde y_i es el máximo logro que se puede alcanzar, dado los insumos x_i , y β es un parámetro desconocido que debe ser estimado. Este modelo asume que no existen ineficiencias en la transformación de los insumos en producto; sin embargo, esto podría no ser así, posibilidad que se representa como:

$$(5) \quad y_i \leq f(x_i; \beta)$$

Si la desigualdad anterior es estricta, entonces existen ineficiencias en la producción y ésta puede expresarse como:

$$(6) \quad y_i = f(x_i; \beta) - v_i$$

Donde $v_i \geq 0$. Si $v_i = 0$ no existe ineficiencia, por otro lado si $v_i > 0$, entonces hay ineficiencia productiva. La estimación econométrica de la función de producción representada por la ecuación (6) es la frontera de producción, define el máximo producto a ser alcanzado dado el conjunto de insumos.

Para estimar la frontera de producción se asume que la función de producción empírica puede ser representada como una función lineal. No obstante, la estructura del error toma una forma más

compleja que en el modelo con eficiencia. Se asume que el error está compuesto por dos partes: v y e .

$$(7) \quad y_i = \alpha_o + \sum_k \beta_k x_{ik} - (v_i - e_i)$$

Donde $v \geq 0$ puede tomar diferentes distribuciones¹, y e es el término de error de los MCO.

Para determinar la existencia de ineficiencia en los datos, Aigner *et. al.* (1977) sugieren maximizar la siguiente función de verosimilitud:

$$(8) \quad L = L(\alpha_o, \beta, \lambda, \sigma | y, x)$$

Donde α_o , β , y y x provienen de la ecuación (7), $\lambda = \frac{\sigma v}{\sigma_e}$ y $\sigma = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_e^2}$. Donde σ_v es el error estándar del término que captura ineficiencia en los datos y σ_e es el error estándar del término que captura el ruido en los datos. La forma funcional de la ecuación (8) depende del supuesto sobre la distribución de v y e .

La especificación de la función de verosimilitud permite un test directo para determinar la presencia de ineficiencias en el proceso productivo: si λ es significativamente distinto de cero en términos estadísticos, hay evidencia de ineficiencias en los datos

Un paso importante en esta metodología es la separación, para cada observación, del error aleatorio del error debido a la ineficiencia. Para ello se puede asumir una distribución específica sobre v y e , Jondrow *et. al.* (1982) deducen el valor esperado de v asumiendo una distribución normal sobre e y una distribución half normal de v .

¹ Entre las distribuciones que puede tomar se encuentra la Half Normal, la distribución Normal truncada en 0 y la Exponencial.

Data envelopment analysis

Los primeros trabajos sobre DEA fueron realizados por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y Färe y Lovell (1978). A partir del estudio inicial de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), se han publicado numerosos artículos que utilizan esta metodología. Investigadores de diversos campos han reconocido que el DEA es una excelente herramienta para modelar procesos, tanto por su orientación empírica, como por la ausencia de supuestos a priori.

El DEA es usado comúnmente para evaluar la eficiencia relativa de un cierto número de DMUs, es un método de puntos extremos y compara cada DMU con la DMU más eficiente técnicamente. Esto contrasta con el enfoque estadístico tradicional, el que evalúa las DMUs en relación a una DMU promedio. El análisis radica en encontrar el mejor productor virtual para cada productor real, donde el productor virtual no necesariamente existe, sino que es obtenido de la combinación de dos productores eficientes. Si el productor virtual es mejor que el productor real, tanto por hacer más producto con el mismo nivel de insumos o hacer la misma cantidad de producto con menos insumos, entonces el productor real es ineficiente. El procedimiento para encontrar el mejor productor virtual puede ser formulado como un problema de programación para cada una de las DMUs.

Modelo matemático DEA

Asumimos que hay n DMUs a ser evaluadas. Cada DMU consume m diferentes insumos para producir s diferentes productos. Específicamente, la DMU _{j} consume una cantidad x_{ij} del insumo i y produce y_{jr} del producto r . Asumimos también que $x_{ij} > 0$ y $y_{jr} > 0$, y además que cada DMU tiene al menos un insumo y un producto.

Definimos un producto e insumo virtual como una combinación lineal de productos e insumos reales. Para un DMU en particular, el cociente entre el producto virtual y el insumo virtual nos provee de una medida de eficiencia. En términos de programación matemática este cociente es la función objetivo a ser maximizada. Por ejemplo para la DMU₀ se tiene:

$$(9) \quad \max_{u,v} h_o(u,v) = \frac{\sum_r u_r y_{ro}}{\sum_i v_i x_{io}}$$

Donde los u y los v son los ponderadores de los productos e insumos respectivamente.

Además se tiene un conjunto de restricciones (una por cada DMU) que reflejan la condición de que el cociente entre el producto virtual y el insumo virtual debe ser menor o igual a la unidad. Luego el problema de programación tiene la forma:

$$(10) \quad \max_{u,v} h_o(u,v) = \frac{\sum_r u_r y_{ro}}{\sum_i v_i x_{io}}$$

s.a

$$\frac{\sum_r u_r y_{ro}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1 \text{ para } j = 0, 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

Este problema de programación se puede transformar en un modelo de programación lineal. La solución óptima de este problema nos da un estimador η_0 de la medida de eficiencia de Farrell para la DMU_o, donde $\eta_0=1$ si la DMU_o es eficiente.

II. Resultados de las Estimaciones

2.1 Resultados del modelo de Frontera Estocástica

En lo que sigue empleamos el modelo de frontera estocástica para estimar una frontera de producción educacional. La información utilizada proviene del Ministerio de Educación (MINEDUC), el Sistema de Medición de la Calidad de la Educación (SIMCE) y la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB). La información de la prueba SIMCE

corresponde a cuarto básico 1996, empleándose una muestra de 5230 escuelas². El producto es medido a través del logro educativo, esto es, el promedio del puntaje obtenido por cada establecimiento en las pruebas de castellano y matemáticas del SIMCE. Los insumos que se utilizaron fueron³:

1. Características de los alumnos que asisten a la escuela:
 - Nivel Socioeconómico: (NSEA, NSEB, NSEC, NSED)
 - Índice de Vulnerabilidad (VULNE)
2. Características de la escuela:
 - Dependencia (EPPA, EPSU, EMUN)
 - Índice Geográfico (IGA, IGB, IGC, IGD, IGE)
 - Tamaño de la Escuela (NUMPROF)
 - Tasa Alumno Profesor (TAP)
 - Si imparte Educación Parvularia (EDPA)
 - Género (ESH, ESM y EMIX)
3. Características de los Profesores:
 - Experiencia Promedio (EXPER)

Es importante puntualizar que en Chile no existe información socioeconómica a nivel de los alumnos, por lo tanto no se puede trabajar con datos individuales, sino sólo con datos promedios por establecimiento.

También es necesario considerar que la información socioeconómica es muy gruesa y es reportada por el Director del establecimiento quien tiene incentivos para declarar niveles socioeconómicos más bajos que los efectivos, dado que esta información se utiliza para hacer comparaciones de logro entre establecimientos. Carnoy y McEwan (1997) demuestran, utilizando datos de la encuesta CASEN y la JUNAEB, que hay una variabilidad considerable en la educación de los padres al interior de las categorías definidas por el SIMCE⁴; en particular, el nivel promedio de educación de los padres es mayor en los establecimientos particulares

² El tamaño de la muestra está determinado por la disponibilidad de información, esto quiere decir que sólo están excluidos aquellos establecimientos que no tenían datos, fundamentalmente del SIMCE, para realizar las estimaciones.

³ Los detalles de las variables así como sus estadísticas descriptivas se presentan en el anexo.

⁴ Las categorías utilizadas por el SIMCE se describen en el anexo.

subvencionados que en los municipalizados, al interior de los estratos educativos definidos por el SIMCE. Esto significa que aún controlando por el nivel socioeconómico hay varianza en la educación de los padres, la cual no estaríamos considerando.

En el cuadro 1 se presentan los resultados de las estimaciones de los modelos MCO y frontera de producción estocástica para los cuartos básicos en 1996. Hemos supuesto que el término de error que captura la ineficiencia en el proceso productivo se distribuye según una Half Normal y las perturbaciones aleatorias según una distribución Normal⁵.

Como se mencionó anteriormente si el parámetro λ es significativamente distinto de cero, hay suficiente evidencia estadística acerca de la presencia de ineficiencias en los datos, en este caso se observa un λ estadísticamente diferente de cero al 1%. Los coeficientes estimados de los modelos de frontera estocástica y los del modelo MCO, no difieren en forma significativa; sin embargo, la constante es mayor en el caso de la estimación de la frontera de producción, indicando que ésta es la envolvente de los datos. En el caso del modelo para los establecimientos rurales no fue posible estimar la frontera estocástica de producción, posiblemente porque el modelo que estamos estimando no explica adecuadamente el comportamiento de los establecimientos rurales, de hecho su ajuste es muy bajo (R^2 ajust.= 0.13).

Los coeficientes estimados de las variables explicativas indican que el comportamiento de los diferentes tipos de establecimientos difiere si trabajamos a nivel nacional, sólo considerando los establecimientos urbanos o sólo los rurales. A nivel nacional se concluye que los establecimientos particulares pagados tienen un mejor desempeño que los particulares subvencionados y los municipalizados (5 puntos más en las pruebas SIMCE), no obstante, no se aprecian diferencias estadísticas entre los dos tipos de establecimientos subvencionados (particulares y municipalizados). En las zonas urbanas, los particulares pagados siguen teniendo un mejor desempeño que el resto, pero los particulares subvencionados tienen mayor puntaje en las pruebas que los municipalizados (1.9 puntos más); sin embargo, en las zonas rurales ocurre lo contrario, los establecimientos municipalizados tienen un mejor desempeño que los particulares

⁵ Los resultados no varían significativamente si se asumen otras distribuciones tales como la Exponencial o la Normal truncada en 0.

subvencionados (2.9 puntos más)⁶. Este es un hecho muy importante de tener en cuenta cuando se trabaja con muestras de establecimientos, ya que la composición urbano/rural de la muestra puede alterar los resultados obtenidos al comparar el desempeño de diferentes tipos de establecimientos⁷.

Los resultados indican que las variables socioeconómicas (nivel socioeconómico e índice de vulnerabilidad de las familias) son muy importantes para explicar el logro de los alumnos. En general, los alumnos que provienen de un nivel socioeconómico más bajo, tienen en promedio un rendimiento peor que los alumnos que provienen de familias con mayores recursos y educación. El tamaño de la escuela, medido por el número de profesores, indica que escuelas más grandes tienen un mejor desempeño en el SIMCE, tanto a nivel nacional como urbano, pero el tamaño no afecta el desempeño en los establecimientos rurales. Los establecimientos sólo de hombres o mujeres tienen mejor rendimiento que las escuelas mixtas a nivel nacional y urbano; a nivel rural estas variables no son estadísticamente significativas debido a que la inmensa mayoría (99.8%) de las escuelas rurales son mixtas. Respecto de las variables de los profesores la variable experiencia (EXPER) es significativa y positiva aunque con un aporte más pequeño al rendimiento escolar a nivel nacional y urbano que a nivel rural. A su vez, la tasa alumno profesor (TAP) es significativa y negativa, pero sólo significativa al 10% en los establecimientos rurales, probablemente porque esta variable tiene menor varianza en este caso. La variable índice geográfico, que se refiere al tipo de ciudad y accesibilidad del lugar donde se encuentra el establecimiento, tiene un comportamiento diferente al esperado a nivel nacional y en los establecimientos urbanos, en parte porque gran parte de su efecto es captado por el índice de vulnerabilidad. Esto no ocurre en los establecimientos rurales, dado que la variable vulnerabilidad es más homogénea, en este caso los establecimientos de extrema ruralidad (IGE) tienen resultados peores que el resto.

⁶ Al trabajar con los establecimientos rurales se consideraron sólo aquellas comunas en que habían tanto colegios municipalizados como particulares subvencionados, eliminando de la muestra a aquellos establecimientos municipalizados que no tenían competencia de colegios particulares subvencionados a nivel local. Esto se hizo calculando una razón, a nivel de comunas, donde el numerador es la matrícula de un determinado tipo de dependencia y el denominador la matrícula total en la comuna.

⁷ Un análisis más detallado de este punto se encuentra en Mizala y Romaguera (1998).

Cuadro 1. Frontera Estocástica de Producción. Cuartos Básicos 1996

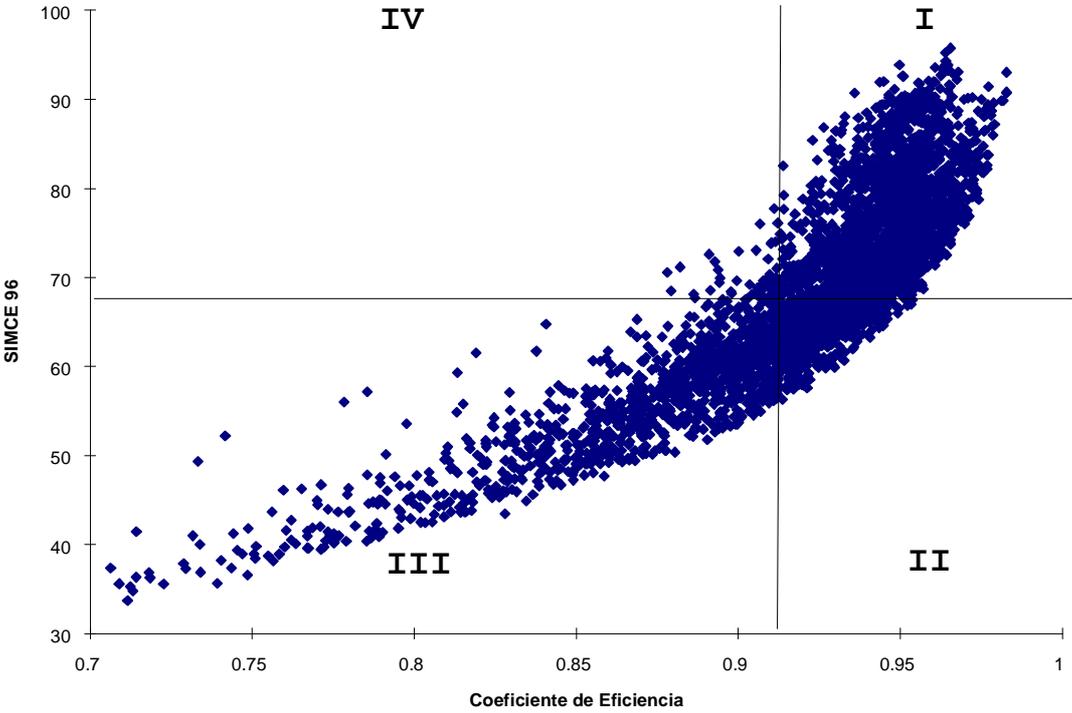
Variable	Nivel Nacional		Establec. Urbanos		Establec. Rurales
	MCO	FRONTERA	MCO	FRONTERA	MCO
Constante	68.087 (76.539)	74.045 (71.801)	67.383 (51.973)	74.151 (67.154)	68.002 (32.109)
NSEA	8.930 (10.375)	8.735 (8.271)	7.906 (6.831)	7.395 (7.701)	- -
NSEB	6.152 (10.354)	5.942 (9.802)	5.739 (5.530)	5.251 (6.803)	3.254 (1.325)
NSEC	1.400 (3.112)	1.296 (3.287)	2.204 (2.222)	1.902 (2.683)	1.308 (1.698)
VULNE96	-0.125 (-16.855)	-0.124 (-18.551)	-0.194 (-21.441)	-0.189 (-25.413)	-0.081 (-5.235)
EPPA	5.006 (7.207)	5.020 (5.391)	5.414 (8.746)	5.427 (8.218)	- -
EPSU	0.4308 (1.222)	0.510 (1.497)	1.693 (4.717)	1.905 (5.528)	-2.897 (-3.611)
ESH	3.551 (3.386)	3.467 (2.191)	2.680 (3.097)	2.529 (2.245)	10.425 (1.003)
ESM	4.660 (6.439)	4.591 (4.333)	4.203 (7.093)	4.032 (5.605)	2.661 (0.250)
IGB	1.442 (3.534)	1.418 (2.767)	1.933 (5.694)	1.884 (5.374)	- -
IGC	1.820 (4.469)	1.849 (3.911)	2.269 (6.484)	2.306 (6.778)	- -
IGD	4.722 (10.131)	4.809 (9.935)			-0.039 (-0.040)
IGDE			4.727 (7.986)	5.011 (10.018)	
IGE	1.822 (2.847)	2.190 (3.852)	- -	- -	-3.106 (-2.662)
TAP	-0.081 (-4.303)	-0.081 (-4.504)	-0.061 (-3.298)	-0.071 (-4.101)	-0.079 (-1.806)
EXPER	0.045 (2.249)	0.041 (2.109)	0.083 (3.848)	0.076 (3.702)	0.121 (2.844)
NUMPROF	0.070 (7.392)	0.065 (5.009)	0.837 (10.514)	0.075 (8.208)	0.022 (0.367)
EDPA	0.746 (2.071)	0.564 (1.566)	0.581 (1.504)	0.307 (0.854)	2.294 (2.910)
λ	- -	0.971 (8.737)	- -	1.374 (11.897)	- -
F	242.08		230.80		20.80
R ² - ajus.	0.43	-	0.51		0.13
n	5230	5230	3272	3272	1626

Nota: Las variables excluidas son: EMUN, NSED, EMIX, IGA, IGABC (rurales). En el caso de los establecimientos urbanos se unieron los índices IGD e IGE porque hay pocas escuelas con estas características.

Usando el valor esperado condicional de la frontera de producción estocástica, se calculó una medida de eficiencia tipo Farrell (1957) para cada una de las observaciones⁸. La escuela promedio de la muestra tiene una eficiencia de 0.9188. La escuela más eficiente presenta un coeficiente de 0.9828 y la menos eficiente 0.6324. Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios realizados para EE.UU, en particular, Deller y Rudnicki (1993) reportan coeficientes de eficiencia promedio de 0.9107 para las escuelas del Estado de Maine, donde la escuela más eficiente tiene un coeficiente de 0.9721 y la menos eficiente de 0.7749, es decir, un rango menor que el de la muestra de establecimientos analizados en este estudio.

A continuación presentamos el gráfico 1 que relaciona eficiencia y logro educativo, a nivel nacional, medido a través del puntaje en las pruebas SIMCE.

Gráfico 1. Matriz Eficiencia-Logro, Modelo Frontera Estocástica, 4° Básico 1996, Nivel Nacional



El gráfico 1 está dividido en cuatro cuadrantes. En el cuadrante I se encuentran 2587 (49.5%) escuelas que están por encima del logro promedio (68.4) de la muestra y por encima de la

⁸ La medida que se utilizó corresponde a la ecuación 2

eficiencia técnica promedio calculada con el modelo de frontera estocástica (0.9188). Estas son las escuelas más eficientes y eficaces de acuerdo al modelo, ya que obtienen más producto con menos insumos y el producto obtenido es más alto que el promedio. En el segundo cuadrante observamos un total de 674 (12.9%) escuelas eficientes, pero con bajo rendimiento. En el cuadrante III observamos 1847 (35.3%) escuelas, las cuales presentan rendimiento bajo el promedio y eficiencia bajo el promedio, estas escuelas pueden ser calificadas como ineficientes e ineficaces. Finalmente, en el cuadrante IV encontramos sólo 122 (2.3%) escuelas, éstas obtienen logros sobre el promedio; sin embargo, dados los insumos con que cuentan podrían obtener mejores logros si utilizaran todo su potencial, esta es una situación especial y es por ello que muy pocos establecimientos se encuentran en este cuadrante, en este caso se requiere incentivar mejoras de eficiencia.

Se observa que las escuelas se concentran mayoritariamente en el primer y tercer cuadrante, es decir, hay una relación positiva entre logro y eficiencia. Por otra parte, ninguna escuela alcanza una eficiencia de 100, esto se debe a que la ineficiencia esperada es siempre diferente de cero.

La variable dependencia es muy relevante para analizar los establecimientos educacionales en Chile, es por ello que cualquier análisis de eficiencia debe considerarla. El cuadro 2 presenta la misma información del gráfico 1, pero diferenciando los establecimientos de acuerdo a su dependencia.

Cuadro 2. Matriz Eficiencia-Logro, Modelo Frontera Estocástica 4° Básicos 1996
Nivel Nacional⁹.

IV	I
EPPA 31 (7.4%) EPSU 50 (3.4%) EMUN 41 (1.2%) TOTAL 122 (2.3%)	EPPA 381 (90.7%) EPSU 867 (58.5%) EMUN 1339 (40.2%) TOTAL 2587 (49.5%)
III	II
EPPA 8 (1.9%) EPSU 449 (30.3%) EMUN 1390 (41.8%) TOTAL 1847 (35.3%)	EPPA 0 (0%) EPSU 115 (7.8%) EMUN 559 (16.8%) TOTAL 674 (12.9%)

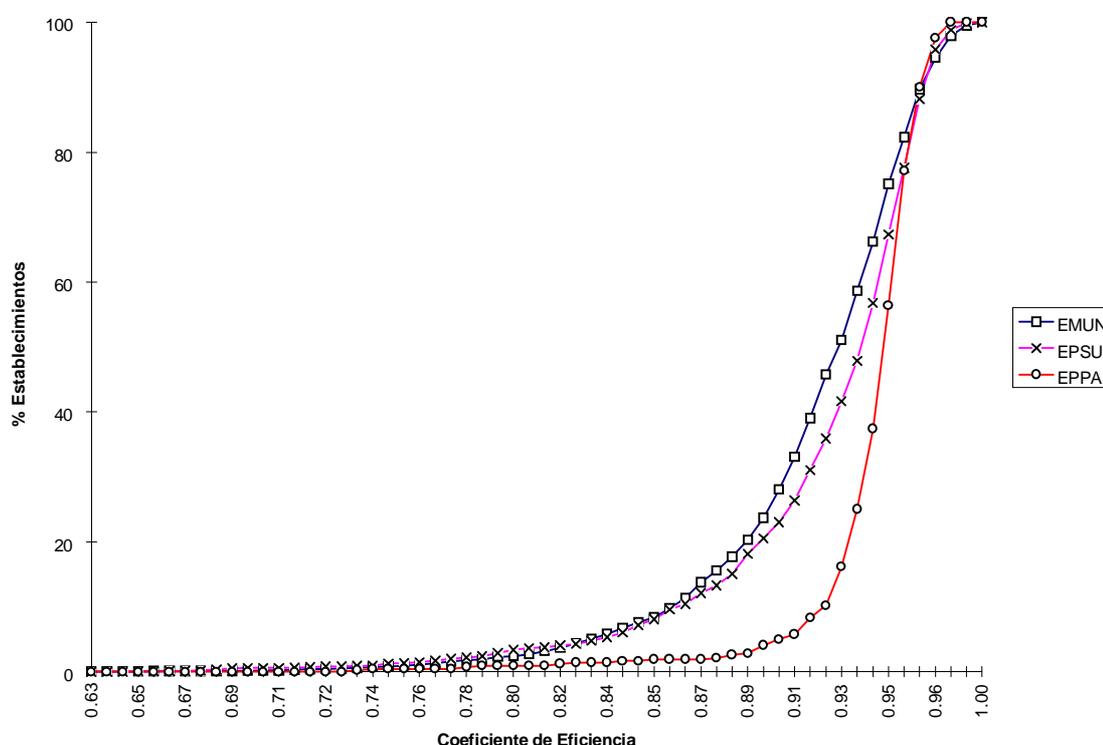
⁹ Las cifras junto a EPPA, EPSU y EMUN se refieren al número de escuelas de cada dependencia en cada cuadrante. Los porcentajes indican la fracción del total de escuelas de cada dependencia que se encuentran en cada cuadrante.

El cuadro 2 permite analizar la eficiencia de los establecimientos por dependencia. En el cuadrante más eficiente (I) se encuentra la mayor cantidad de escuelas particulares pagadas (90.7%), son escuelas que cuentan con muchos recursos y alto rendimiento. Un poco más de la mitad (58.5%) de las escuelas particulares subvencionadas también se concentran mayoritariamente aquí. Los establecimientos municipalizados se concentran en el cuadrante I (40.2%) y en el cuadrante III (41.8%), este último se caracteriza por tener puntaje en el SIMCE menor al promedio y eficiencia también menor al promedio de los establecimientos. No obstante, un 16.8% de las escuelas municipalizadas se encuentra en el II cuadrante, caracterizado por establecimientos con resultados menores que el promedio, pero alta eficiencia dado que cuentan con menores recursos que otros establecimientos con puntajes similares.

Por otra parte, el gráfico 2 presenta para cada dependencia el porcentaje de establecimientos acumulado hasta un determinado coeficiente de eficiencia, lo que nos muestra cómo se distribuyen los establecimientos educacionales en el rango de eficiencia.

Gráfico 2. Eficiencia por Dependencia, Modelo Frontera Estocástica, 4° básicos 1996

Nivel Nacional



En el gráfico 2 se observa que la mayor parte de los establecimientos particulares pagados (EPPA) tienen coeficientes de eficiencia elevados, mayores que 0.90. A diferencia de las escuelas municipalizadas (EMUN) y particulares subvencionadas (EPSU), donde hay escuelas con coeficientes de eficiencia menores. También se aprecia una diferencia, aunque menor, entre las EPSU y las EMUN. El modelo de frontera de producción estocástica muestra que las EPPA tienen más recursos que las otras escuelas y que los aprovechan al máximo. Las escuelas particulares subvencionadas tienen un comportamiento más parecido a las municipalizadas que a las particulares pagadas, si bien un mayor porcentaje de establecimientos particulares subvencionados tiene coeficientes de eficiencia más elevados que los municipalizados.

El gráfico 2 muestra que la distribución de los coeficientes de eficiencia de las escuelas particulares pagadas presenta dominancia estocástica en relación a la distribución de los coeficientes de los otros tipos de escuelas.

Se realizaron dos test no paramétricos para verificar si las distribuciones de los coeficientes de eficiencia de un tipo de escuela son estocásticamente mayores que las del resto. Los test Wilcoxon-Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov indican que si elegimos aleatoriamente una escuela de cada tipo, la probabilidad de que una escuela particular pagada tenga un coeficiente de eficiencia más elevado que el de los otros dos tipos de escuela es mayor que $\frac{1}{2}$. A su vez una escuela particular subvencionada elegida al azar tiene una probabilidad mayor que $\frac{1}{2}$ de tener un coeficiente de eficiencia mayor que una escuela municipalizada¹⁰.

Otra forma de presentar estos resultados es mediante un cuadro de distribución por terciles de eficiencia, el cuadro 3 muestra esta información.

Cuadro 3. Distribución de eficiencia por terciles según dependencia. Modelo Frontera Estocástica

Nivel Nacional

	1 0.9828-0.9431	2 0.9430-0.9140	3 0.9140-0.6324	TOTAL 0.9828-0.6324
EPPA	229 (54.52%)	156 (37.14%)	35 (8.33%)	420 (100%)
EPSU	561 (37.88%)	472 (31.87%)	448 (30.25%)	1481 (100%)
EMUN	953 (28.63%)	1115 (33.49%)	1261 (37.88%)	3329 (100%)
TOTAL	1743 (33.33%)	1743 (33.33%)	1744 (33.33%)	5230 (100%)

¹⁰ Los valores obtenidos para los test se presentan en el cuadro A5 del anexo.

Se observa que más de la mitad (54.5%) de las escuelas particulares pagadas está en el primer tercil de eficiencia y sólo un 8% está en el tercer tercil. En contraste un 37.9% de los establecimientos particulares subvencionados está en el primer tercil y un 28.6% de las escuelas municipalizadas; en el tercer tercil se ubican el 30.3% de las particulares subvencionadas y el 37.9% de las municipalizadas¹¹.

Se estimaron coeficientes de eficiencia para los establecimientos urbanos, para determinar si el comportamiento de éstos difería del estimado a nivel nacional. La escuela promedio de la muestra de establecimientos urbanos tiene una eficiencia de 0.9220. La escuela más eficiente presenta un coeficiente de 0.9883 y la menos eficiente 0.6651, es decir, éstos son levemente más elevados que los estimados a nivel nacional.

El cuadro 4 presenta los porcentajes de cada uno de los tipos de establecimientos que se ubican en los cuadrantes definidos anteriormente. Los resultados son similares a los obtenidos a nivel nacional, aunque un porcentaje levemente menor de establecimientos se ubican en los cuadrantes I y III. Llama sí la atención que el porcentaje de escuelas municipalizadas que están en el cuadrante II aumenta de 16.8% a 24%, estos son establecimientos con índices de eficiencia

¹¹ Se consideró la posibilidad de que exista un sesgo de selección, debido a que la elección de establecimientos educacionales no es realizada al azar; las familias con determinadas características eligen un tipo específico de colegio para sus hijos, y los colegios a su vez, pueden seleccionar a sus alumnos.

Para corregir este sesgo se estimó un modelo logit multinomial que combina factores de selección, y se construye a partir de ella una variable que mide el sesgo de selección, la que se incluye en la estimación de la frontera estocástica de producción (Sander, 1995; Glewwe y Jacoby, 1993; Jiménez *et. al.*, 1988). En nuestro caso la estimación del modelo logit multinomial se realizó utilizando información de la encuesta de caracterización socioeconómica (CASEN), la que nos proveyó de información a nivel individual de los estudiantes y sus familias. También se incluyó en el modelo una variable que representa la oferta disponible de establecimientos educacionales de cada tipo en la comuna donde viven las familias.

Tanto la estimación del modelo logit multinomial, como los resultados de estimar los coeficientes de eficiencia corrigiendo por el sesgo de selección no se presentan, ya que estos últimos son similares a los obtenidos de la estimación de coeficientes de eficiencia sin corregir por sesgo de selección.

El hecho que la corrección por sesgo de selección no dé resultados diferentes, desde el punto de vista de la eficiencia técnica, puede deberse a que no estamos por problemas de información, incorporando un elemento importante que diferencia a los establecimientos particulares subvencionados de los municipalizados; esto es, la posibilidad que tienen los primeros de seleccionar alumnos a través de pruebas de entrada o notas mínimas, con lo cual pueden tener alumnos con mayores habilidades que los establecimientos municipalizados, quienes por ley no pueden discriminar. También puede deberse a que esta muestra de establecimientos al cruzarse con los datos de la CASEN tiene un sesgo en contra de los establecimientos rurales, que es donde las escuelas municipalizadas tienen un mejor rendimiento relativo a las particulares subvencionadas.

mayor que el promedio, pero que tienen bajos puntajes en el SIMCE. Son escuelas que probablemente con mayores recursos podrían mejorar sus resultados en los test de logro¹².

Cuadro 4. Matriz Eficiencia-Logro, 4° Básicos 1996, Modelo Frontera Estocástica Establecimientos Urbanos

IV	I
EPPA 58 (14.0%) EPSU 61 (4.9%) EMUN 13 (0.8%) TOTAL 132 (4.0%)	EPPA 342 (82.4%) EPSU 657 (52.4%) EMUN 518 (32.3%) TOTAL 1517 (46.4%)
III	II
EPPA 15 (3.6%) EPSU 419 (33.4%) EMUN 688 (42.9%) TOTAL 1122 (34.3%)	EPPA 0 (0%) EPSU 117 (9.3%) EMUN 384 (24.0%) TOTAL 501 (15.3%)

El cuadro 5 muestra que un menor porcentaje de establecimientos particulares pagados se encuentran en el tercil más eficiente y un mayor porcentaje se ubican en el tercil más ineficiente, en comparación con lo que ocurre a nivel nacional. En menor medida ocurre lo mismo con los establecimientos subvencionados. Los municipalizados se distribuyen en forma similar a como lo hacen a nivel nacional.

Cuadro 5. Distribución de Eficiencia por terciles según dependencia, Modelo Frontera Estocástica 4° Básicos 1996, Establecimientos Urbanos

	1 0.9883-0.9481	2 0.9481-0.9155	3 0.9155-0.6651	TOTAL 0.9883-0.6651
EPPA	185 (44.58%)	178 (42.89%)	52 (12.53%)	415 (100%)
EPSU	443 (35.33%)	389 (31.02%)	422 (33.65%)	1254 (100%)
EMUN	463 (28.88%)	524 (32.69%)	616 (38.43%)	1603 (100%)
TOTAL	1091 (33.34%)	1091 (33.34%)	1090 (33.31%)	3272 (100%)

¹² El gráfico eficiencia-logro y el de eficiencia acumulada por dependencia se encuentran en el anexo, gráficos A1 y A2 respectivamente.

2.2 Resultados modelo DEA

En esta sección abordamos el tema de la eficiencia de los establecimientos educacionales a través de la metodología DEA, como una forma de contrastar los resultados obtenidos a través de la estimación de la frontera de producción estocástica. Utilizamos los mismos insumos del modelo de frontera de producción estocástica y la misma medición de producto, esto es el resultado promedio por establecimiento de test estandarizados de castellano y matemáticas (SIMCE).

Es importante insistir en el punto de que a diferencia de la metodología de frontera de producción estocástica en la metodología DEA los establecimientos se comparan con una escuela virtual construida en base a las escuelas más eficientes, se trata de un ordenamiento relativo con respecto a las más eficientes. Como, al igual que en la estimación de frontera de producción, cada tipo de establecimiento se compara con sus pares, si los establecimientos educacionales de una determinada dependencia son más heterogéneos en su comportamiento la comparación será más exigente, y por lo tanto aparecerán como más ineficientes en la medida que haya algunas escuelas que tengan un alto desempeño. Es decir, a diferencia de la metodología de frontera estocástica, que es una historia de medias, la metodología DEA es más sensible a los puntos extremos.

Utilizando la metodología DEA se estimaron coeficientes de eficiencia para cada una de los establecimientos educacionales de la muestra compuesta por 2003 escuelas provenientes de todo el país¹³. Los resultados indican que una escuela típica de la muestra exhibe un grado de eficiencia productiva de 85.98% para los cuartos básicos de acuerdo al análisis DEA, un 18% de los establecimientos educacionales son eficientes, es decir, tienen un grado de eficiencia de 100%, por su parte el rango de eficiencia varía entre 40% y 100%¹⁴. Estudios realizados para EE.UU con muestras más pequeñas de establecimientos del Distrito de Houston encuentran que un 53% de éstos son eficientes y un rango de variación entre 80% y 100% (Bessent *et. al.*; 1982), por su parte Ruggiero (1996) encuentra que un 32% de las escuelas del distrito de Nueva York son eficientes. Esto significa que hay un menor porcentaje de escuelas eficientes en Chile,

¹³ Esta muestra es menor que la utilizada para la estimación de la frontera de producción estocástica debido a limitaciones del software computacional que no admite más observaciones. No obstante, la muestra aleatoria utilizada es representativa de la composición de los establecimientos a nivel nacional, tanto respecto de la dependencia de éstos, como de la relación urbano rural.

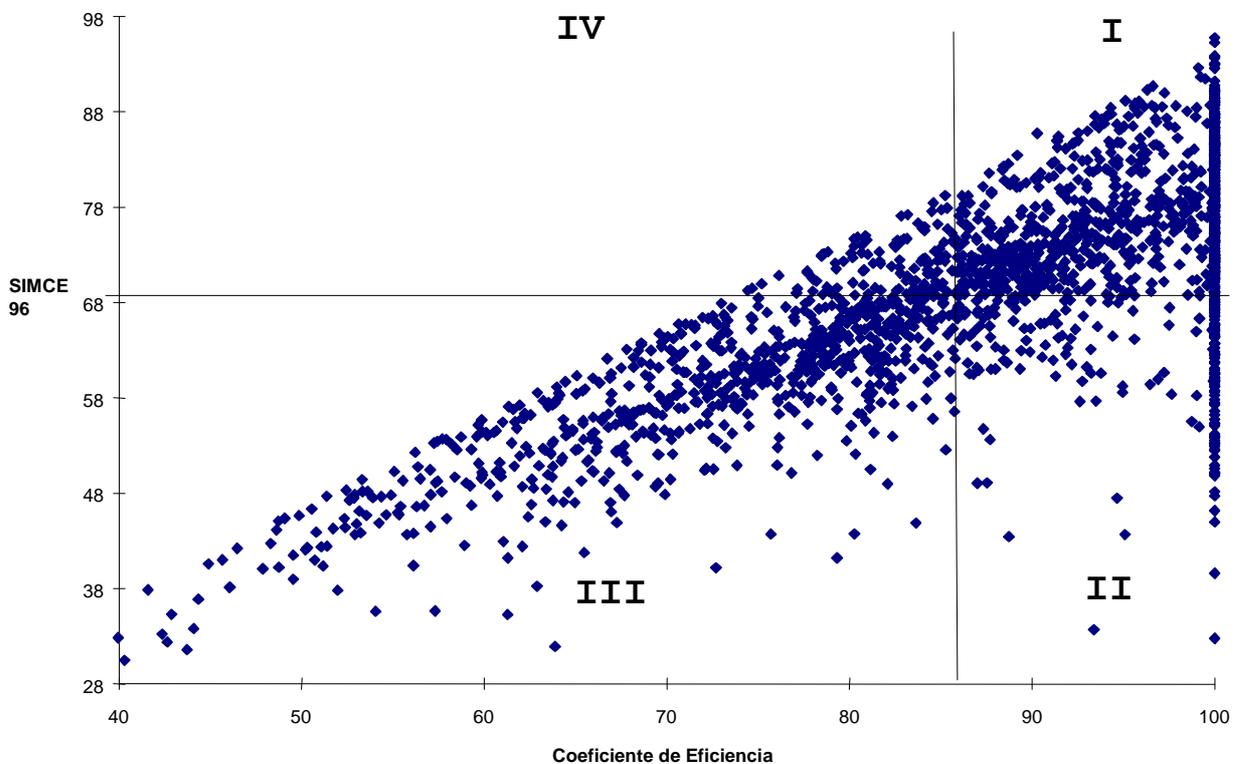
¹⁴ Nótese que estos coeficientes de eficiencia obtenidos a través del DEA no son numéricamente comparables con los coeficientes obtenidos de la estimación de la frontera de producción estocástica.

comparado con los casos estudiados en EE.UU. y el rango de variación es también mayor en Chile.

Llama la atención que, a diferencia de lo que ocurre al comparar resultados obtenidos con la metodología de frontera estocástica, los establecimientos educacionales chilenos parecen ser más ineficientes que los de EE.UU. cuando comparamos con la metodología DEA. Una posible explicación para esto es que en Chile hay una mayor varianza en los resultados de logro de establecimientos con características similares, o puesto de otra forma, hay escuelas rurales pequeñas que atienden alumnos de bajo nivel socioeconómico que tienen buen desempeño, lo que hace que la comparación sea más exigente.

El gráfico 3 muestra la eficiencia relativa y el logro promedio medido a través de las pruebas SIMCE de cada una de las escuelas para los cuartos básicos.

Gráfico 3. Matriz Eficiencia-Logro, DEA, 4° Básico 1996 Nivel Nacional.



Al igual que con el modelo de frontera estocástica las escuelas pueden ser clasificadas de acuerdo si están sobre o bajo el puntaje promedio o la eficiencia promedio. En el gráfico 3 observamos que existen escuelas que pueden ser consideradas eficientes, aún cuando el puntaje alcanzado sea bajo. Por ejemplo, consideremos las cuatro escuelas que obtienen el menor logro promedio; dado que tienen un puntaje muy bajo en los test estandarizados (alrededor de 30 puntos) se podría pensar a priori que lo están haciendo mal; no obstante, una de ellas tiene un alto índice de eficiencia. Al revisar las características de estas escuelas observamos que todas son particular subvencionadas, están en zonas de extrema ruralidad, con una vulnerabilidad muy alta y atienden familias de un nivel socioeconómico similar, pero la escuela eficiente tiene un rendimiento un poco mejor que las otras tres, a pesar de tener menos profesores; esto hace que la metodología la clasifique como eficiente.

El gráfico 3 está dividido en cuatro cuadrantes. En el cuadrante I se encuentran 936 (46.7%) escuelas que están por encima del puntaje promedio en el SIMCE y que tienen eficiencia más alta que el promedio de la muestra (85.98%), estas escuelas son eficaces debido a que obtienen puntajes relativamente altos en el SIMCE y al mismo tiempo son eficientes debido a que logran puntajes altos utilizando al máximo los recursos de que disponen. Por su parte, en el cuadrante II se encuentran 133 (6.6%) escuelas que son eficientes, es decir, estas escuelas lo hacen bien si las comparamos con escuelas similares en términos de insumos; sin embargo, no logran obtener puntajes altos en los tests, posiblemente debido a la falta de recursos. En el cuadrante III se encuentran 729 (36.4%) escuelas que no son eficientes, dado sus recursos no están maximizando el logro académico, ya que obtienen puntajes más bajos que el promedio. Finalmente, en el cuadrante IV se agrupan 205 (10.2%) escuelas que tienen un buen desempeño, pero que lo pueden hacer aún mejor con el mismo nivel de insumos.

El que haya una varianza importante de los puntajes de las escuelas eficientes (100% de eficiencia) muestra que hay un espacio importante para las políticas educacionales, aquellas escuelas eficientes y con bajo puntaje en las pruebas SIMCE, probablemente lograrían una mejora sustancial en la medida que aumentarían los recursos de que disponen.

También es posible analizar la eficiencia y el logro académico por dependencia, el cuadro 6 muestra estos resultados.

Cuadro 6. Matriz Eficiencia-Logro, DEA, 4° básicos 1996 Nivel Nacional¹⁵.

IV	I
EPPA 0 (0.0%) EPSU 91 (15.3%) EMUN 114 (9.2%) TOTAL 205 (10.2%)	EPPA 153 (91.1%) EPSU 349 (66.3%) EMUN 434 (35.0%) TOTAL 936 (46.7%)
III	II
EPPA 4 (2.4%) EPSU 118 (19.9%) EMUN 607 (49.0%) TOTAL 729 (36.4%)	EPPA 11 (6.5%) EPSU 36 (6.1%) EMUN 86 (6.9%) TOTAL 133 (6.6%)

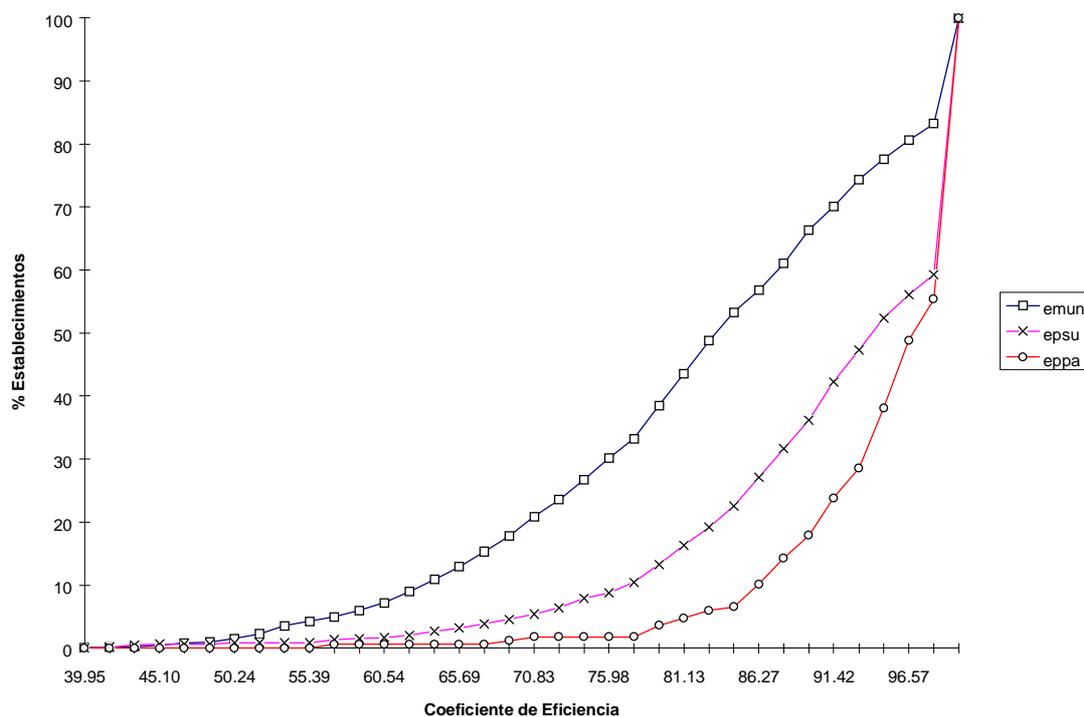
En el cuadro 6 se observa que las escuelas se distribuyen 46.7% en el primer cuadrante y 36.4% en el tercer cuadrante, mientras que en el segundo y cuarto cuadrante se encuentran sólo el 6.6% y el 10% de los establecimientos. En esta matriz de eficiencia-logro podemos ver que casi la totalidad de los establecimientos particulares pagados (91%) pertenecen al cuadrante más eficiente y de mayores puntajes en los test, los establecimientos particulares subvencionados se concentran mayoritariamente en el primer cuadrante (66%), mientras que casi la mitad de los establecimientos municipalizados (49%) lo hacen en el tercer cuadrante.

Se construyó un gráfico de eficiencia acumulada por tipo de escuela. El gráfico 4 muestra que la mitad de las escuelas municipalizadas se concentra en el tramo entre 51% y 82% de eficiencia, mientras que la mitad de las escuelas particulares subvencionadas están en el rango 51% y 92%. Finalmente, la mitad de las particulares pagadas se encuentran en el rango entre 70% y 96%¹⁶.

¹⁵ Las cifras junto a Total corresponden a el total de escuelas en el respectivo cuadrante, así como las cifras junto a EPPA, EPSU y EMUN se refieren a el número de escuelas de cada dependencia en cada cuadrante. Los porcentajes indican la fracción del total de escuelas de cada dependencia insertas en cada cuadrante.

¹⁶ El promedio de los coeficientes de eficiencia por dependencia es: 94.81% para las EPPA, 91.06% para las EPSU y 82.34% para las EMUN.

Gráfico 4. Eficiencia Acumulada por dependencia, DEA, 4º Básicos 1996 Nivel Nacional.



Del gráfico 4 se puede concluir que la distribución de los coeficientes de eficiencia de las escuelas particulares pagadas presenta dominancia estocástica de primer orden en relación a la distribución de los coeficientes de los otros tipos de escuelas. Asimismo, la distribución de los coeficientes de eficiencia de las escuelas particulares subvencionadas muestran dominancia estocástica de primer orden en relación a los de las escuelas municipalizadas.

Por su parte, los test de Wilcoxon-Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov, permiten concluir que si elegimos aleatoriamente una escuela de cada tipo, la probabilidad de que una escuela particular pagada tenga un coeficiente de eficiencia más elevado que el de los otros dos tipos de escuela es mayor que $\frac{1}{2}$. A su vez, una escuela particular subvencionada elegida al azar tiene una probabilidad mayor que $\frac{1}{2}$ de tener un coeficiente de eficiencia mayor que una escuela municipalizada¹⁷.

¹⁷ Los valores obtenidos para cada uno de los tests se presentan en el cuadro A6 del anexo.

El cuadro 7 presenta la distribución por terciles de eficiencia y confirma los resultados antes comentados, los establecimientos particulares pagados se concentran (62.5%) en el primer tercil, un 47.6% de los establecimientos particulares subvencionados están en el primer tercil, mientras que un mayor número de establecimientos municipalizados se encuentran en el tercer tercil (44.8%).

Cuadro 7. Distribución de eficiencia por terciles según dependencia, DEA, Nivel Nacional

	1 100 -94.77	2 94.75-81.57	3 81.51-39.95	TOTAL 100-39.95
EPPA	105 (62.50%)	55 (32.74%)	8 (4.76%)	168 (100%)
EPSU	283 (47.64%)	208 (35.02%)	103 (17.34%)	594 (100%)
EMUN	279 (22.50%)	405 (32.66%)	556 (44.84%)	1240 (100%)
TOTAL	667 (33.32%)	668 (33.37%)	667 (33.32%)	2002 (100%)

Al igual que se hizo en el caso de frontera estocástica de producción se estimó el modelo DEA para los establecimientos urbanos y en este caso también para los rurales, con el fin de investigar si habían diferencias entre éstos.

Un 26.6% de los establecimientos urbanos son eficientes (100%) y el promedio de los coeficientes de eficiencia es 90.3%.

El cuadro 8 muestra la matriz eficiencia-logro para los establecimientos urbanos, los resultados son similares a los obtenidos a nivel nacional, aunque hay un mayor porcentaje de establecimientos (particulares subvencionados y municipalizados) en el cuadrante II, con eficiencia mayor que el promedio, pero con menor logro. Al igual que en el caso de la frontera de producción estocástica disminuye el porcentaje de establecimientos urbanos en el cuadrante I.

Cuadro 8. Matriz Eficiencia-Logro, DEA, 4° Básicos 1996
Establecimientos Urbanos

IV	I
EPPA 41 (16.7%) EPSU 83 (10.6%) EMUN 52 (5.3%) TOTAL 176 (8.8%)	EPPA 196 (80%) EPSU 369 (47.1%) EMUN 285 (29.3%) TOTAL 850 (42.5%)
III	II
EPPA 7 (2.9%) EPSU 219 (28.0%) EMUN 510 (52.4%) TOTAL 736 (36.8%)	EPPA 1 (0.4%) EPSU 112 (14.3%) EMUN 127 (13.0%) TOTAL 240 (12.0%)

El cuadro 9 muestra que el rango de variación de los coeficientes de eficiencia es menor para los establecimientos urbanos, éste fluctúa entre 55.5 y 100. Un menor porcentaje de establecimientos particulares pagados está en el tercil más eficiente y las diferencias entre los establecimientos particulares subvencionados y municipalizados son menores que a nivel nacional¹⁸.

Cuadro 9. Distribución de Eficiencia por terciles según dependencia, DEA,
4° Básicos 1996, Establecimientos Urbanos

	1 100-96.93	2 96.92-86.80	3 86.78-55.54	TOTAL 100-55.54
EPPA	103 (42.04%)	115 (46.94%)	27 (11.02%)	245 (100%)
EPSU	322 (41.12%)	252 (32.18%)	209 (26.69%)	783 (100%)
EMUN	242 (24.85%)	301 (30.90%)	431 (44.25%)	974 (100%)
TOTAL	667 (33.32%)	668 (33.37%)	667 (33.32%)	2002 (100%)

En el caso de los establecimientos rurales un 9% son eficientes y el promedio de eficiencia es 75.5%.

El cuadro 10 muestra los resultados eficiencia-logro para los establecimientos rurales, en este caso sólo se analizan los establecimientos subvencionados (particulares y municipalizados), ya que prácticamente no hay particulares pagados en las zonas rurales. Es interesante destacar que el mismo porcentaje de establecimientos particulares y municipalizados (41%) se encuentran en el

¹⁸ En el anexo se presentan los gráficos eficiencia-logro (cuadro A3) y eficiencia acumulada por dependencia (cuadro A4).

cuadrante I, con logro y eficiencia superior al promedio, así como también un porcentaje similar de ambos tipos de establecimientos se encuentran en el cuadrante III. Llama la atención que un mayor porcentaje de establecimientos particulares subvencionados (19.8%) se encuentran en el cuadrante II, donde es posible que la falta de recursos sea lo que explique sus puntajes bajo el promedio en el SIMCE.

Cuadro 10. Matriz Eficiencia-Logro, DEA, 4° Básicos 1996
Establecimientos Rurales

IV	I
EPSU 2 (0.9%) EMUN 202 (11.7%) TOTAL 204 (10.4%)	EPSU 94 (41.4%) EMUN 710 (41.4%) TOTAL 804 (41.2%)
III	II
EPSU 86 (37.9%) EMUN 699 (40.5%) TOTAL 785 (40.2%)	EPSU 45 (19.8%) EMUN 115 (6.6%) TOTAL 160 (8.2%)

El cuadro 11 también permite apreciar las diferencias entre las escuelas rurales y las urbanas, y en particular las diferencias entre las escuelas particulares subvencionadas y municipalizadas en estos sectores. El rango en que fluctúan los coeficientes de eficiencia es mayor en el caso de las escuelas rurales, entre 33.5% y 100% y los establecimientos municipalizados están distribuidos en forma más pareja entre los terciles de eficiencia, por su parte un 54% de los establecimientos subvencionados están en el tercil más eficiente y un 29% en el menos eficiente, éste último porcentaje es mayor que el estimado a nivel nacional o urbano, a pesar que los coeficientes de eficiencia asociados a este tercer tercil son más bajos que los estimados a nivel nacional y urbano. Esto quiere decir que los establecimientos particulares subvencionados tienen un peor desempeño a nivel rural que a nivel urbano, dado los recursos con que cuentan¹⁹.

Cuadro 11. Distribución de Eficiencia por terciles según dependencia, DEA,
4° Básicos 1996, Establecimientos Rurales

¹⁹ En el anexo se presentan los gráficos eficiencia-logro (cuadro A5) y eficiencia acumulada por dependencia (cuadro A6) para los establecimientos rurales. Es interesante notar que en este caso ya no se da dominancia estocástica de primer orden, debido a que las distribuciones de coeficientes se cruzan.

	1 100-82.09	2 82.07-68.76	3 68.70-33.54	TOTAL 100-33.54
EPSU	123 (54.19%)	38 (16.74%)	66 (29.07%)	227 (100%)
EMUN	528 (30.59%)	613 (35.52%)	585 (33.89%)	1726 (100%)
TOTAL	651 (33.33%)	651 (33.33%)	651 (33.33%)	1953 (100%)

En el sector rural el logro promedio de los establecimientos que tienen 100% de eficiencia es mayor para los municipalizados (71.4) que para los particulares subvencionados (67.7), lo que significa que la comparación es más exigente para los municipalizados. Por esta razón se reestimó el modelo DEA sin incluir como variable explicativa la dependencia del establecimiento, comparando ahora cada establecimiento educacional con los mejores del sector rural. El cuadro 12 muestra la distribución de escuelas por terciles de eficiencia en este caso²⁰. Llama la atención, al comparar el cuadro 11 con el 12, que el porcentaje de establecimientos subvencionados en el primer tercil cae de 54% a 39%, aumentando principalmente el porcentaje de establecimientos que se ubican en el último tercil (de 29% a 38%), los cambios para los establecimientos municipalizados son menores, aumentando levemente el porcentaje de establecimientos en el primer tercil de eficiencia. De los 131 establecimientos rurales con 100% de eficiencia, 97 son municipalizados y 34 son particular subvencionado²¹.

Cuadro 12. Distribución de Eficiencia por terciles según dependencia, DEA, 4° Básicos 1996, Establecimientos Rurales sin dependencia como insumo.

	1 100-81.07	2 81.05-68.81	3 68.79-33.54	TOTAL 100-33.54
EPSU	89 (39.21%)	51 (22.47%)	87 (38.33%)	227 (100%)
EMUN	562 (32.56%)	600 (34.78%)	564 (32.68%)	1726 (100%)
TOTAL	651 (33.33%)	651 (33.33%)	651 (33.33%)	1953 (100%)

2.3 Comparación resultados Frontera Estocástica y DEA

²⁰ En el anexo se presenta el gráfico de eficiencia acumulada por dependencia (cuadro A7). En este caso tampoco se observa dominancia estocástica de primer orden de una distribución con respecto a la otra.

Como se mencionó anteriormente las dos metodologías utilizadas en este trabajo tienen diferencias importantes, la frontera estocástica de producción compara a las escuelas con el promedio de los establecimientos de su tipo. En el DEA se compara a las escuelas con una escuela virtual construida utilizando aquellos establecimientos similares con el mejor desempeño, y se trata de un ordenamiento relativo. Es por esto que en el DEA pueden ser más castigados los establecimientos menos homogéneos. Esto se observa al comparar los resultados obtenidos del DEA y la frontera estocástica a nivel nacional para los establecimientos particulares subvencionados y los municipalizados (cuadro 3 versus cuadro 7).

Por esto mismo es interesante comparar estadísticamente el ordenamiento de las escuelas, de acuerdo a su eficiencia a nivel nacional, que entregan tanto el modelo DEA como el de frontera estocástica. Para ello, hemos utilizado coeficientes de correlación no paramétricos: Spearman y Kendall. El coeficiente de correlación de Spearman mide el grado de asociación de dos variables medidas en una escala ordinal, mientras que el coeficiente de Kendall mide la diferencia entre la probabilidad de que el ordenamiento generado por el DEA y el generado por la estimación de frontera sean iguales y la probabilidad de que no lo sean.

Al aplicar estas medidas de asociación concluimos que el coeficiente de Kendall es 0.48 y estadísticamente significativo al 1%, lo que significa que la probabilidad de que ambas metodologías ordenen de la misma forma a las escuelas de acuerdo a su eficiencia es 0.74. Por su parte, el coeficiente de Spearman es 0.63 y es significativo al 1%. Ambas mediciones muestran una elevada correlación entre ambos ordenamientos.

III. Conclusiones

En este trabajo se ha intentado evaluar la eficiencia técnica de los establecimientos educacionales chilenos, para ello se ha analizado una muestra de más de 5000 escuelas, dividiéndolas de acuerdo a su dependencia, es decir, establecimientos particulares pagados, particulares subvencionados y municipalizados y de acuerdo a si son urbanas o rurales.

Para asegurar la robustez de los resultados se utilizaron dos métodos al analizar la eficiencia de las escuelas, la estimación de una frontera de producción estocástica de donde se obtienen

²¹ No obstante, estos 34 establecimientos representan un 15% del total de los EPSU rurales.

coeficientes de eficiencia, y el método no paramétrico DEA. Test estadísticos no paramétricos permiten concluir que ambas metodologías llevan a un ordenamiento similar de los establecimientos educacionales de acuerdo a su eficiencia.

Los resultados obtenidos permiten concluir que los establecimientos educacionales de Chile exhiben una eficiencia técnica promedio de 0.9188, con un rango de entre 0.9828 y 0.6324 de acuerdo al método de frontera de producción estocástica. Estos números son similares a los estimados por estudios realizados en distritos educativos de EE.UU.. Por otra parte, de acuerdo a los resultados del DEA, una escuela típica tiene un grado de eficiencia de 86%, con un rango de variación entre 40% y 100%, este rango es mayor que el reportado por estudios realizados para establecimientos en EE.UU., siendo el porcentaje de establecimientos eficientes menor en Chile que en EE.UU.. Este último resultado puede ser explicado por el hecho que en Chile hay una mayor varianza en el logro académico entre establecimientos similares.

Al analizar la eficiencia técnica de acuerdo al tipo de dependencia del establecimiento, se puede concluir que las escuelas particulares pagadas son las más eficientes, seguidas de las particulares subvencionadas y de las municipalizadas. Ambas metodologías muestran una importante diferencia entre la eficiencia técnica de los establecimientos particulares pagados y el resto. A su vez, la metodología de frontera de producción estocástica muestra una diferencia menor en la eficiencia técnica de los establecimientos particulares subvencionados y los municipalizados que lo que muestra el DEA, lo que se explica por las diferencias entre estas metodologías. Sin embargo, en ambos casos los establecimientos particulares subvencionados muestran índices más elevados de eficiencia.

Es importante hacer notar que los índices de eficiencia técnica se calculan comparando establecimientos del mismo tipo. Si al interior de un tipo de establecimiento hay una elevada varianza en los niveles de logro, existiendo escuelas con alto rendimiento en las pruebas, la comparación es más exigente, sobretodo en el DEA. Esto explica las diferencias en los resultados del DEA y frontera estocástica entre municipalizados y particulares subvencionados, los primeros son menos homogéneos que los segundos en términos de sus resultados en las pruebas.

La comparación de la eficiencia técnica de los establecimientos según su dependencia está sujeta a algunas limitaciones. En primer lugar, este resultado puede estar relacionado con la dificultad

de controlar adecuadamente por los factores socioeconómicos en las estimaciones, dado que las variables socioeconómicas disponibles son bastante gruesas y es muy probable que no discriminen fino entre distintas familias; si esto ocurre, estaríamos comparando establecimientos que no tienen exactamente los mismos recursos, es decir, no atienden a niños de familias similares, lo que en parte podría explicar las diferencias. En segundo lugar, los establecimientos particulares subvencionados, a diferencia de los municipalizados, pueden seleccionar alumnos, tanto en el ingreso, como expulsar a quienes tienen bajo rendimiento. En efecto, Rounds Parry (1996) al entrevistar a una muestra aleatoria de establecimientos educacionales de Santiago encontró que los colegios particulares subvencionados recurrían en mayor medida a exámenes, exigencias de notas mínimas y entrevistas a los padres en su proceso de selección de alumnos, esto significa que estos establecimientos aceptan alumnos que rinden mejor (que tienen más habilidades), característica que no es controlada por las variables disponibles. Hemos intentado corregir el sesgo de selección, pero la falta de información nos ha impedido incluir este comportamiento de los establecimientos particulares subvencionados. Esto significa que nuestros resultados están afectos a sesgo de selección, generado por el hecho que los colegios particulares subvencionados pueden seleccionar a sus alumnos. Es necesario mejorar la calidad de la información disponible para superar estas limitaciones.

Por otra parte, se aprecian diferencias al analizar los establecimientos dividiéndolos entre urbanos y rurales. En las zonas rurales los establecimientos particulares subvencionados tienen un peor desempeño relativo que en las zonas urbanas. Más aún, cuando se compara el conjunto de los establecimientos rurales, sin diferenciar por dependencia, las escuelas particulares subvencionadas tienen coeficientes de eficiencia aún menor, ya que se comparan en este caso con escuelas municipalizadas con insumos similares y mejores resultados en las pruebas SIMCE. Por tanto, es importante al diseñar políticas y evaluar desempeño diferenciar no sólo de acuerdo al tipo de dependencia de los establecimientos, sino también entre rurales y urbanos.

Es importante resaltar que los resultados de este trabajo muestran que escuelas con similares recursos exhiben resultados muy diferentes, estudiar la razón de estas diferencias ayudará a diseñar políticas educacionales más efectivas. También es interesante puntualizar que hay un porcentaje importante de establecimientos educacionales que a pesar de ser eficientes no logran buenos resultados en las pruebas estandarizadas del SIMCE, una posibilidad es que estos establecimientos requieran mayores recursos para mejorar su desempeño. A su vez, hay

establecimientos que son ineficientes y tienen malos resultados en las pruebas, en este caso antes de otorgarles mayores recursos es necesario entender las causas de su ineficiencia. Más recursos a un establecimiento técnicamente ineficiente no llevará a mejorar sus resultados.

Referencias

- Aigner, D. J., Lovell, C. A. K. y Schmidt, P. J. "Formulation and Estimation of Stochastic frontier production function models", *J. Econometrics* 6, 1977, 21- 37.
- Bessent, A.M. y Bessent E.W., "Determining the comparative efficiency of schools through data envelopment analysis" *Educational Administration Quarterly*, 16, 1980, 57-75.
- Bessent, A.M., Bessent, E.W., Charnes, A., Cooper, W.W. y Thorogood, N.C., "Evaluation of educational program proposals by means of DEA", *Educational Administration Quarterly*, 19, 1983, 82-107.
- Bessent, A., Bessent, W., Kennington, J. y Reagan, B., "An Application of Mathematical Programming to Assess Productivity in the Houston Independent School District", *Management Science* 28,1982, 1355-1367.
- Bonesronning, H. y J. Rattso, "Efficiency variation among Norwegian high schools: consequences of equalization policy", *Economics of Education Review*, vol 3 N° 4, 1994, 289-304.
- Carnoy, M. y P. McEwan, "Public investments or private schools? A reconstruction of educational improvements in Chile", mimeo Stanford University, 1997.
- Charnes, A., Cooper, W. Rhodes, E., "Measuring the Efficiency of the Decision Making Units", *European Journal of Operacion Research* 2, 1978, 429-444.
- Chizmar, J. y Zak. T. "Canonical Estimation of Joint Education Production Function", *Economics of Education Review* 3, 1984, 37- 43.
- Debreu, G. "The coefficient of Resource Utilization", *Econometrica* 19, 1951, 273-292.
- Deller, S.C. y Rudnicki E., "Production Efficiency in Elementary Education: The case of Maine Public Scool", *Economic of Education Review* 12, 1993, 45-57.
- Färe, R. y C. A. Knox Lovell, "Measuring the Thecnical Efficiency of Production", *Journal of Economic Theory* 19, 1978, 150-162.
- Färe, R., Grooskopf y W.L. Weder, "Measuring school district performance" *Public Finance Quarterly*, 17, 1989, 409-428.
- Farrell M. J., Fieldhouse M., "Estimating Efficient Production Function Under Increasing Returns to scale", *Journal Royal Statistics Society Series A* 125, 1962, 252-267.
- Farrell, J. J. , "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society Series A.* 120, 1957, 253-281.
- Glewwe, P. y Jacoby, "Student achievement and schooling choice in low-income countries. Evidence from Ghana", *The Journal of Human Resources*, 1993, 843-864.

- Jiménez, E., Lockheed, M. y N. Wattanawaha, “The relative efficiency of private and public schools: The case of Thailand”. *The World Bank Economic Review*, vol 2, N° 2, 1988, 139-163.
- Johnes, J. y G. Johnes, “Research funding and performance in U.K. University Departments of Economics. A frontier analysis” *Economics of Education Review*, vol 14 N° 3, 1995, 301-314.
- Jondrow, J. , Lovell, C. A. K. , Materov, Y. S. y Schmidt, P., “On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production model”, *J. Economet.* 19, 1982, 233-238.
- Koopmans, T.C., “An Analysis of Production as an Efficiency Combination of Activities”, in T. C. Koopmans (de), *Activity od Production and Allocation* (Cowles Commission for Research in Economics, Monograph N° 13; New York: Jhon Wiley and Sons, Inc. 1951)
- Lovell, Knox C. A. “Productions Frontiers and Productive Efficiency”, in Fried , Lovell y Schmidt (eds.), *The measurement of Productive Efficiency* (New York: Oxford University Press., 1993).
- McCarty, Therese A., y Suthathip, Y. “Technical Efficiency in New Jersey School Districts”, in Harold O. Fried, C. A. Knox Lovell, y Shelton S. Schmidt (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications* (New York: Oxford Univesity Press, 1993)
- Mizala, A. y P. Romaguera, “Desempeño escolar y elección de colegios: La experiencia chilena”, Documento de Trabajo N° 36, Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile, 1998.
- Rounds Parry, T., “Will pursuit of higher quality sacrifice equal opportunity in education?. An analysis of the education voucher system in Santiago”. *Social Science Quarterly* vol. 77, N°4, 1996, 821-841.
- Ruggiero, J., “Efficiency of Educational Production: An Analysis of New York School Districts”, *Economics and Statistics* 68, 1996, 499-509.
- Sander, W., “Catholic grade schools and academic achievement”, *The Journal of Human Resources*, vol. 31, N°3, 1995, 540-548.
- Sengupta, J.K. y Sfeir, R.E., “Production frontier estimates of scale in public schools in California” *Economics of Education Review*, 5, 1986, 297-307.
- Subhas, C. R., “Resource Use Efficiency in Public Schools: a Study of Connectitut Data”, *Managment Science* 12, 1991, 1620-1627.
- Vinod, H. “Econometrics of Joint Production”, *Econometrica* 36, 1976, 147- 166.

ANEXOS

Detalle de Variables

- NSEA: Agrupa a establecimientos en los cuales, en su mayoría los padres tienen educación media completa o superior completa o incompleta; el nivel de gastos educacionales es superior a \$25.052 mensuales (pesos de 1996).
- NSEB: Incluye colegios en que, en su mayoría se caracterizan porque los padres tienen educación superior, media o básica completa o incompleta y sus gastos educacionales mensuales están entre \$13.210 y \$25.051.
- NSEC: Considera escuelas en las que los padres tienen educación media incompleta o básica completa o inferior y sus gastos educacionales mensuales están entre \$5.284 y \$13.209.
- NSED: Considera escuelas en las que los padres tienen educación básica incompleta o inferior y sus gastos educacionales mensuales son inferiores a \$5.283.
- VULNE: Índice calculado por la JUNAEB para cada escuela, que incorpora tanto medidas antropométricas, como peso, talla, necesidades médicas, como además medidas de educación de la madre.
- IGA: Ciudades grandes y accesibilidad buena.
- IGB: Ciudades medianas y pequeñas y accesibilidad buena.
- IGC: Ciudades medias y pequeñas y accesibilidad mala o regular y áreas urbano marginal con accesibilidad mala, regular o buena.
- IGD: área semi rural con accesibilidad mala regular o buena y área rural con accesibilidad regular o buena.
- IGE: área rural con accesibilidad mínima y áreas con accesibilidad mínima o mala.
- EPPA: Escuelas Particulares Pagadas.
- EPSU: Escuelas Particulares Subvencionadas.
- EMUN: Escuelas Municipalizadas.
- NUMPROF: Número de Profesores de la Escuela
- TAP: Tasa Alumno Profesor
- EDPA: Educación Parvularia
- EXPER: Años de servicio promedio de los profesores de la escuela
- ESH: Escuela sólo de hombres

- ESM: Escuela sólo de mujeres
- EMIX: Escuela mixta.

Cuadro A1. Estadísticas Descriptivas 4° Básico 1996 Nivel Nacional

Variable	Media	Desv. Std.	Skew.	Kurt.	Mínimo	Máximo	Casos
Y96	68.358	11.202	-.284	2.896	29.66	95.77	5230
EPPA	.80306E-01	.27179	3.088	10.538	.0000	1.000	5230
EPSU	.28317	.45058	.962	1.926	.0000	1.000	5230
EMUN	.63633	.48110	-.567	1.321	.0000	1.000	5230
NSEA	.65583E-01	.24758	3.509	13.315	.0000	1.000	5230
NSEB	.19273	.39448	1.558	3.427	.0000	1.000	5230
NSEC	.53155	.49905	-.126	1.016	.0000	1.000	5230
NSED	.21013	.40744	1.423	3.024	.0000	1.000	5230
EXPER	16.260	6.7307	.245	4.520	.3333	49.64	5230
TAP	21.868	7.3233	.582	4.205	2.167	63.23	5230
NUMPROF	20.325	17.496	1.930	11.111	1.000	194.0	5230
IGA	.39866	.48967	.414	1.171	.0000	1.000	5230
IGB	.10727	.30948	2.538	7.441	.0000	1.000	5230
IGC	.11644	.32079	2.391	6.718	.0000	1.000	5230
IGD	.28260	.45031	.966	1.932	.0000	1.000	5230
IGE	.95029E-01	.29328	2.762	8.626	.0000	1.000	5230
EDPA	.70057	.45805	-.876	1.767	.0000	1.000	5230
ESH	.13193E-01	.11411	8.532	73.796	.0000	1.000	5230
ESM	.28872E-01	.16746	5.627	32.659	.0000	1.000	5230
EMIX	.95373	.21009	-4.319	19.656	.0000	1.000	5230
MAT96	460.00	444.75	2.086	13.507	8.000	5814.	5230
URB	.62562	.48401	-.519	1.269	.0000	1.000	5230

Cuadro A2. Estadísticas Descriptivas 4° Básico 1996 Establecimientos Urbanos

Variable	Media	Desv. Std.	Skew.	Kurt.	Mínimo	Máximo	Casos
Y96	71.683	9.8779	-.126	2.552	40.99	95.77	3272
EPPA	.12683	.33284	2.242	6.028	.0000	1.000	3272
EPSU	.38325	.48625	.480	1.230	.0000	1.000	3272

EMUN	.48961	.49997	.042	1.001	.0000	1.000	3272
NSEA	.10330	.30440	2.606	7.793	.0000	1.000	3272
NSEB	.29982	.45825	.874	1.763	.0000	1.000	3272
NSEC	.58068	.49352	-.327	1.107	.0000	1.000	3272
NSED	.16198E-01	.12626	7.664	59.734	.0000	1.000	3272
EXPER	16.067	7.0674	.178	4.350	.5385	49.41	3272
TAP	23.042	7.7483	.393	4.108	2.167	63.23	3272
NUMPRO	28.236	17.229	2.152	13.204	1.000	194.0	3272
IGA	.61797	.48596	-.486	1.235	.0000	1.000	3272
IGB	.16290	.36933	1.825	4.332	.0000	1.000	3272
IGC	.16473	.37099	1.807	4.266	.0000	1.000	3272
IGD	.51345E-01	.22073	4.065	17.525	.0000	1.000	3272
IGE	.30562E-02	.55207E-01	18.003	*****	.0000	1.000	3272
EDPA	.88203	.32262	-2.368	6.608	.0000	1.000	3272
ESH	.20477E-01	.14165	6.771	46.842	.0000	1.000	3272
ESM	.45538E-01	.20851	4.359	20.001	.0000	1.000	3272
EMIX	.92848	.25772	-3.325	12.056	.0000	1.000	3272
MAT96	651.50	450.32	2.131	15.452	21.00	5814.	3272

Cuadro A3. Estadísticas Descriptivas 4º Básico 1996 Establecimientos Rurales

Variable	Media	Desv. Std.	Skew.	Kurt.	Mínimo	Máximo	Casos
Y96	62.364	10.972	-.247	2.832	29.66	93.04	1626
EPSU	.13522	.34206	2.133	5.548	.0000	1.000	1626
EMUN	.86478	.34206	-2.133	5.548	.0000	1.000	1626
NSEA	.61463E-03	.24792E-01	40.287	*****	.0000	1.000	1626
NSEB	.12293E-01	.11022	8.850	79.314	.0000	1.000	1626
NSEC	.46036	.49858	.159	1.025	.0000	1.000	1626
NSED	.52674	.49944	-.107	1.011	.0000	1.000	1626
VULNE96	81.319	19.442	-1.452	5.506	.0000	100.0	1626
ESH	.61463E-03	.24792E-01	40.287	*****	.0000	1.000	1626
ESM	.12293E-02	.35050E-01	28.461	*****	.0000	1.000	1626
EMIX	.99816	.42914E-01	-23.216	*****	.0000	1.000	1626
EXPER	16.645	6.0764	.479	4.819	.3333	49.64	1626
TAP	20.228	6.0236	.802	4.351	2.919	52.00	1626
NUMPROF	7.2919	6.5885	2.104	10.148	1.000	48.00	1626
MAT96	146.10	162.29	3.423	21.200	9.000	1762.	1626
IGA	.36878E-01	.18852	4.913	25.139	.0000	1.000	1626
IGB	.15980E-01	.12544	7.717	60.556	.0000	1.000	1626
IGC	.35034E-01	.18392	5.056	26.564	.0000	1.000	1626
IGD	.66441	.47234	-.696	1.484	.0000	1.000	1626
IGE	.24770	.43181	1.169	2.365	.0000	1.000	1626
DENPS	.23245	.15614	.730	3.071	.5400E-02	.6938	1626
DENMU	.74706	.16523	-.488	2.545	.3062	.9946	1626

Cuadro A4. Estadísticas Descriptivas 4° Básicos 1996 Nivel Nacional
(muestra utilizada en el modelo DEA)

VARIABLES	EMUN	EPSU	EPPA	URB	ESH	ESM	EMIX	EDPA	Y96	NSEA	NSEB	NSEC	NSED	MAT96	EXPER
Media	0.62	0.30	0.08	0.63	0.01	0.03	0.95	0.69	68.39	0.06	0.20	0.52	0.21	461.72	16.08
Error típico	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.25	0.01	0.01	0.01	0.01	9.95	0.15
Mediana	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	69.29	0.00	0.00	1.00	0.00	322.00	16.50
Moda	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	72.66	0.00	0.00	1.00	0.00	37.00	20.00
Desviación estándar	0.49	0.46	0.28	0.48	0.12	0.17	0.21	0.46	11.35	0.25	0.40	0.50	0.41	445.27	6.79
Varianza de la muestra	0.24	0.21	0.08	0.23	0.01	0.03	0.04	0.21	128.84	0.06	0.16	0.25	0.17	198264.09	46.08
Curtosis	-1.76	-1.21	7.03	-1.70	66.68	28.47	16.39	-1.30	-0.07	10.50	0.23	-1.99	0.02	10.08	1.24
Coefficiente de asimetría	-0.49	0.89	3.00	-0.55	8.28	5.52	-4.29	-0.84	-0.36	3.53	1.49	-0.10	1.42	2.09	0.17
Rango	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	65.27	1.00	1.00	1.00	1.00	4930.00	49.00
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.49	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	0.63
Máximo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	95.77	1.00	1.00	1.00	1.00	4939.00	49.64
Suma	1239	594	168	1264	28	60	1908	1387	136925	130	402	1049	421	924365	32186
Cuenta	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002
Nivel de confianza(95.000%)	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.50	0.01	0.02	0.02	0.02	19.50	0.30

	NUMPROF	VULNE96	TAP	IGA	IGB	IGC	IGD	IGE
Media	20.53	45.45	21.82	0.41	0.10	0.11	0.29	0.09
Error típico	0.40	0.76	0.16	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mediana	16.00	39.56	21.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Moda	2.00	0.00	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Desviación estándar	17.97	34.12	7.36	0.49	0.30	0.31	0.45	0.29
Varianza de la muestra	322.78	1164.39	54.12	0.24	0.09	0.10	0.20	0.08
Curtosis	10.26	-1.28	1.31	-1.87	5.04	4.24	-1.10	5.94
Coefficiente de asimetría	2.17	0.23	0.59	0.36	2.65	2.50	0.95	2.82
Rango	193.00	100.00	59.84	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mínimo	1.00	0.00	3.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Máximo	194.00	100.00	63.23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Suma	41095	90989	43674	822	202	220	573	185
Cuenta	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002
Nivel de confianza(95.000%)	0.79	1.49	0.32	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01

Cuadro A5. Modelo de Frontera Estocástica

Valores de los tests Wilcoxon-Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov

Modelo	Nacional		Urbano	
	W-M-W ²²	K-S ²³	W-M-W	K-S
EPSU-EMUN	-5.13	44.50	-2.37	11.66
EPPA-EPSU	-6.61	80.70	-5.86	61.27
EPPA-EMUN	-11.10	171.35	-8.52	90.81

Cuadro A6. Modelo DEA

Valores de los tests Wilcoxon-Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov

Modelo	Nacional		Urbano		Rural	
	W-M-W	K-S	W-M-W	K-S	W-M-W	K-S
EPSU-EMUN	-13.90	153.54	-9.37	69.37	-5.67	58.13
EPPA-EPSU	-3.38	22.97	-3.60	28.57	-	-
EPPA-EMUN	-12.03	147.27	-10.36	118.76	-	-

²² El test de W-M-W para muestras grandes utiliza valores críticos obtenidos de una $N(0,1)$.

²³ El test de K-S para muestras grandes utiliza valores críticos obtenidos de una χ^2_2 .

MODELO FRONTERA ESTOCASTICA

Gráfico A1. Matriz Eficiencia-Logro 4° Básicos 1996 Establecimientos Urbanos

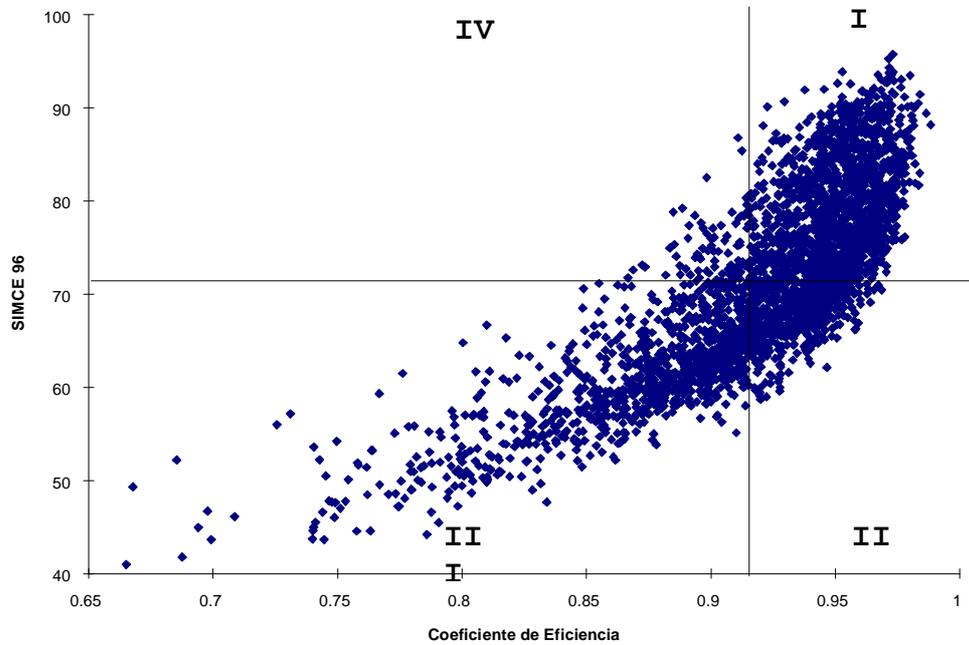
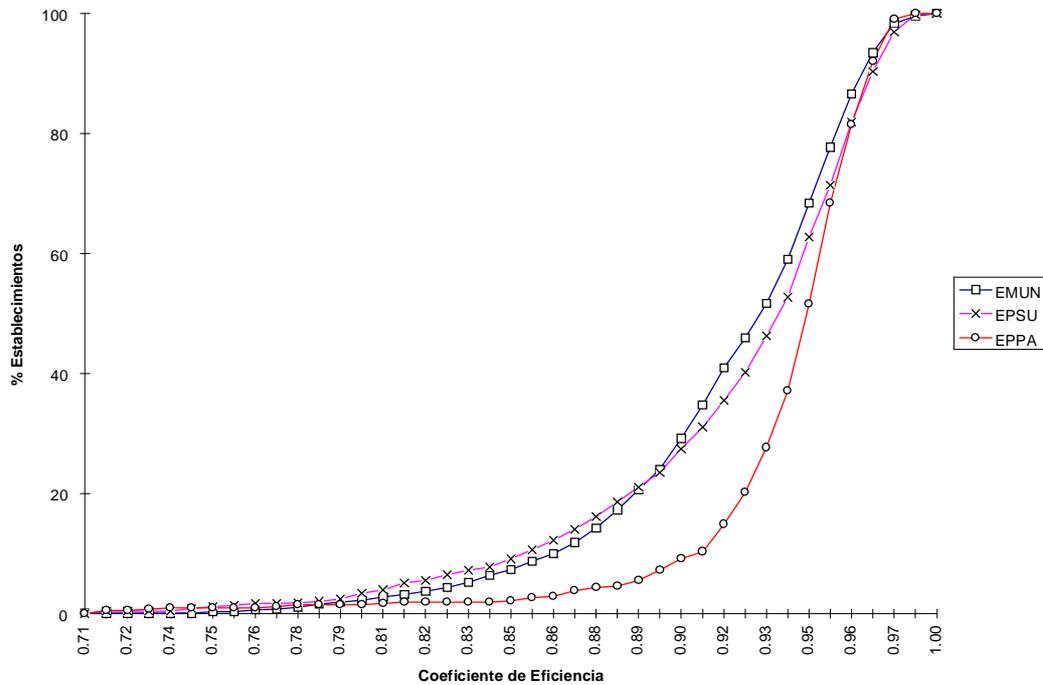


Gráfico A2. Eficiencia Acumulada por dependencia, 4° Básico 1996. Establecimientos Urbanos



MODELOS DEA

Gráfico A3. Matriz Eficiencia-Logro 4º Básicos 1996 Establecimientos Urbanos

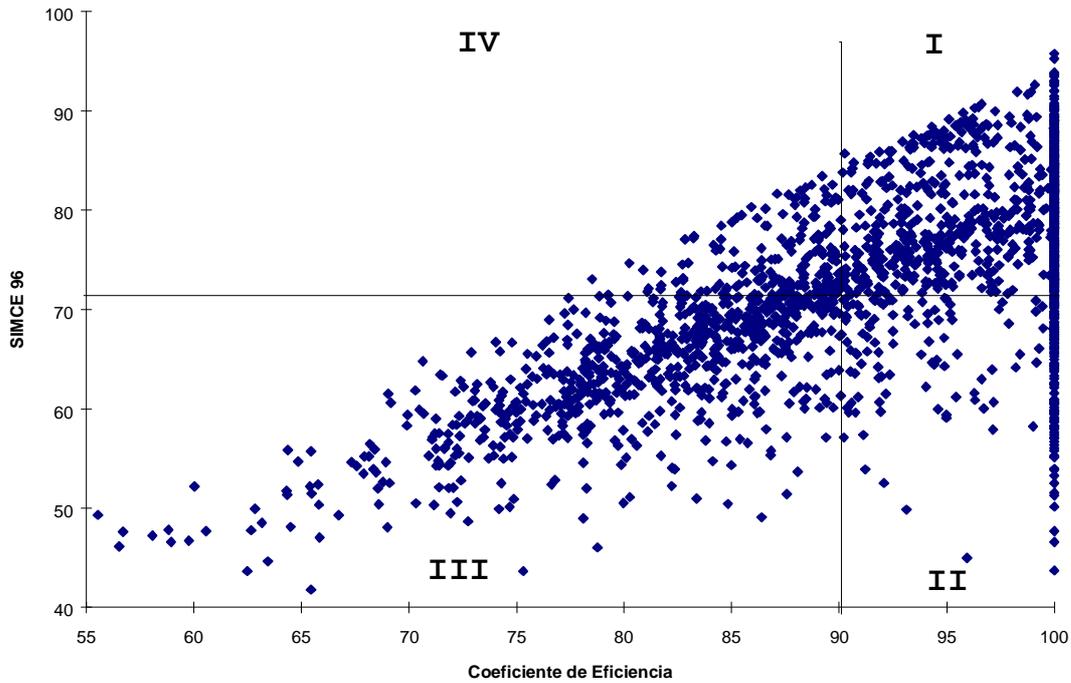


Gráfico A4. Eficiência Acumulada por dependência, 4º Básicos 1996 Establecimientos Urbanos

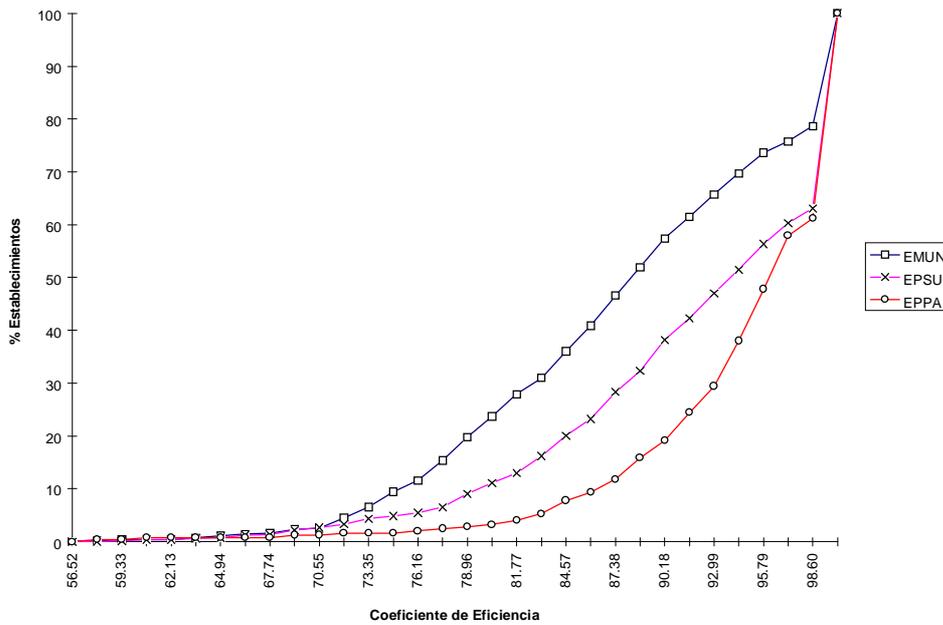


Gráfico A5. Matriz Eficiencia-Logro 4º Básicos 1996 Establecimientos Rurales

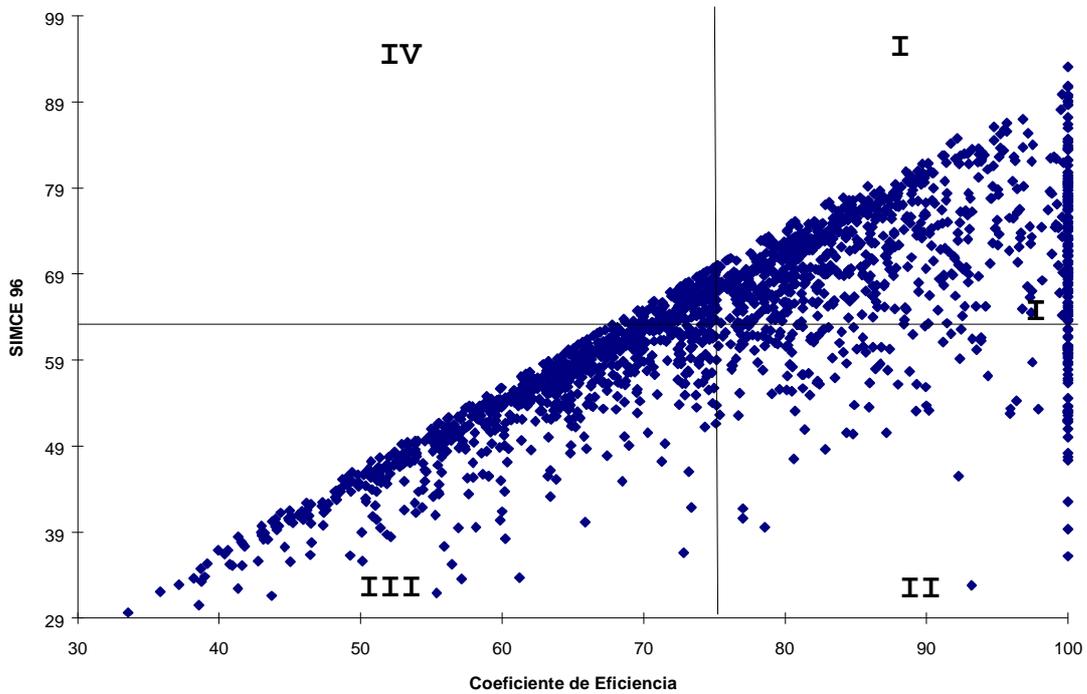


Gráfico A6. Eficiencia Acumulada por dependencia, 4º Básicos 1996 Establecimientos Rurales

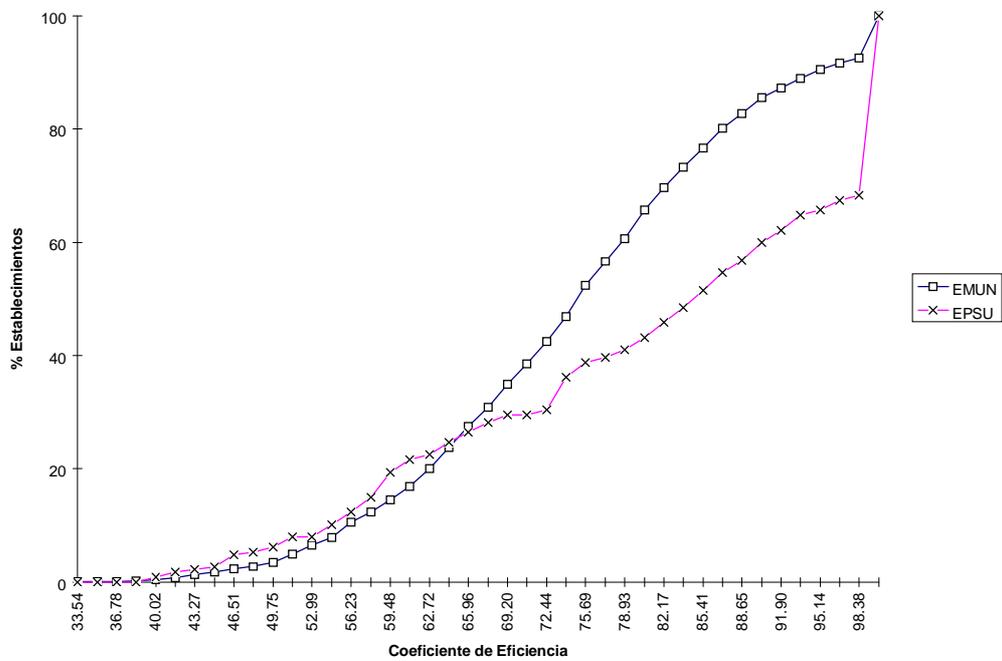


Gráfico A7. Eficiencia Acumulada por dependencia, 4º Básicos 1996 Establecimientos Rurales sin dependencia como variable de control.

