

Análisis de eficiencia de la educación en Colombia

Ana M. Iregui, Ligia Melo, Jorge Ramos*

Banco de la República, Colombia.

Recibido: agosto 2006 – Aprobado: agosto 2006

Resumen. En este documento se mide el impacto de diversos factores asociados con el colegio y con el entorno socioeconómico de los estudiantes en el rendimiento académico, y se estiman los niveles de eficiencia técnica de una muestra de 4.542 colegios públicos y privados en el 2002. El ejercicio se realiza a partir de una función de producción del sistema educativo, utilizando técnicas de frontera estocástica. Los resultados indican que las variables asociadas con la infraestructura de los colegios y con el entorno socioeconómico de los estudiantes tienen un impacto positivo y significativo en el logro académico. En términos de eficiencia, los resultados muestran que los colegios privados se podrían estar beneficiando de condiciones de entorno más favorables, si se tiene en cuenta que éstos, en promedio, atienden alumnos de mayores ingresos. No obstante, cuando se asumen entornos equivalentes, no existen grandes diferencias en las medidas de eficiencia entre colegios públicos y privados.

Palabras clave: análisis de eficiencia, frontera estocástica, Colombia, educación.

Clasificación JEL: D61, I21.

Abstract. This paper estimates the effect of school and student characteristics on academic performance. Using data for 2002, the paper applies stochastic frontier techniques to estimate the level of technical efficiency of a sample of 4,542 public and private schools. Our findings indicate that both school and student characteristics have a positive and significant effect on academic performance. It appears that private schools are more efficient due to a more favourable environment since, on average, they receive students from higher income families. However, assuming a similar environment, differences in efficiency levels between private and public schools tend to disappear.

Key words: efficiency, stochastic frontier analysis, Colombia, education.

JEL classification: D61, I21.

*Los resultados y opiniones son responsabilidad exclusiva de los autores y el contenido no compromete al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

E-mail: airegubo@banrep.gov.co, lmelobec@banrep.gov.co, jramosfo@banrep.gov.co.

1. Introducción

En la literatura internacional se ha tratado de evaluar el efecto de diversos factores en el rendimiento académico de los estudiantes, al igual que la eficiencia del sistema educativo. La mayoría de los estudios no han encontrado evidencia de una relación positiva y significativa entre los recursos¹ del sector y el logro académico de los estudiantes. En efecto, Hanushek (1989) y Hanushek, Rivkin y Taylor (1996), al revisar 377 documentos, encontraron que la relación entre los recursos y el desempeño de los estudiantes, para diferentes niveles de agregación (estatal, municipal, por colegio y por estudiante), no es significativa en la mayoría de los casos.

Algunos estudios han utilizado funciones de producción para evaluar el impacto en el rendimiento académico de insumos asociados con los hogares y a la escuela.² Dentro del primer tipo de insumos se tiene en cuenta la educación de los padres y su salario, y entre los segundos, el gasto por alumno, la relación alumno-docente y la experiencia de los docentes y su salario. Por ejemplo, Heinesen y Graversen (2005) estudian para Dinamarca el impacto de los insumos escolares en primaria y básica secundaria, sobre la probabilidad de que un estudiante continúe sus estudios después de la secundaria. Para esto utilizaron modelos *logit* y de probabilidad lineales. Los autores encontraron que los antecedentes familiares, los indicadores socioeconómicos de los municipios y el gasto por alumno son significativos. Adicionalmente, que los efectos del gasto son más altos para los estudiantes en condiciones socioeconómicas menos favorables.

Por otro lado, Todd y Wolpin (2004) evaluaron el impacto de diferentes variables en el logro académico de los estudiantes en Estados Unidos,³ considerando especificaciones alternativas de funciones de producción, para lo cual utilizaron insumos observables y no observables (la capacidad innata de alumno). Los autores encontraron que los insumos de los hogares son altamente significativos para explicar el logro académico de los estudiantes. Por el contrario, hallaron que los insumos de la escuela (relación alumno-docente y salario de los profesores) sólo son significativos en las especificaciones que no permiten efectos fijos.

Para Colombia, durante los últimos años se han realizado diferentes tipos de estudios con el fin de identificar los determinantes de la calidad y la eficiencia del sistema educativo. Por ejemplo, Piñeros y Rodríguez (1998) estudiaron los factores individuales y escolares que determinan el rendimiento académico de los estudiantes de secundaria para 1997, para lo cual usaron la técnica de

¹ *Recursos* hace referencia a gasto por estudiante o a relaciones alumno-docente, dependiendo del tipo de estudio.

² Otros estudios miden la eficiencia de la educación utilizando funciones de costos. Véase, por ejemplo, Ray y Mukherjee (1998); Koshal, Koshal y Gupta (2001); e Izadi, Johnes, Oskrochi y Crouchley (2002).

³ En el estudio se utilizan las pruebas *The Peabody Individual Achievement Test in mathematics* (PIAT-M) y *The Peabody Individual Achievement Test in reading recognition* (PIAT-R).

análisis multinivel.⁴ En relación con los factores individuales del estudiante, los autores encontraron que el nivel socioeconómico tiene efectos positivos en el rendimiento académico, mientras que el tiempo de desplazamiento hacia la escuela tiene un efecto inverso en el rendimiento.

Posteriormente, Gaviria y Barrientos (2001) estudiaron los determinantes de la calidad de la educación en Bogotá para 1999, analizando el efecto del entorno familiar en el rendimiento académico, el impacto de las características del plantel sobre la calidad y el efecto del gasto público en la calidad relativa de los planteles oficiales respecto a los privados. Para este análisis los autores utilizaron mínimos cuadrados ordinarios y concluyeron que: (i) la educación de los padres afecta el rendimiento académico de manera significativa; (ii) en el caso de los planteles privados, la educación promedio de los profesores y el número de docentes por alumno están asociados positivamente con la calidad, y (iii) a pesar del aumento considerable del gasto público en educación, la diferencia entre los planteles públicos y privados ha permanecido prácticamente constante. Teniendo en cuenta este hecho, los autores afirman que el problema de la calidad de la educación pública es más de estructura organizacional y de incentivos que de recursos.

Adicionalmente, Núñez, Steiner, Cadena y Pardo (2002), con información de las pruebas del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES) de 1999, determinaron las diferencias entre alumnos de colegios públicos y privados. Los autores encontraron que, después de controlar por las características de los individuos, de los hogares, de la infraestructura del colegio y el nivel educativo de los docentes, los alumnos de los colegios privados obtienen mejores resultados, especialmente aquellos de los niveles de ingresos medios y altos. En el caso de los estratos más bajos, hallaron que los colegios públicos son relativamente más eficientes.

Por otro lado, Barrera y Gaviria (2003) estudiaron la eficiencia de las escuelas colombianas para 1999, utilizando la metodología de análisis envolvente de datos (DEA, por su sigla en inglés), y encontraron que los planteles públicos son menos eficientes que los privados, en términos de los resultados de las pruebas.

Por último, Mina (2004) analizó cuáles son las variables que inciden en la calidad de la educación en los municipios, para lo cual usó un panel de 897 municipios durante el período 1996-1999. El autor encontró que el gasto por niño tiene un efecto positivo y significativo en el rendimiento, mientras que la pobreza y la desigualdad lo afectan negativamente.

Teniendo en cuenta la relevancia de los análisis de eficiencia para el sector educativo, en este documento se mide el impacto de diversos factores asociados con el colegio y con el entorno socioeconómico de los estudiantes en el rendimiento académico y se calculan las medidas de eficiencia técnica de una muestra de 4.542 colegios públicos y privados de Colombia.

⁴Esta técnica permite descomponer la varianza de la variable dependiente, según los niveles en que ésta se encuentre agrupada.

Con este fin, se estima una función de producción del sistema educativo, utilizando técnicas de frontera estocástica, para el 2002. Estas técnicas se han utilizado para medir la eficiencia de producción o de asignación de recursos en diferentes unidades productivas y distintas áreas económicas, estimando las desviaciones de una frontera ideal de producción o de costos. Las desviaciones de la frontera pueden estar originadas en eventos que dependen del control de las unidades de producción o en eventos que están por fuera de ellas. Una ventaja de este tipo de análisis (frontera estocástica) frente a las técnicas econométricas tradicionales es que permite calcular medidas específicas de eficiencia para cada establecimiento educativo.

Los resultados indican que las variables asociadas con la infraestructura de los colegios tienen un impacto positivo y significativo en el logro académico. Por su parte, las variables de entorno socioeconómico inciden significativamente en el rendimiento de los estudiantes y en la eficiencia de los establecimientos educativos. Adicionalmente, los resultados muestran que los colegios privados se podrían estar beneficiando de condiciones de entorno más favorables, teniendo en cuenta que éstos, en promedio, atienden alumnos de mayores ingresos. En efecto, cuando se comparan los niveles de eficiencia entre colegios públicos y privados, en promedio, no existen grandes diferencias cuando se asumen entornos equivalentes.

El documento contiene cuatro secciones adicionales a esta introducción. En la primera se presenta el concepto de eficiencia y se describe la metodología de estimación. En la segunda sección se describe el modelo utilizado y las variables empleadas. En la tercera se presentan y analizan los resultados. En la última sección se incluyen algunos comentarios finales al documento.

2. Conceptos de eficiencia y descripción del modelo econométrico

En la teoría económica, tradicionalmente, se identifican dos tipos de eficiencia: la técnica y la de asignación de recursos. La primera, en la cual se concentra este estudio, se define como la habilidad de obtener el máximo producto dado un vector de insumos y una tecnología o, lo que es igual, la habilidad de minimizar el uso de los insumos para obtener un determinado nivel de producción. Por su parte, la eficiencia de asignación se define como la habilidad de combinar insumos y productos en proporciones óptimas a la luz de los precios prevalecientes, para minimizar los costos de producción.

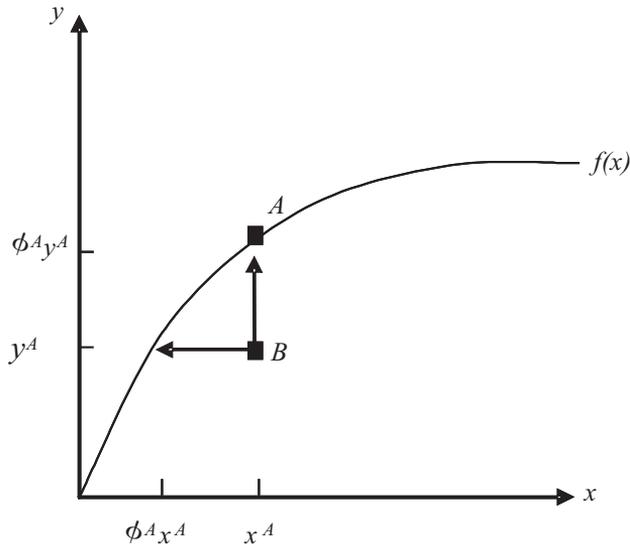
En los modelos de frontera, la eficiencia se mide como la distancia entre una observación y el valor “óptimo” que predice un modelo teórico. Estos modelos utilizan las funciones de producción o de costos para estimar las medidas de eficiencia. Con base en las funciones de producción se puede estimar la eficiencia técnica, que surge de la distancia entre la producción observada y el límite de la frontera que representa el máximo producto que se puede obtener con un vector dado de insumos. En particular, la eficiencia técnica se puede obtener a partir de una frontera de posibilidades de producción. En el caso más sencillo,

en el cual sólo existe un insumo (x) y un producto (y), esta se representa así:

$$ET_0(x, y) = [\max\{\phi : \phi y \leq f(x)\}]^{-1} \quad (1)$$

Gráficamente, la eficiencia técnica se representa de la siguiente manera (Figura 1):

Figura 1. Medición de la eficiencia técnica en una función de producción



Fuente: Kumbhakar y Lovell (2000).

En general, las unidades de producción localizadas en la frontera, como el punto A de la Figura 1, son eficientes; en tanto que las unidades productivas localizadas fuera de ella, como en el punto B , registran algún grado de ineficiencia, y en esa medida podrían incrementar su producto hasta la frontera. Formalmente, un productor que usa x^A para obtener y^A es técnicamente ineficiente, dado que está operando por debajo de $f(x)$.

Es importante tener en cuenta que para medir la eficiencia existen dos métodos: el de programación matemática, conocido como DEA, y el enfoque estocástico. En este trabajo se utiliza el segundo método, cuya ventaja frente al primer método consiste en que permite separar los efectos del ruido estadístico de la ineficiencia. Tomando en consideración lo descrito, las técnicas de frontera estocástica constituyen una herramienta útil para realizar el análisis empírico sobre la eficiencia técnica de alguna actividad o sector.

Estas técnicas permiten estimar las medidas de eficiencia, teniendo en cuenta que choques aleatorios, fuera del control de las unidades de producción, pueden afectar el producto. En este sentido, la principal diferencia con el análisis de regresión tradicional es que el término de error de los modelos de frontera

estocástica tiene dos componentes: el ruido aleatorio y la medida de ineficiencia. Así, la estructura básica del modelo de frontera de producción está dada por la siguiente ecuación:

$$y = \alpha + \beta'x + v - u \quad (2)$$

Como se observa en la ecuación (2), el término de error se puede separar entre v y u , donde v representa una variable aleatoria, normalmente distribuida con media cero, que captura el ruido estocástico asumiendo que las desviaciones de la frontera no pueden estar totalmente bajo el control del productor, y u es una variable que mide la ineficiencia y sólo toma valores no negativos. De este modo, si una unidad de producción es completamente eficiente, $u = 0$ y la distancia a la frontera será completamente aleatoria.⁵

Uno de los principales supuestos detrás del análisis de frontera y de las medidas de eficiencia técnica que de allí se derivan es que todas las unidades productoras enfrentan condiciones ambientales similares. No obstante, en la práctica existen una serie de factores de entorno (z), como la geografía, las regulaciones institucionales, la estructura de mercado, el contexto socioeconómico, entre otros, que pueden afectar el desempeño de las unidades productivas.

En la literatura sobre el tema se han considerado dos alternativas para tratar este tipo de variables cuando se estiman funciones de producción. La primera alternativa (Alternativa 1) asume que los factores ambientales afectan directamente la forma de la tecnología y, por lo tanto, se incluyen directamente como regresores en la función. En este caso, la frontera de producción que se va a estimar es:

$$y = \alpha + \beta'x + \theta z + v - u \quad (3)$$

Las medidas de eficiencia técnica que se obtienen en este caso son netas de la influencia del entorno, por lo cual se puede predecir el desempeño de las unidades productivas asumiendo que operan en entornos equivalentes.

La segunda alternativa (Alternativa 2) asume que las condiciones ambientales afectan directamente la eficiencia técnica de las unidades productoras. Se asume que todas las unidades productoras comparten la misma tecnología, representada por la frontera de producción de la ecuación (2), y que los factores de entorno tienen influencia sólo en la distancia que separa a cada firma de la frontera.

En nuestro caso, se utiliza la aproximación propuesta por Battese y Coelli (1995), la cual es similar a la ecuación (2), con la diferencia de que el término de eficiencia es una función explícita de un vector de las características de entorno z ; se especifica que los u son independientemente (pero no idénticamente) distribuidos como *truncaciones* no negativas de una distribución normal de la

⁵Para mayores detalles sobre la aplicación de la técnica, véase Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt (1982); Battese y Coelli (1988); Greene (1993), y Kumbhakar y Lovell (2000).

forma:⁶

$$N \left[\delta_0 + \sum_{j=1}^M \delta_j z_{j,i} \sigma^2 \right] \quad (4)$$

donde δ_0 y δ_j son los parámetros que van a ser estimados.

Contrario a la Alternativa 1, en este caso las medidas de eficiencia son brutas, en cuanto incluyen la influencia de los factores ambientales. Vale la pena anotar que las diferencias entre las medidas de eficiencia bruta y neta de cada unidad pueden ser vistas como la contribución de los factores ambientales a la ineficiencia de las unidades de producción.

3. Modelo que va a ser estimado y descripción de las variables

Con el fin de determinar el impacto sobre el rendimiento académico de variables asociadas con el plantel y con el entorno socioeconómico de los estudiantes, se utiliza una función de producción estándar $Y = f(X, Z)$, donde z (variables de entorno) será tratada bajo las dos alternativas explicadas.

Es importante tener en cuenta que la medición del producto del sistema educativo es compleja, por cuanto la provisión del servicio, contrario a otras actividades que producen bienes homogéneos, “transforma cantidades fijas de insumos en individuos con diferentes calidades” (Hanushek, 1986, p. 1150). Tomando en consideración esta característica, la mayoría de estudios sobre los resultados del sector educativo se han concentrado en las diferencias de calidad, las cuales comúnmente se miden a través de pruebas de logro.⁷

Vale la pena señalar que en la literatura se han usado otras variables como medida del producto educativo, como la aptitud de los estudiantes y las tasas de asistencia y de deserción escolar. No obstante, como lo señala Hanushek (1986 y 2002), es importante mencionar que algunas personas simplemente rechazan esta línea de investigación, porque consideran que “el producto educativo no puede ser adecuadamente cuantificado”.

Para la estimación se utiliza una función de producción Cobb-Douglas, en la cual se consideran 4.542 observaciones (establecimientos educativos) para el 2002.⁸ Esta muestra se obtuvo al cruzar la información de los formularios C100 y C600 con los resultados del ICFES para aquellos establecimientos que

⁶Algunos trabajos previos que consideraban que el entorno afectaba la eficiencia realizaron estimaciones en dos etapas. En la primera, etapa estimaron una función de producción estocástica básica y sus medidas de eficiencia. En la segunda etapa estimaron una regresión de las medidas de eficiencia con respecto a los factores de entorno. Sin embargo, este método es inconsistente, ya que como lo anotan Battese y Coelli (1995), la frontera de producción estocástica estimada en la primera etapa asume que los efectos de la ineficiencia (termino de error) son distribuidos en forma idéntica, mientras que la eficiencia técnica utilizada en la segunda etapa supone que los efectos de la ineficiencia no son idénticamente distribuidos.

⁷Para una discusión detallada de la conveniencia del uso de las pruebas de logro como una medida del producto educativo, véase Hanushek (1986).

⁸Es importar anotar que estas funciones restringen la elasticidad de sustitución a 1.

presentaron la prueba de Estado en dicho año.⁹ Bajo la Alternativa 1 el modelo que se va a estimar es el siguiente:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^k \beta_k \ln X_{k,i} + \sum_{j=1}^M \theta_j \ln Z_{j,i} + v_i - u_i \quad (5)$$

Para la estimación bajo la Alternativa 2 se utiliza la aproximación de Battese y Coelli (1995), ya explicada, así:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^k \beta_k \ln X_{k,i} + v_i - u_i, \quad u_i \sim N \left[\delta_0 + \sum_{j=1}^M \delta_j z_{j,i} \sigma^2 \right] \quad (6)$$

Donde v_i es el ruido aleatorio, el cual se asume iid $N(0, \sigma_v^2)$, distribuido independientemente de u_i , que representa la distancia de cada colegio respecto a la frontera de producción, debido a la ineficiencia técnica.

Y_i representa el logro promedio del plantel i , medido como la categoría de clasificación del establecimiento, reportada por el ICFES para aquellos alumnos que presentaron la prueba de Estado en el 2002. Esta institución clasifica los colegios en siete categorías: muy superior, superior, alta, media, baja, inferior y muy inferior, y para esto toma en cuenta el promedio del puntaje de los estudiantes, la varianza de los resultados y el número de estudiantes que presentó el examen en cada establecimiento.

$X_{k,i}$ representa el vector de insumos de cada establecimiento educativo i , el cual incluye k variables del personal docente y de la infraestructura de cada colegio. Dentro de las variables relacionadas con el personal docente se consideraron la relación alumno-docente promedio de cada establecimiento y el nivel de educación de los maestros, medido como el porcentaje de profesores con educación primaria, secundaria, técnica, universitaria pedagógica y no pedagógica y de posgrado.

Para la estimación, estas categorías se clasificaron en tres grupos: (i) docentes sin formación universitaria; (ii) docentes con formación universitaria y (iii) docentes con posgrado. En cuanto a la infraestructura, se consideró la existencia de laboratorios de química, física, ciencias e idiomas, la biblioteca, canchas deportivas múltiples y exclusivas, piscina y número de inodoros por alumno. Esta información fue tomada de los formularios C100 y C600. En este punto, es importante mencionar que, dada la información disponible, la estimación no considera las diferencias en la calidad de los insumos que podría existir en la infraestructura de los colegios.

⁹Por medio de estos formularios, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) recoge información censal anual por sector, zona, entidad territorial y calendario escolar, para producir las estadísticas educativas del país para los niveles de preescolar, básica (primaria y secundaria) y media. Con el formulario C100 se recolecta información sobre la infraestructura y la dotación de los establecimientos de educación formal. Por su parte, en el formulario C600 se realiza el registro de establecimientos, alumnos y docentes de cada institución.

$Z_{j,i}$ es el vector de variables de entorno, que incluye factores que no afectan directamente la función de producción del plantel, pero que sí pueden tener algún impacto sobre el desempeño de los colegios. Teniendo en cuenta la información disponible, dentro de estas variables se incluyeron:

- El ingreso medio de los hogares de los estudiantes de cada establecimiento, medido de la siguiente manera: en el formulario de inscripción del ICFES cada estudiante reporta el nivel de ingreso de su hogar, para lo cual escoge uno de diez rangos de ingreso.¹⁰ Para determinar el nivel de ingreso de cada plantel, se tomó la mediana del ingreso de los estudiantes que presentaron el examen del ICFES en el año 2002.
- La propiedad jurídica del plantel, público o privado.
- La zona de ubicación del plantel, rural o urbana.
- La modalidad del colegio, es decir, si es académico o no.
- La jornada, si es completa, mañana, tarde o nocturna.
- Si el colegio organiza talleres de padres. Estas variables se obtuvieron del formulario C600.

En las tablas 1 y 2 se presentan las principales estadísticas de las variables utilizadas en los modelos, tanto para el total de la muestra como para los colegios públicos y privados. De esta información se puede destacar que del total de colegios de la muestra, el 64 % es público y el 84 % está localizado en la zona urbana. El 73 % de los colegios ofrece bachillerato académico y alrededor del 50 % de los establecimientos, tanto públicos como privados, funciona en la jornada de la mañana. La relación alumno-docente promedio es superior en los colegios públicos. En cuanto a la educación de los docentes, tanto en colegios públicos como en privados, la mayoría tiene formación universitaria; se encuentra, también, que en promedio los colegios oficiales tienen más docentes con títulos de posgrado, lo cual puede obedecer al esquema de incentivos del escalafón de 1979 (Decreto 2277) y al hecho de que dentro del sistema educativo privado existe una gran heterogeneidad en la formación de los maestros y en la calidad de los colegios. Con respecto a los laboratorios, en promedio, el 40 % de los establecimientos educativos posee laboratorios de química, física e integrados, mientras que el 27 % tiene laboratorio de ciencias y el 21 % de idiomas. Adicionalmente, más del 90 % de los establecimientos de la muestra posee biblioteca.

Con relación a la categoría de los colegios, de acuerdo con los resultados del ICFES, se puede destacar que la mayoría de los establecimientos de la

¹⁰Estos rangos son: (i) menos de un salario mínimo; (ii) entre uno y dos salarios mínimos; (iii) entre dos y tres salarios mínimos; (iv) entre tres y cinco salarios mínimos; (v) entre cinco y siete salarios mínimos; (vi) entre siete y nueve salarios mínimos; (vii) entre nueve y once salarios mínimos; (viii) entre once y trece salarios mínimos; (ix) entre trece y quince salarios mínimos, y (x) más de quince salarios mínimos.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas

Variables	Colegios públicos	Colegios privados	Total
Relación alumno-docente	23	18	21
Relación alumno-inodoro	18	10	14
Profesores sin educación universitaria	11,8%	26,9%	17,3%
Profesores con educación universitaria	51,1%	63,0%	55,4%
Profesores con posgrado	37,0%	10,2%	27,3%
Laboratorio química	46,2%	36,5%	42,6%
Laboratorio física	44,7%	35,0%	41,1%
Laboratorio ciencias	25,6%	29,9%	27,2%
Laboratorio integrado	37,0%	46,4%	40,4%
Laboratorio idiomas	23,7%	17,1%	21,3%
Biblioteca	89,7%	94,4%	91,4%
Cancha deportiva múltiple	70,1%	58,9%	66,0%
Canchas exclusivas	30,0%	31,8%	30,7%
Piscina	3,0%	9,0%	5,2%
Taller de padres	42,4%	65,7%	50,9%
Número de observaciones	2.886	1.658	4.542

Fuente: cálculos de los autores con base en el ICES y los formularios C600 y C100.

muestra (67%) se ubica en las categorías media y baja. Al desagregar por tipo de planteles, se observa que el 55,3% de los privados y el 74,4% de los oficiales se ubican en estas dos categorías. Por su parte, en las categorías alto, superior y muy superior se encuentra el 36,5% de los colegios privados de la muestra y sólo el 11,9% de los oficiales. Con respecto a la variable de ingreso, se puede destacar que para el 77% de los establecimientos, el ingreso de la mayoría de los hogares de los estudiantes es inferior a dos salarios mínimos. Por último, vale la pena señalar que el ingreso de los hogares es, en promedio, más alto en los colegios privados, aunque se observa una mayor dispersión en la variable que en los establecimientos públicos.

4. Resultados

Para medir el impacto que algunas variables asociadas con el plantel y con el entorno socioeconómico tienen sobre el rendimiento académico de los estudiantes y para calcular los índices de eficiencia de los 4.542 establecimientos de la muestra, se estimó una función de producción Cobb-Douglas mediante

Tabla 2. Colegios por categorías del ICFES, rangos de ingreso, zona, modalidad y jornada

Variables	Colegios privados	Colegios públicos	Total colegios
Categoría ICFES			
Muy inferior	2	2	4
Inferior	134	393	527
Bajo	479	1.197	1.676
Medio	437	949	1.386
Alto	294	285	579
Superior	227	54	281
Muy superior	84	5	89
Total	1.657	2.885	4.542
Rangos de ingreso			
Menos de 1 SM	77	904	981
1 y 2 SM	738	1.767	2.505
2 y 3 SM	397	170	567
3 y 5 SM	221	38	259
5 y 7 SM	90	6	96
7 y 9 SM	44	0	44
9 y 11 SM	34	0	34
11 y 13 SM	23	0	23
13 y 15 SM	17	0	17
Más de 15 SM	16	0	16
Total	1.657	2.885	4.542
Zona			
Urbana	105	615	720
Rural	1.552	2.270	3.822
Total	1.657	2.885	4.542
Modalidad			
Académica	1.299	2.017	3.316
Otras	358	868	1.226
Total	1.657	2.885	4.542
Jornada			
Completa	490	423	913
Mañana	820	1.423	2.243
Otras	347	1.039	1.386
Total	1.657	2.885	4.542

SM: salario mínimo.

Fuente: cálculos de los autores con base en el ICFES y en el formulario C600.

la técnica de frontera estocástica. Teniendo en cuenta que factores fuera del control de los colegios –como las condiciones de ingreso de las familias– pueden afectar el desempeño de los establecimientos educativos, se calcularon dos modelos alternativos respecto al manejo de las variables ambientales o de entorno. El primero supone que los factores ambientales afectan la tecnología de producción y, por lo tanto, se incluyen directamente en la función como regresores (Alternativa 1); entre tanto, el segundo supone que dichas variables afectan directamente la eficiencia técnica de los colegios (Alternativa 2).¹¹

La Tabla 3 presenta los resultados de los cálculos de estos modelos para el total de la muestra. En general, los coeficientes tienen los signos esperados. En el caso de las variables asociadas con la infraestructura de los colegios, como la existencia de laboratorios, biblioteca y canchas deportivas, se observa que tienen un impacto positivo y estadísticamente significativo. También se encuentra que la relación alumno-docente es positiva y significativa en las dos alternativas.¹² La formación de los maestros tiene un impacto negativo sobre el rendimiento de los estudiantes, en todos los modelos, cuando éstos no tienen educación universitaria. Por el contrario, cuando los docentes tienen títulos de posgrado, el impacto sobre el rendimiento es positivo y significativo, en ambas alternativas.

Con respecto a las variables ambientales, se encuentra que éstas tienen los signos esperados en las dos estimaciones.¹³ En particular, el ingreso medio de los hogares, la ubicación del colegio en zona urbana, los colegios que ofrecen bachillerato académico, la jornada de funcionamiento del plantel (completa o mañana) y la existencia de taller de padres tienen un impacto positivo y significativo sobre el logro y la eficiencia de los establecimientos educativos. Cuando se analiza la variable que mide la propiedad jurídica del plantel (público=1, privado=0), se observa que los establecimientos oficiales registran, en promedio, un menor logro académico.

En la Tabla 3 también se presentan las varianzas de los dos componentes del término de error (σ_v y σ_u). En la Alternativa 1, la varianza del término de error es 0,1552 y la del término de ineficiencia es 0,2968, que indica que la varianza total es explicada en un 65,7% por el término de ineficiencia y en un 34,3% por el término aleatorio. En la Alternativa 2, el coeficiente gamma (γ), que corresponde a la participación estimada del término de ineficiencia en la varianza del error compuesto, es igual a 90%.

La diferencia entre las dos alternativas, en la participación del término de ineficiencia en la varianza total, obedece a la forma en que las variables ambientales son incluidas en los modelos. Como se explicó en la sección anterior, la Alternativa 1 genera una medida de ineficiencia técnica neta de las influen-

¹¹Los modelos fueron estimados utilizando FRONTIER Versión 4.1. La Alternativa 1 también se estimó en STATA versión 8.2.

¹²Al estimar los modelos individualmente para colegios públicos y privados se encuentra que en los primeros esta relación no es significativa en ninguna alternativa, mientras que en los privados es positiva y significativa.

¹³Estas variables presentan signos contrarios en las alternativas 1 y 2, debido a la forma en que se estima la Alternativa 2 [ecuación(6)].

Tabla 3. Colegios por categorías del ICFES, rangos de ingreso, zona, modalidad y jornada

Variables	Alternativa 1		Alternativa 2	
Intercepto	1,0768	(0,0231)	1,7416	(0,0232)
Relación alumno-docente	0,0018	(0,0005)	0,0015	(0,0005)
% prof. educación < universitaria	-0,0009	(0,0002)	-0,0009	(0,0002)
% prof. educación posgrado	0,0014	(0,0002)	0,0015	(0,0002)
Laboratorio química	0,0303	(0,0160)	0,0148	(0,0175)
Laboratorio física	0,0495	(0,0160)	0,0604	(0,0172)
Laboratorio ciencias	0,0341	(0,0088)	0,0309	(0,0097)
Laboratorio integrado	0,0412	(0,0088)	0,0357	(0,0097)
Laboratorio idiomas	0,0458	(0,0087)	0,0353	(0,0092)
Biblioteca	0,0331	(0,0125)	0,0327	(0,0146)
Cancha deportiva múltiple	0,0396	(0,0074)	0,0354	(0,0083)
Canchas exclusivas	0,0322	(0,0078)	0,0248	(0,0084)
Inodoros/alumno	-0,0173	(0,0137)	-0,0198	(0,0158)
Piscina	0,0264	(0,0157)	0,0143	(0,0150)
Constante 0δ			0,9578	(0,0238)
Mediana ingreso hogar	0,0986	(0,0036)	-0,1497	(0,0059)
Sector	-0,0694	(0,0102)	0,0458	(0,0120)
Zona	0,0523	(0,0102)	-0,0462	(0,0130)
Modalidad: académico	0,0309	(0,0079)	-0,0277	(0,0087)
Jornada completa	0,1340	(0,0109)	-0,1808	(0,0133)
Jornada mañana	0,0847	(0,0081)	-0,0992	(0,0094)
Taller de padres	0,0227	(0,0072)	-0,0310	(0,0080)
σ_v	0,1552	(0,0053)		
σ_u	0,2968	(0,0095)		
σ^2	0,1122	(0,0044)	0,0585	(0,0014)
γ			0,8997	(0,0266)

Nota: el valor entre paréntesis corresponde a la desviación estándar.

cias del entorno, mientras la Alternativa 2 produce medidas de ineficiencia brutas del entorno.¹⁴

En la Tabla 4 se presentan los promedios y las desviaciones estándar de las medidas de eficiencia netas estimadas con el modelo de la Alternativa 1, así como las medidas de eficiencia brutas estimadas con el modelo de la Alternativa 2. Estos indicadores fueron calculados para el total de la muestra, por propiedad jurídica de los planteles y por el nivel promedio de ingreso de los hogares.

Para el total de la muestra, se observa que la eficiencia técnica, en promedio, alcanza el 80 % bajo la Alternativa 1, y el 54 % bajo la Alternativa 2, lo cual indica que existe un margen para obtener ganancias de eficiencia en ambas

¹⁴Para mayores detalles sobre estas medidas, véase Coelli, Perelman y Romano (1999).

Tabla 4. Eficiencia técnica

Eficiencia técnica	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Toda la muestra	0,8011	0,1008	0,5394	0,1515
Por sector				
Privado	0,8025	0,0998	0,6269	0,1711
Público	0,8004	0,1014	0,4891	0,1112
Por nivel de ingreso				
Menos de 1 SM	0,7919	0,1011	0,4445	0,0932
Entre 1 y 2 SM	0,7991	0,1017	0,5094	0,1098
Entre 2 y 3 SM	0,8152	0,1017	0,6225	0,1382
Entre 3 y 5 SM	0,8245	0,0891	0,7172	0,1361
Entre 5 y 7 SM	0,8455	0,0727	0,8271	0,1119
Entre 7 y 9 SM	0,8357	0,0607	0,8810	0,0855
Entre 9 y 11 SM	0,7948	0,0566	0,8912	0,0707
Entre 11 y 13 SM	0,7408	0,0858	0,8863	0,0937
Entre 13 y 15 SM	0,7259	0,0533	0,9378	0,0339
Más de 15 SM	0,6218	0,0743	0,8871	0,0902

SM: salario mínimo.

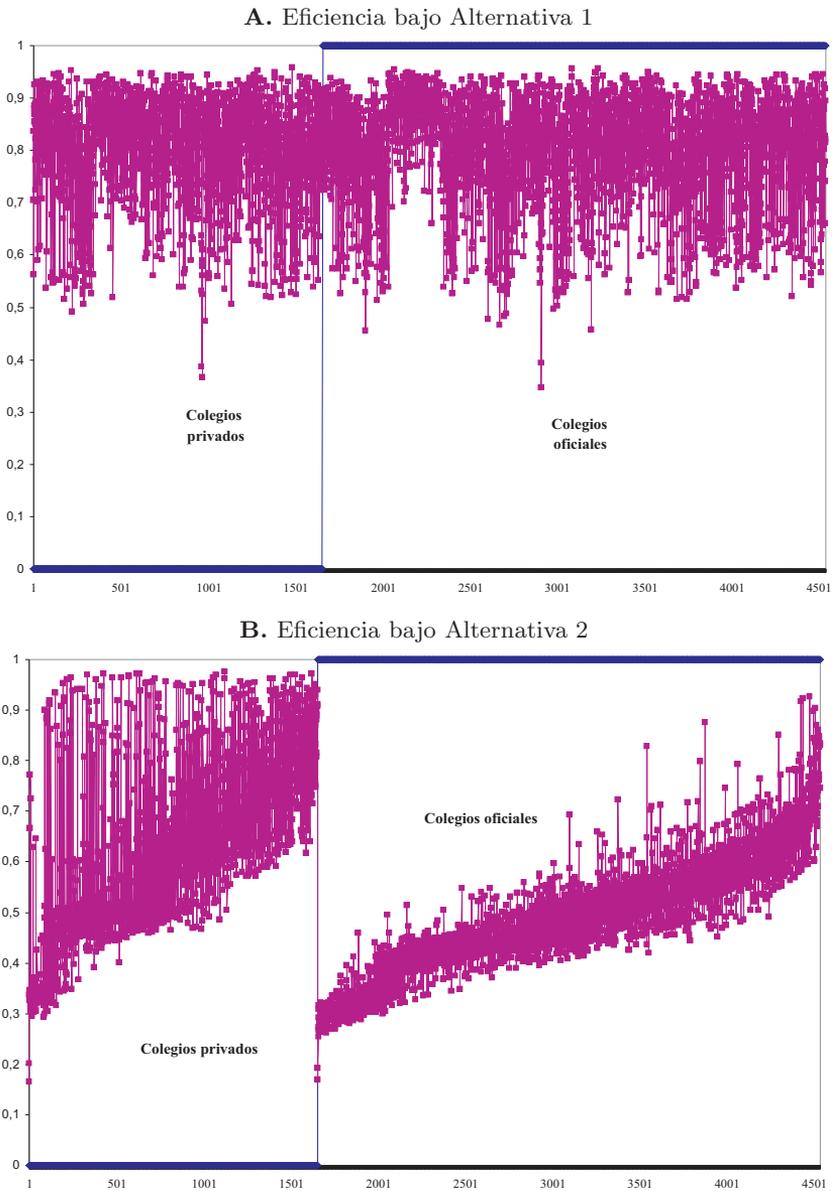
alternativas. La diferencia entre los dos niveles de eficiencia puede ser vista como la contribución de los factores de entorno a la ineficiencia de los colegios. Los resultados de estos modelos indican que el tratamiento de las variables de entorno tiene un impacto importante en el desempeño de los colegios. Bajo la Alternativa 2, sin embargo, la dispersión entre planteles es mayor.

Cuando los colegios se clasifican por tipo de propiedad jurídica (pública o privada) y las variables ambientales afectan directamente la función de producción, ambos tipos de colegios registran, en promedio, medidas de eficiencia similares (0,80). No obstante, bajo la Alternativa 2, los colegios privados obtienen, en promedio, una mayor eficiencia (0,63 frente a 0,49 de los públicos, como se puede ver en la Figura 2). Estos resultados sugieren que los planteles no oficiales se podrían estar beneficiando de condiciones de entorno más favorables, si se tiene en cuenta que éstos, en promedio, atienden alumnos de mayores ingresos.¹⁵

Por otro lado, los colegios con un entorno menos favorable, en términos de los ingresos de los hogares a los cuales pertenecen los alumnos que atienden, se ven favorecidos cuando las variables socioeconómicas se incluyen como regre-

¹⁵Para los colegios de la muestra, mientras el 49% de los alumnos que asisten a colegios privados tienen, en promedio, ingresos inferiores a dos salarios mínimos, en los colegios públicos este porcentaje asciende a 92,6%.

Figura 2. Eficiencia por propiedad jurídica de los colegios



sores en la función de producción, lo que significa que los colegios operan bajo condiciones equivalentes. En este caso, la dispersión de las medidas de eficiencia es menor y no se observan, en promedio, grandes diferencias entre los colegios que atienden estudiantes de bajos y altos ingresos. En efecto, las medidas de eficiencia promedio varían entre 0,62, para el rango de ingresos más alto, y 0,85, para el rango de ingresos entre cinco y siete salarios mínimos. Cuando no se consideran entornos equivalentes, la dispersión es mayor y las medidas de eficiencia varían entre 0,44, para el rango de menores ingresos y 0,94 para el rango de ingresos entre trece y quince salarios mínimos (Figura 3).

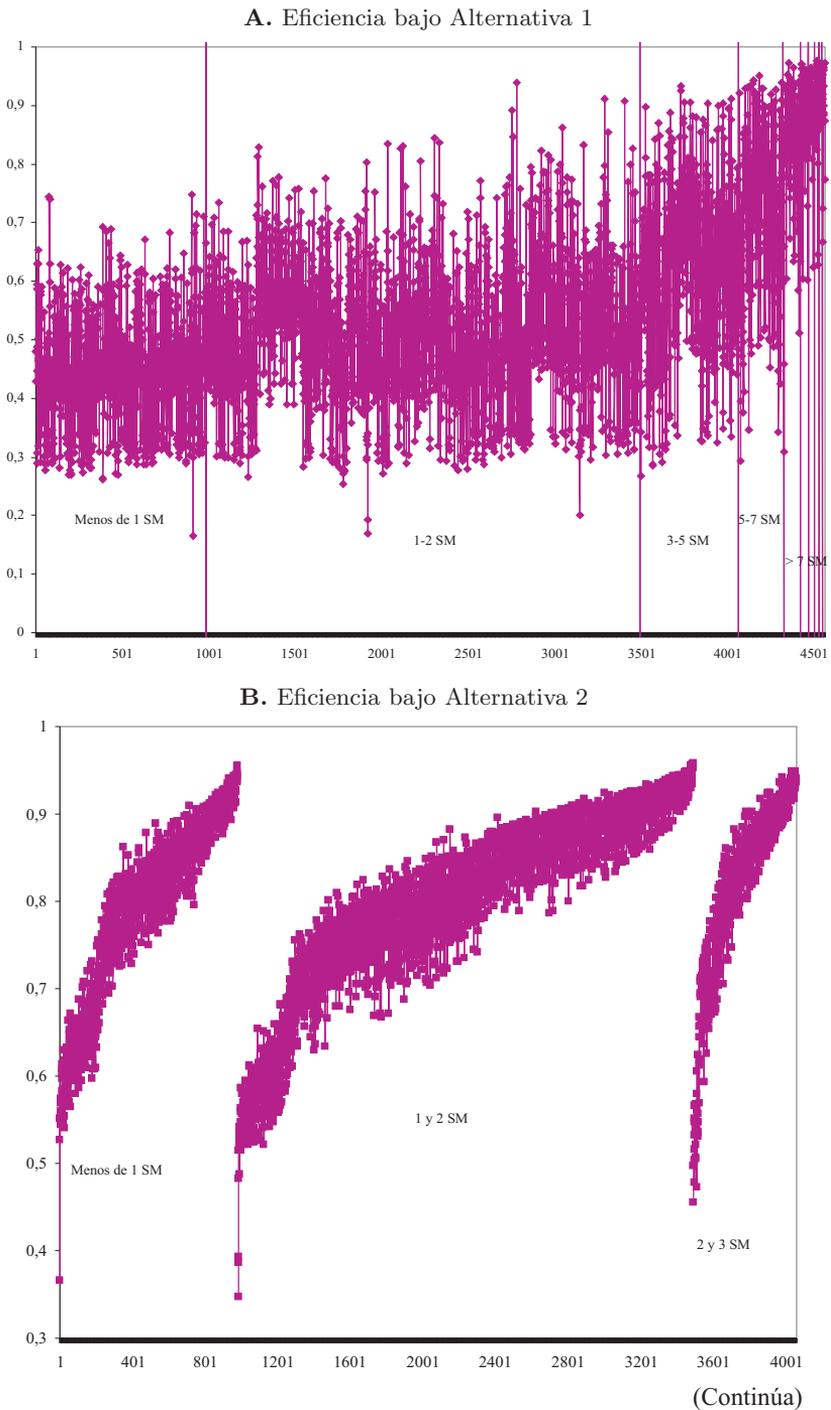
Como era de esperarse, cuando se analizan las medidas de eficiencia por categorías de los resultados del ICFES, existe una gran dispersión en las eficiencias obtenidas a partir de los dos modelos. Para la Alternativa 1, el promedio de la eficiencia varía entre 0,37, en la categoría muy inferior, y 0,86, en la categoría muy superior. En la Alternativa 2, estos promedios varían entre 0,18 y 0,94, en las categorías muy inferior y muy superior, respectivamente. Al separar entre planteles privados y públicos, se encuentra que, controlando por los variables de entorno (Alternativa 1), los colegios públicos son más eficientes; mientras que bajo la Alternativa 2, los colegios privados son más eficientes. Este resultado confirma la importancia de las variables de entorno sobre el desempeño de los colegios (Tabla 5).

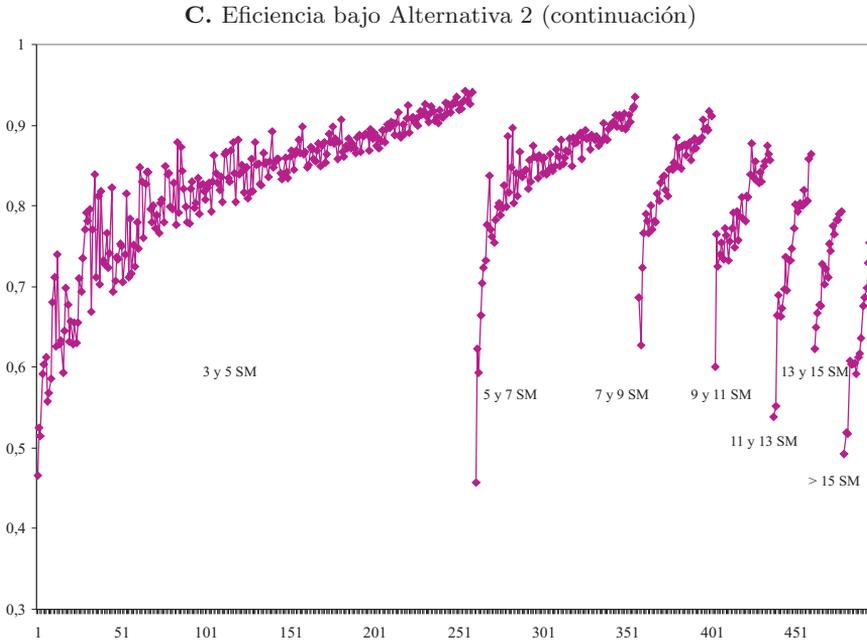
Tabla 5. Eficiencia técnica por categoría del ICFES

Eficiencia técnica	Alternativa 1		Alternativa 2		Número de planteles
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Colegios públicos					
Muy inferior	0,3705	0,0326	0,1805	0,0162	2
Inferior	0,6119	0,0526	0,3164	0,0216	393
Bajo	0,7784	0,0561	0,4401	0,0315	1,197
Medio	0,8665	0,0366	0,5527	0,0361	949
Alto	0,9086	0,0236	0,6617	0,0426	285
Superior	0,9272	0,0224	0,7777	0,0529	54
Muy superior	0,9355	0,0151	0,8800	0,0427	5
Colegios privados					
Muy inferior	0,3764	0,0143	0,1836	0,0252	2
Inferior	0,5869	0,0457	0,3402	0,0179	134
Bajo	0,7544	0,0558	0,4817	0,0282	479
Medio	0,8377	0,0596	0,6154	0,0373	437
Alto	0,8715	0,0508	0,7437	0,0463	294
Superior	0,8583	0,0804	0,8606	0,0454	227
Muy superior	0,8552	0,0671	0,9425	0,0240	84

Cuando se comparan los colegios de Bogotá (14% de la muestra) con los del resto del país, se observa que, bajo las dos alternativas, los primeros son más

Figura 3. Eficiencia por rangos de ingreso de los alumnos





eficientes, tanto para el total de la muestra como cuando se distingue por tipo de propiedad jurídica (Tabla 6). En efecto, mientras el promedio para Bogotá es de 0,86 bajo la Alternativa 1, y de 0,66 bajo la Alternativa 2, para el resto del país los niveles de eficiencia son de 0,79 y 0,52, respectivamente.

Tabla 6. Eficiencia técnica por región: Bogotá y resto del país

Eficiencia técnica	Alternativa 1		Alternativa 2		Número de planteles
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Bogotá	0,8559	0,0684	0,6619	0,1409	649
Resto del país	0,7920	0,1024	0,5190	0,1433	3.893
Por sector					
Bogotá					
Privado	0,8352	0,0759	0,7307	0,1463	332
Público	0,8777	0,0514	0,5899	0,0902	317
Resto del país					
Privado	0,7943	0,1033	0,6009	0,1671	1.325
Público	0,7908	0,1020	0,4767	0,1072	2.568

Finalmente, es importante precisar que la eficiencia técnica en el uso de los recursos no es equivalente al concepto de calidad. Por lo tanto, a pesar de que

los colegios públicos de la muestra tienen un rendimiento académico inferior al de los privados, en promedio, tienen medidas de eficiencia similares, cuando se suponen entornos equivalentes. Esto significa que los planteles públicos estarían utilizando en una forma relativamente eficiente los insumos disponibles.

5. Comentarios finales

En este documento se calcularon, para el año 2002, las medidas de eficiencia técnica para una muestra de 4.542 colegios públicos y privados de todo el país, mediante la estimación de una función de producción del sistema educativo, utilizando técnicas de frontera estocástica. Esta técnica fue utilizada para medir, por un lado, el impacto sobre el rendimiento académico de diversos factores asociados con el colegio y con el entorno socioeconómico de los estudiantes; por el otro, la eficiencia del sistema educativo. Para esto, se utilizó una función de producción Cobb-Douglas y se consideraron dos alternativas que tenían en cuenta que factores fuera del control de los colegios, como las condiciones de ingreso de las familias, pueden afectar el desempeño académico.

En la primera alternativa se asume que los factores ambientales afectan directamente la forma de la tecnología y, por lo tanto, se incluyen directamente como regresores en la función de producción; en la segunda, se asume que las condiciones ambientales afectan directamente la eficiencia técnica de las unidades productoras.

Los resultados indican que las variables asociadas con la infraestructura de los colegios, como la existencia de laboratorios, biblioteca y canchas deportivas, tienen un impacto positivo y estadísticamente significativo en el logro académico. También, el ingreso medio de los hogares, la ubicación del colegio en zona urbana, los colegios que ofrecen bachillerato académico, la jornada de funcionamiento del plantel (completa o mañana) y la existencia de taller de padres inciden positiva y significativamente sobre el rendimiento de los estudiantes y la eficiencia de los establecimientos educativos. Cuando se analiza la variable que mide la propiedad jurídica del plantel, se observa que los establecimientos oficiales registran, en promedio, un menor logro académico.

En cuanto a las medidas de eficiencia, para el total de la muestra se encuentra que la eficiencia técnica, en promedio, varía entre el 54 % y el 80 %, bajo las diferentes alternativas, lo cual indica que existe un margen para obtener ganancias de eficiencia. La diferencia entre estos niveles de eficiencia puede ser vista como la contribución de los factores de entorno a la ineficiencia de los colegios. Los resultados de estos modelos indican que el tratamiento de las variables de entorno tiene un impacto importante en el desempeño de los planteles.

Así mismo, cuando los colegios se clasifican por tipo de propiedad jurídica y las variables ambientales afectan directamente la función de producción, los colegios públicos y privados registran, en promedio, medidas de eficiencia similares (0,80). No obstante, cuando dichas variables no afectan la función de producción, los colegios privados obtienen, en promedio, una mayor eficiencia (0,63 frente a 0,49 de los públicos), lo que sugeriría que los planteles no oficiales

se podrían estar beneficiando de condiciones de entorno más favorables, si se tiene en cuenta que éstos, en promedio, atienden alumnos de mayores ingresos.

Cuando se calculan la eficiencia considerando las categorías de los resultados del ICFES, se encuentra que hay una gran dispersión en las eficiencias obtenidas, lo cual estaría confirmando la importancia de las variables de entorno sobre el desempeño de los colegios. Al comparar los colegios de Bogotá (14 % de la muestra) con los del resto del país, se observa que los primeros son más eficientes, tanto para el total de la muestra como cuando se distingue por propiedad jurídica.

Es importante precisar que, a pesar de que existen grandes diferencias en el interior de los colegios públicos y de los privados, en términos del logro académico, ingreso de los hogares y eficiencia, se observa en general una mayor heterogeneidad entre los planteles privados. Por su parte, a pesar de que los colegios públicos de la muestra tienen, en promedio, un rendimiento académico inferior al de los privados, presentan medidas de eficiencia similares, cuando se suponen entornos equivalentes. Esto significa que los planteles públicos estarían utilizando en una forma relativamente eficiente los insumos disponibles.

Referencias

- Barrera, F., Gaviria, A. (2003). Efficiency of Colombian schools. Fedesarrollo: Bogotá. Tomado de <http://www.fedesarrollo.org/contenido/articulo.asp?chapter=90&article=323>.
- Battese, G., Coelli, T. (1988). "Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalised production function and panel data". *Journal of Econometrics* 38, 387-399.
- Battese, G., Coelli, T. (1995). "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data". *Empirical Economics* 20, 325-332.
- Coelli, T., Perelman, S., Romano, E. (1999). "Accounting for environmental influences in stochastic frontier models: With application to international airlines". *Journal of Productivity Analysis* 11, 251-273.
- Gaviria, A., Barrientos, J. (2001). "Determinantes de la calidad de la educación en Colombia". *Archivos de Economía* 159. Departamento Nacional de Planeación: Bogotá.
- Greene, W. (1993). The econometric approach to efficiency analysis. In Lovell, K., Schmidt, S. (Eds.), *The measurement of productive efficiency: Techniques and applications*. Oxford University Press: Oxford; 68-119.
- Hanushek, E. (1986). "The economics of schooling: Production and efficiency in public schools". *Journal of Economic Literature* 24, 1141-1177.
- Hanushek, E. (1989). "The impact of differential expenditures on school performance". *Educational Research* 18, 45-51.

- Hanushek, E. (2002). Publicly provided education. Working Paper 8799. National Bureau of Economic Research: Washington.
- Hanushek, E., Rivkin, S., Taylor, L. (1996). "Aggregation and the estimated effects of school resources". *The Review of Economics and Statistics* 78, 611-627.
- Heinesen, E., Graversen, B. K. (2005). "The effect of school resources on educational attainment: Evidence from Denmark". *Bulletin of Economic Research* 57(2), 109-143.
- Izadi, H., Johnes, G., Oskrochi, R., Crouchley, R. (2002). "Stochastic frontier estimation of a CES cost function: The case of higher education in Britain". *Economics of Education Review* 21(1), 63-72.
- Jondrow, J., Lovell, K., Materov, S., Schmidt, P. (1982). "On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model". *Journal of Econometrics* 19, 233-238.
- Koshal, R., Koshal, M., Gupta, A. (2001). "Multi-product total cost function for higher education: a case of bible colleges". *Economics of Education Review* 20, 297-303.
- Kumbhakar, S., Lovell, K. (2000). *Stochastic frontier analysis*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Mina, A. (2004). Factores asociados al logro educativo a nivel municipal. Documento CEDE 2004-15. Universidad de los Andes: Bogotá.
- Núñez, J., Steiner, R., Cadena, X., Pardo, R. (2002). "¿Cuáles colegios ofrecen mejor educación en Colombia?" *Archivos de Economía* 193. Departamento Nacional de Planeación: Bogotá.
- Piñeros, L., Rodríguez, A. (1998). "Los insumos escolares en la educación secundaria y su efecto sobre el rendimiento académico de los estudiantes: un estudio en Colombia". *LCSHD Paper Series* 36. Banco Mundial, Departamento de Desarrollo Humano: Washington.
- Ray, S., Mukherjee, K. (1998). "Quantity, quality, and efficiency for a partially super-additive cost function: Connecticut Public Schools revisited". *Journal of Productivity Analysis* 10(1), 47-62.
- Todd, P. E., Wolpin, K. I. (2004). The production of cognitive achievement in children: Home, school and racial test score gaps. Working Paper No. 04-019. Penn Institute for Economic Research, Department of Economics, University of Pennsylvania: Pennsylvania. Tomado de <http://ssrn.com/abstract=545623>.