

Eficiencia de la educación secundaria en México, 2010-2017: Un estudio a nivel municipal a través del análisis de la envolvente de datos

Efficiency of secondary education in Mexico, 2010-2017: A study at the municipal level through Data Envelopment Analysis

Odette Virginia Delfín Ortega,* José César Lenin Navarro Chávez,
Giovani Cardona Martínez*****

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial
(CC BY-NC) 4.0 Internacional

Perfiles Latinoamericanos, 32(63) | 2024 | e-ISSN: 2309-4982

DOI: [dx.doi.org/10.18504/pl3263-003-2024](https://doi.org/10.18504/pl3263-003-2024)

Recibido: 24 de agosto de 2021

Aceptado: 19 de julio de 2023

Resumen

Este artículo identifica el grado de eficiencia en el uso de los insumos de las escuelas secundarias en México a nivel municipal durante el periodo 2010-2017. Mediante el análisis de la envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés), se obtiene la eficiencia en las tres modalidades de la educación secundaria: general, técnica y telesecundaria. Se utilizaron como *inputs* el presupuesto, alumnos, docentes, escuelas y personal administrativo, y como *outputs* el número de alumnos en los niveles III (bueno) y IV (excelente) de las pruebas ENLACE y PLANEA en las áreas de español y matemáticas. Los resultados muestran un nivel bajo reflejado en un promedio de eficiencia con rendimientos constantes de 0.175, rendimientos variables de 0.27 y eficiencia de escala de 0.63, y tres implicaciones: *a*) que se debe instrumentar políticas públicas para una mayor eficiencia de los *inputs* utilizados en este estudio; *b*) que se requiere diseñar políticas educativas para aumentar los niveles de bueno y excelente en español y matemáticas mencionados, y *c*) que se necesita de políticas públicas para elevar la calidad educativa de la educación secundaria en México.

Palabras clave: eficiencia, DEA, educación secundaria.

Códigos JEL: C14, C60, C67, I26.

* Doctora en Ciencias en Negocios Internacionales por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México), de donde es también Profesora-Investigadora | odette.delfin@umich.mx | <https://orcid.org/0000-0003-0990-6768>

** Doctor en Ciencias con Especialidad en Ciencias Administrativas por la Escuela Superior de Comercio y Administración del Instituto Politécnico Nacional (México). Profesor-Investigador en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México) | cesar.navarro@umich.mx | <https://orcid.org/0000-0002-4465-8117>

*** Doctor en Políticas Públicas por el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México). Profesor en la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad 161 (México) | giovas_gio-gio@hotmail.com | <https://orcid.org/0009-0006-1558-4063>

Abstract

This article identifies the degree of efficiency in the use of inputs in secondary schools in Mexico at the municipal level during the period 2010-2017. Through Data Envelopment Analysis (DEA), efficiency is obtained in the three modalities of secondary education: general, technical, and telesecondary. Inputs such as budget, students, teachers, schools, and administrative staff were used, and outputs included the number of students at levels III (good) and IV (excellent) in the ENLACE and PLANEA tests in Spanish and mathematics. The results show a low level reflected in an average efficiency with constant returns of 0.175, variable returns of 0.27, and a scale efficiency of 0.63, with three implications: *a*) the need to implement public policies for greater efficiency of inputs used in this study; *b*) the requirement to design educational policies to increase the levels of good and excellent in Spanish and mathematics mentioned, and *c*) the necessity of public policies to raise the educational quality of secondary education in Mexico.

Keywords: efficiency, DEA, secondary education.

JEL CODES: C14, C60, C67, I26.

Introducción

La calidad en educación es un concepto complejo que asume varios significados, algunos contradictorios según quien la defina. Ello se debe a su carácter multidimensional ya que los procesos educativos se desarrollan en múltiples ámbitos —sistema educativo, escuela, salón de clases, familia, entre otros— y están afectados por distintos factores, algunos internos a las escuelas, otros externos (Morales *et al.*, 2016).

La calidad de la educación estará dada por la incorporación al currículo de elementos demandados por la comunidad y valores que representan la identidad de la población local. El currículo no debe ser homogéneo, sino adecuarse a la diversidad de la población; su flexibilidad es criterio para juzgar la calidad de un proceso educativo. La calidad de la educación se vincula a la cultura y debe respetar las diferentes formas de conocer, sentir y actuar de los grupos heterogéneos que conforman la realidad de los países. El sistema educativo debe adecuarse a los requerimientos culturales, regionales o de grupos étnicos particulares (Köster, 2016; Magendzo & Donoso, 1992).

Las realidades sociales han obligado a los países a poner más atención en la educación y en el entorno de los jóvenes. Una respuesta muy extendida ha sido la revisión de los estándares educativos y la creación de programas para verificar su cumplimiento. Muchos países han desarrollado evaluaciones periódicas propias para hacer un monitoreo local más frecuente del cumplimiento de las metas educativas (OCDE, 2019).

La manera de poder incidir sobre la calidad educativa es evaluando los métodos de enseñanza y su relación con los niveles de rendimiento. El rendimiento académico es un factor fundamental en la valoración de la calidad educativa y la enseñanza en todos los niveles. Si bien se tiene como indicador más aparente y recurrente las notas o los resultados escolares de los alumnos, se trata de un constructo más complejo, que se encuentra determinado por numerosas variables, como inteligencia, motivación, personalidad, actitudes, contextos, etcétera (Antoni, 2002; Arredondo, 1983; Pérez-Luñu *et al.*, 2000).

El tener una educación de calidad para todos implica asumir el compromiso de tratar de reducir al máximo los resultados negativos y optimizar por todos los medios las estructuras educativas buscando un rendimiento escolar que minimice el fracaso. Esto es, el rendimiento académico se define, en términos generales, como la máxima eficiencia alcanzada en el nivel educativo, donde el educando pueda mostrar sus capacidades cognitivas, es decir, sus competencias (Cano, 2001; Pérez, 1978).

Identificar la eficiencia con la que se brinda la educación ha constituido un desafío para los investigadores durante décadas. El desarrollo de técnicas de estimación de frontera a finales de los años setenta, tales como el análisis de la envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés) (Charnes *et al.*, 1978, 1979; Banker *et al.*, 1984) y el análisis de frontera estocástica (SFA, por sus siglas en inglés) (Aigner *et al.*, 1977; Battese & Corra, 1977; Meeusen & Van den Broeck, 1977), condujo a una creciente literatura sobre la eficiencia en el contexto educativo. Instituciones educativas como las escuelas o las universidades se consideran organizaciones multiproducto generando una serie de salidas para varias entradas (Navarro-Chávez & Delfín Ortega, 2020). Los métodos de estimaciones de frontera se pueden utilizar para estimar funciones de costo o fronteras de producción para estas instituciones a partir de las cuales pueden ser obtenidas las estimaciones de eficiencia (Johnes *et al.*, 2017).

El uso de la metodología DEA como herramienta empírica para estimar la eficiencia relativa de la educación en los niveles nacional, secundario, terciario, o en algún otro, ha sido muy popular en los últimos años. La metodología DEA para medir la eficiencia técnica contra una frontera de eficiencia fue propuesta por primera vez por Farrell (1957); y un examen detallado de los fundamentos teóricos de la eficiencia se encuentra en Charnes *et al.* (1993) y en Färe *et al.* (1994) (Malesevic & Mihaljevic, 2020).

El disponer de evaluaciones nacionales e internacionales ha llevado a contar con datos más sólidos en relación con el bajo rendimiento de los estudiantes, y sobre las grandes diferencias en los resultados de varios grupos poblacionales y tipos de escuelas, lo que ha hecho posibles los consensos en lo que se refiere a las nuevas prioridades generales de política. En el caso de América Latina, si

bien la mayoría de los países no empezaron en el desarrollo de sus sistemas de evaluación con ideas claras en cuanto a los usos que se podrían dar a los resultados obtenidos, una vez que tuvieron la oportunidad de disponer de información fueron encontrando maneras de usarla. Por ejemplo, para la asignación de recursos, estimular cambios pedagógicos, o promover responsabilidades entre varios actores e instituciones educativas (McLauchlan, 2009).

A partir del año 2000, México participa en el Programme for International Student Assessment (PISA), coordinado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Esta evaluación se ha aplicado de manera consecutiva para los años 2003, 2006, 2009, 2012 y 2015 y 2018. Desde 2003, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) tuvo la responsabilidad de coordinar e instrumentar esta evaluación internacional. El PISA promueve la aplicación sistemática de evaluaciones de competencias básicas en lectura, matemáticas y ciencias que logran los jóvenes de 15 años que se encuentran en la escuela en los países participantes (OCDE, 2019; PLANEA, 2018). Esta prueba tiene particular importancia en los países integrantes de la OCDE, ya que a partir de sus resultados se determina el nivel educativo de cada país (Caracas & Ornelas, 2019).¹

Por lo que respecta a la evaluación nacional en el logro de aprendizajes sobresalen tres proyectos: 1) Estándares Nacionales, desarrollado por la Secretaría de Educación Pública (SEP) de 1998 a 2003; 2) Exámenes de la Calidad y el Logro Educativos (EXCALE), desarrollados por el INEE a fin de evaluar los aprendizajes en la educación básica, y que se instrumentó de 2005 a 2014, y 3) Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares, o prueba ENLACE, desarrollada por la SEP, y que se aplicó de 2006 a 2013 en la educación básica y de 2008 a 2014 en la educación superior (PLANEA, 2018).

Para 2013, el INEE, de manera conjunta con un comité de expertos en evaluación educativa, realizó un estudio para revisar la validez de las pruebas ENLACE y EXCALE. Los resultados de este trabajo muestran que las diferencias en los propósitos de estas pruebas no eran claras para los usuarios. Buscando incluir los mejores elementos que derivaron de las experiencias de estas dos pruebas, a partir de 2015 se instrumenta la prueba PLANEA (Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes). Se trata de una nueva generación de pruebas para medir y evaluar el logro de aprendizajes en educación básica y educación media superior. El PLANEA evalúa el logro de aprendizajes de

¹ Esta prueba tomó forma en 1997 y entra en vigor al año siguiente en los países miembros de la OCDE, aunque otros no integrantes solicitaron la prueba. El interés principal era encontrar indicadores sobre el rendimiento en matemáticas, ciencias y lectura, y conocer la medida en la cual el estudiante de 15 años utiliza la información en la resolución de los problemas reales de la vida cotidiana.

los estudiantes en el lenguaje y comunicación, y matemáticas, dos campos de formación que se consideran críticos en el desarrollo académico de los estudiantes (PLANEA, 2018).

La brecha de la literatura que cubre la presente investigación empieza con la base teórica del campo de la escolarización, la cual se atribuye a Schultz (1960, 1961, 1967). En su obra se revela un componente relacionado con este campo: el bienestar futuro de la sociedad y de los individuos. Meyer (1977), por su parte, describe el camino desde el efecto de la educación en los individuos hasta los efectos institucionales en la sociedad.² Las reformas educativas constituyen uno de los principales factores que afectan a las instituciones educativas y producen cambios fundamentales en su núcleo (Meyer & Rowan, 1977; Baker, 2006).

Coleman (1968), a partir de la base teórica del campo de la escolarización y bienestar social, considera diversos factores entre los que destacan los cualitativos, la interacción en el aula y particularmente la eficacia en el proceso educativo, como elementos fundamentales para elevar los niveles de educación. Son estos aspectos los que constituyen el antecedente teórico de esta investigación, la cual, a través de los resultados obtenidos en materia de eficiencia, pretende dar los elementos para instrumentar una política educativa de calidad.

Tomando en cuenta que uno de los indicadores de la calidad educativa es la eficiencia escolar, en esta investigación se tiene como objetivo identificar el nivel de eficiencia en el uso de los recursos: docentes, alumnos, presupuesto, personal administrativo y número de escuelas de la educación secundaria en México para el periodo 2010-2017, a partir de los resultados obtenidos de las pruebas ENLACE y PLANEA. La hipótesis que se plantea es que el nivel de eficiencia fue bajo en la educación secundaria en México para este periodo y tomando como referencia las dos pruebas mencionadas, debido a que no se utilizaron adecuadamente los insumos docentes, alumnos, presupuesto, personal administrativo y número de escuelas.

Para obtener la eficiencia de la educación secundaria a nivel municipal se trabaja la metodología del Data Envelopment Analysis (DEA, por sus siglas en inglés). Si bien existen estudios que la han instrumentado en el sector educativo, su desagregación a nivel de todos los municipios de un país, en este caso México, no es común en esta clase de trabajos. El DEA permite no solo estos niveles de desagregación, sino también incluir múltiples *inputs* y *outputs*.

² La teoría institucional surgió desde la década de 1970 (Meyer & Rowan, 1977; Zucker, 1987; Tolbert & Zucker, 1999). Paralelamente, los economistas la desarrollaron abriendo el campo de investigación hacia la nueva economía institucional (Myrdal, 1978; Williamson, 1985; Coase, 1998; Richter, 2015; Acemoglu & Robinson, 2006).

Su principal ventaja consiste en que no se basa en el conocimiento de la función de producción y puede encontrar el conjunto de unidades eficientes a partir de las cuales, mediante combinaciones lineales, obtiene la envolvente o frontera. Esto representa una ventaja por su mayor flexibilidad (Raffo & Ruiz, 2005).

El artículo se encuentra estructurado en seis apartados. El primero corresponde a la introducción; en el segundo, se revisa la literatura; en el tercero, se considera el desarrollo del modelo; en el cuarto, se exponen los resultados; en el quinto, se presenta la discusión de resultados, y, por último, se tienen las conclusiones.

Revisión de literatura

Koopmans (1951), Debreu (1951) y Farrell (1957) son considerados como los iniciadores de la medición de la eficiencia. Koopmans plantea el concepto de eficiencia técnica, y lo explica mediante la relación que existe entre las variaciones en los factores de salida (*outputs*), lo cual implica variaciones en los factores de entrada (*inputs*) o una reducción en los residuos. Entiende la eficiencia como un conjunto medible de productos o servicios que pasan por diferentes niveles de producción y tienen un valor agregado. Para Debreu, la medición de la eficiencia radica en que existe una cantidad limitada de recursos por los procesos de producción, a lo que se suma la existencia de una limitación física para la producción de un bien o servicio. Farrell fue el primer autor en plantear el marco teórico para el análisis de la eficiencia, clasificándola en dos componentes: la eficiencia técnica y la eficiencia *asignativa*.

El estudio de Farrell (1957) se complementa con los trabajos de Charnes *et al.* (1978), que partían de rendimientos constantes a escala CRS, de forma tal que un cambio en los niveles de *inputs* conlleva a un cambio proporcional en el nivel del *output*, el cual requiere tantas optimizaciones como unidades de toma de decisiones (DMU's, por sus siglas en inglés). Puede escribirse el modelo DEA en términos generales en tres formas: fraccional, multiplicativa y envolvente. En su forma envolvente, el modelo CRS es el siguiente:

$$\theta^* = \min \theta \quad \lambda \theta \tag{1}$$

$$\text{St. } Y\lambda \geq Y_i$$

$$X\lambda \leq \theta X_i$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde θ indica la distancia en *inputs* a la envolvente de datos, es decir, la medida de eficiencia. X es la matriz de *inputs*, Y es la matriz de *outputs*, λ es el vector de pesos o intensidades, X_i, Y_i representan los valores de *inputs* y *outputs*, respectivamente.

Posteriormente, Banker *et al.* (1984) extendieron el modelo original para incluir rendimientos variables a escala (VRS). Considerando que diversas circunstancias como la competencia imperfecta, las restricciones en el acceso a fuentes de financiación, etc., pueden provocar que las unidades no operen a escala óptima. Este modelo propone una modificación al programa lineal original a la cual se le agrega una restricción:

$$N1' \lambda = 1$$

$N1$ es un vector unitario $N \times 1$, λ es el vector de las intensidades donde se restringe el rango de valores que pueden tomar los componentes del vector de manera que sumen uno. Esta restricción permite que una unidad ineficiente solo sea comparada con unidades productivas de su mismo tamaño. Sin esta restricción, las unidades evaluadas pueden ser comparadas con otras unidades mayores o menores.

El modelo con orientación *input* en su forma envolvente es el siguiente:

$$\theta^* = \min \theta \lambda \theta \tag{2}$$

$$\text{St. } Y\lambda \geq Y_i$$

$$X\lambda \leq \theta X_i$$

$$N1' \lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

A la eficiencia técnica medida bajo rendimientos variables se le designa también eficiencia técnica pura, porque no se incluye en esta medición ningún efecto de escala (Thanassoulis, 2001). Por lo que a partir de la propuesta de Banker *et al.* (1984), se puede descomponer la eficiencia en eficiencia técnica global (CRS), eficiencia técnica pura (VRS) y eficiencia técnica de escala.

La eficiencia de escala considera el impacto del tamaño en la productividad de una DMU. Se deben calcular los dos modelos: CRS y VRS con los mismos datos, si existe una diferencia para las dos mediciones para una DMU en

particular, entonces significa que esa DMU posee ineficiencia de escala y que el valor de ineficiencia es la diferencia entre la medición CRS y VRS (Coll & Blasco, 2006).

La eficiencia técnica global (ETG) puede ser descompuesta en eficiencia técnica pura (ETP) y eficiencia de escala (EE). Esto es:

$$ETG = ETP * EE$$

En tanto que la eficiencia de escala se puede definir de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia de Escala} = \frac{\text{Eficiencia Técnica Global (CRS)}}{\text{Eficiencia Técnica Pura (VRS)}} \quad (3)$$

Donde:

CRS = rendimientos constantes a escala.

VRS = rendimientos variables a escala.

Existe una combinación de recursos productivos que hacen que las unidades muestren mejores resultados de eficiencia o funcionen mejor, por lo que se propone realizar un análisis de holguras (*slacks*) de donde se obtienen las variaciones o ajustes que se deben realizar para generar una condición eficiente. Así, si el óptimo resulta que $s_r^{+*} > 0$ esto significa que es posible incrementar el *output* r de la unidad dada por esa holgura en la cantidad dada por esa holgura, con lo que la unidad debería producir el *output* r en la misma cantidad ($y + s_r^{+*}$) en lugar de la cantidad que se observa. Análogamente, si se obtuviera una holgura *input* tal que $s_i^{-*} > 0$ esto indicaría que el *input* i la unidad evaluada podría ser reducido en la cantidad dada por la s_i^{-*} de tal forma que el *input* i debería ser usado en la cantidad ($x_i - s_i^{-*}$) en lugar de la cantidad x_i (Coll & Blasco, 2006).

Desarrollo del modelo

Se instrumenta un modelo DEA a partir del cual se obtiene la eficiencia técnica global (ETG) —desagregándola en eficiencia técnica pura (ETP) y eficiencia de escala (EE)— para la educación secundaria en México a nivel municipal durante el periodo 2010-2017. El modelo se realiza con una orientación *output* ya que se pretende maximizar los resultados de las pruebas estandarizadas ENLACE y PLANEA en las áreas de español y matemáticas.

Selección de las DMU's

Los criterios para la selección de las DMU's se toman a partir de los municipios que tienen los tres tipos de servicios educativos —secundaria general, secundaria técnica y telesecundaria—. De acuerdo con los datos de INEGI (2017), se tiene registrado un total de 2457 municipios en el plano nacional, aunque solamente en 2243 se cuenta con al menos un servicio de educación secundaria, lo cual representa una cobertura aproximada del 91.29% del territorio.

Las complicaciones en los estudios de esta naturaleza se dieron por la disponibilidad de datos para el periodo revisado ya que las aplicaciones de las pruebas no se realizaron en todos los municipios. Por ello se inició ubicando dónde se habían aplicado las pruebas estandarizadas ENLACE y PLANEA para los años de estudio, como se resume en la tabla 1.

Tabla 1. Número de municipios que realizaron las pruebas ENLACE y PLANEA por año y modalidad

Prueba	Año de Aplicación	Secundaria general	Secundaria técnica	Telesecundaria
ENLACE	2010	912	976	1530
	2011	350	983	1459
	2012	980	920	1504
	2013	916	984	1534
PLANEA	2015	928	831	1199
	2017	870	934	1486

Fuente: Elaboración propia con base en SEP (2017a).

En esta investigación se trabaja con todas las DMU's disponibles por cada ciclo y modalidad de la educación secundaria de acuerdo con la tabla 1.

Selección de variables

En la selección de las variables se identificaron los *inputs* y *outputs* revisando a autores que han estudiado la eficiencia en la educación (tabla 2).

Tabla 2. Revisión de *inputs* y *outputs* en estudios sobre la eficiencia en la educación

Autor	Metodología	Inputs	Outputs
Piñeros (2010)	Modelo DEA CRS y VRS	Número de alumnos, relación alumno/docente, educación docente, salario docente, gasto en educación /estudiante, instalaciones.	Resultados de pruebas estandarizadas, tasa de reprobación, tasa de promoción.

Tabla 2.

(Continuación)

Autor	Metodología	Inputs	Outputs
Rodríguez (2014)	Modelo TOBIT	Número de estudiantes, edad promedio de los estudiantes, estado civil de los estudiantes, gasto en educación / estudiante, personas que viven con los estudiantes, años de educación de los padres, ingreso familiar promedio, número de profesores.	Resultados de las pruebas estandarizadas y reducción del nivel de abandono.
Iregui <i>et al.</i> (2006)	Modelo SFA	Gasto total del sector educativo, fuentes de financiamiento, matrícula de la educación, gasto público total, gasto promedio por alumno, número total de estudiantes, tasa de cobertura, cantidad de instituciones, alumnos/docentes.	Indicadores de calidad educativa, eficiencia terminal, reducción del abandono escolar, resultados de las pruebas ICFES (pruebas estandarizadas de Colombia).
Thiema & Prior (2005)	DEA	Contextuales (tasa de alfabetización, PIB, POA, PEA, índice de habilidades matemáticas y en ciencias) controlables (cantidad de docentes, calidad del profesorado, instalaciones y materiales).	Resultados de las pruebas estandarizadas, resultados de los índices de matemáticas, resultados de los índices en ciencias.
Torres <i>et al.</i> (2012)	DEA	Alumnos inscritos, personal docente, escuelas y grupos atendidos.	Estudiantes aprobados, estudiantes que asistieron al curso escolar "permanencia".
García-Díaz <i>et al.</i> (2020)	SFA	Gasto en educación, calidad en la enseñanza, proporción de aulas en uso, escuelas inscritas en el programa de escuelas de calidad (PEC), directores de tiempo completo, escuelas urbanas, índice de marginación.	Resultados de la prueba ENLACE estandarizada para las asignaturas de matemáticas y español.
Mota & Ángulo-Meza (2020)	DEA	Gasto municipal en escuelas primarias, número de profesores de 9° grado de escuela primaria y número de estudiantes matriculados en 9° grado de escuela primaria.	Número de alumnos que alcanzaron un nivel avanzado o competente en portugués y número de alumnos que alcanzaron un nivel avanzado o competente en matemáticas.
Dincá <i>et al.</i> (2021)	DEA	Gasto en educación primaria, secundaria y terciaria.	Matrícula en primaria y secundaria, proporción alumno-profesor, graduados primaria y secundaria, desempleo con personas con educación avanzada, porcentaje de la fuerza laboral, puntuación obtenida de la evaluación PISA de cada año de estudio analizado.
Stupnytskyy (2004)	DEA	Habilidades de los estudiantes, proporción de aulas por estudiante, índice de instalaciones escolares.	Puntaje en matemáticas, puntaje en idioma checo, tasa de admisión a la universidad.
Santín & Sicilia (2015)	DEA	Número de estudiantes, número de profesores e infraestructura.	Resultados de las pruebas estandarizadas en lectura y matemáticas.
Minuci <i>et al.</i> (2019)	DEA	Alumnos de nivel secundaria, proporción de alumno-profesor, salarios de profesor por alumno, directores, salario de director por alumno.	Puntaje de matemáticas de nivel secundaria, puntaje de inglés nivel secundaria, graduados de secundaria.
Raposo & Menezes (2011)	DEA	Número de escuelas, número de salones, número de profesores, número de estudiantes matriculados, horas dedicadas en la escuela.	Rendimiento escolar en matemáticas y portugués.
Afonso & Aubyn (2005)	DEA	Número de profesores, número de estudiantes, por año en la escuela, PIB per cápita, nivel educativo de los padres.	Resultados de las pruebas PISA de lectura y matemáticas.
Haghi <i>et al.</i> (2020)	DEA	Nivel educativo de los padres de los estudiantes, condiciones económicas y culturales de los estudiantes, número de estudiantes.	Resultados de la prueba de matemáticas de los estudiantes que tienen una puntuación media muy alta.
Fatimah & Mahmudah (2017)	DEA	Número de escuelas, número de profesores, número de profesores con posgrado, número de estudiantes, número de clases y número de bibliotecas.	Número de escuelas primarias con certificación acreditada A. Número de graduados y promedio de examen nacional.

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de literatura.

La revisión de la literatura recogida en la tabla 2 permitió identificar las diversas metodologías utilizadas para medir la eficiencia dentro de las cuales se encuentran el DEA, el Stochastic Frontier Analysis (SFA) y el Tobit. Los modelos paramétricos como el SFA y el Tobit se caracterizan por estimar la función de producción mediante técnicas econométricas para separar del término de error estocástico, el ruido aleatorio y la ineficiencia. Estos modelos se distinguen, además, porque consideran como variable dependiente un solo *output*. Mientras que los modelos no paramétricos como el DEA no requieren de estimar una función de producción, su frontera estimada es más flexible y pueden trabajar con múltiples *outputs*.

Debido a que en este estudio se tiene como objetivo medir la eficiencia en cada una de las áreas de las pruebas estandarizadas —matemáticas y español—, se requiere de una metodología en la cual se puedan utilizar múltiples *inputs* y *outputs*. En este sentido, un modelo no paramétrico, como es el DEA, reúne las características metodológicas necesarias para llevar a efecto el estudio de la eficiencia de la educación secundaria en México. Más aún, este modelo permite los niveles de desagregación que demandan las modalidades por servicios como lo son la educación secundaria general, técnica y telesecundaria; e incluso el tener una muestra tan amplia como lo son los municipios de todas las entidades federativas del país.

Con la finalidad de seleccionar los *inputs* y *outputs* en el estudio de la eficiencia de la educación secundaria en México, aparte de la revisión de los diversos estudios sobre la eficiencia en la educación, se consideró la información disponible por parte del Sistema Nacional de Información Estadística Educativa (SNIEE) capturada de los formatos 911 y de las bases de datos de las pruebas estandarizadas ENLACE y PLANEA (tabla 3).

Tabla 3. Variables disponibles del SNIEE, ENLACE y PLANEA

<i>Inputs</i>	Escuelas, alumnos totales, alumnos hombres, alumnos mujeres, docentes totales, docentes hombres, docentes mujeres, alumnos 1°, hombres 1°, mujeres 1°, alumnos 2°, hombres 2°, mujeres 2°, alumnos 3°, hombres 3°, mujeres 3°, nuevo ingreso, ingreso 1°, ingreso 2°, ingreso 3°, total de personal, directivos con grupo, directivos sin grupo, docentes educación física, docentes educación artística, docentes educación tecnológica, docentes idiomas, personal administrativo, total de grupos, grupos 1°, grupos 2°, grupos 3°.
<i>Outputs</i>	Resultado promedio de español, resultado promedio de matemáticas, insuficiente de matemáticas, elemental de matemáticas, bueno de matemáticas, excelente de matemáticas, insuficiente de español, elemental de español, bueno de español, excelente de español, total repetidores, repetidores 1°, repetidores 2°, repetidores 3°.

Fuente: Elaboración propia con base en INEE (2017) y SEP (2017a, 2017b).

Dada la cantidad de variables implicadas en la medición de la eficiencia de los servicios de la educación secundaria, se redujo su número para que se

ajustaran mejor al DEA, y en este caso se instrumentó la técnica de correlación de Pearson.

Correlación de Pearson

Se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson, cuya finalidad es identificar los *inputs* con un alto grado de correlación con los *outputs* para que el modelo pueda tener un mejor ajuste. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Matriz de correlaciones de Pearson

		<i>Output</i> ESP <i>bueno y exc</i>	<i>Output</i> MAT <i>Bueno y exc</i>	<i>Input</i> PRES	<i>Input</i> ESC	<i>Input</i> ALUM	<i>Input</i> DOC	<i>Input</i> PA
<i>Output</i> ESP bueno y exc	Correlación de Pearson	1	.956**	.968**	.946**	.980**	.928**	.906**
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000
<i>Output</i> MAT Bueno y exc	Correlación de Pearson	.956**	1	.942**	.930**	.961**	.917**	.923**
	Sig. (bilateral)	.000		.000	.000	.000	.000	.000
<i>Input</i> PRES	Correlación de Pearson	.968**	.942**	1	.978**	1.000**	.974**	.957**
	Sig. (bilateral)	.000	.000		.000	.000	.000	.000
<i>Input</i> ESC	Correlación de Pearson	.946**	.930**	.978**	1	.950**	.967**	.934**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000		.000	.000	.000
<i>Input</i> ALUM	Correlación de Pearson	.980**	.961**	1.000**	.950**	1	.987**	.988**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000		.000	.000
<i>Input</i> DOC	Correlación de Pearson	.928**	.917**	.974**	.967**	.987**	1	.974**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000		.000
<i>Input</i> PA	Correlación de Pearson	.906**	.923**	.957**	.934**	.988**	.974**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados con el *software* SPSS.

Después de realizar la matriz de correlación se identificaron las variables con grado de correlación alta entre *inputs* y *outputs* y que eran significativas al 1%. En la tabla 4 se muestran las variables que fueron significativas, esto es: como *inputs*, escuelas (ESC), alumnos totales (ALUM), docentes (DOC), personal administrativo (PA) y presupuesto (PRES). Estas variables, además de resultar significativas, tienen una alta correlación con los *outputs*: cantidad de alumnos que se encuentran en los niveles bueno y excelente en español (ESP), y bueno y excelente en matemáticas (MAT). Con estas variables se realizaron los cálculos de eficiencia:

Inputs:

- Presupuesto (PRES)
- Escuelas (ESC)
- Alumnos totales (ALUM)
- Docentes (DOC)
- Personal administrativo (PA)

Outputs:

- Cantidad de alumnos que se encuentran en los niveles bueno y excelente en español (ESP)
- Cantidad de alumnos que se encuentran en los niveles bueno y excelente en matemáticas (MAT)

Resultados

Los resultados de eficiencia se exponen aquí en tres niveles. En el primero, se presentan los resultados promedio de manera conjunta de las tres modalidades de servicio de la educación secundaria en México. En el segundo, se aborda por separado la eficiencia de las tres modalidades de servicio: general, técnica y telesecundaria. En el tercero, se muestra la eficiencia a nivel nacional para cada uno de los municipios por modalidad de servicio.

Eficiencia de la educación secundaria en México

En este subapartado se presentan los resultados promedio considerando de manera conjunta las tres modalidades de servicio de la educación secundaria —general, técnica y telesecundaria— a nivel municipal en México en el periodo 2010-2017, instrumentándose un modelo DEA con eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala.

La educación secundaria en México durante el periodo de estudio registra bajos niveles de eficiencia, lo que se refleja en un promedio en el modelo DEA con rendimientos constantes de 0.175, rendimientos variables de 0.273 y de eficiencia de escala de 0.632; es importante mencionar que solo se es eficiente si se obtiene el valor de 1 (uno) en los resultados. Resultados que provienen de considerar a todos los municipios del país y a las tres modalidades de educación revisadas en el nivel secundaria (tabla 5).

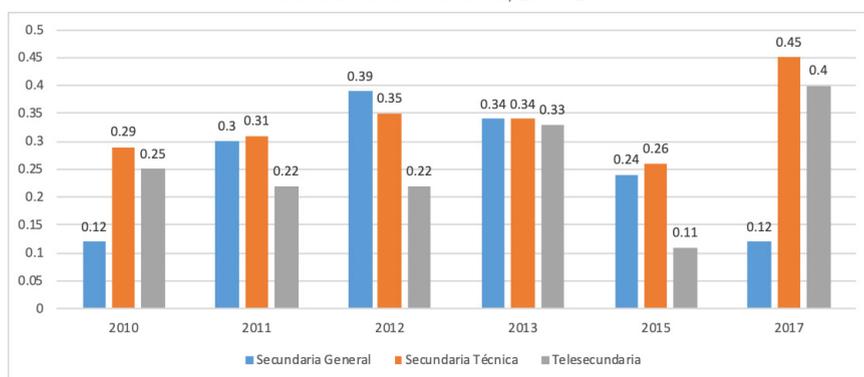
Tabla 5. Eficiencia de la secundaria en México, 2010-2017

Eficiencia	2010	2011	2012	2013	2015	2017	Promedio
CRS	0.140	0.150	0.220	0.220	0.100	0.220	0.175
VRS	0.220	0.240	0.320	0.330	0.200	0.330	0.273
E. Escala	0.630	0.60	0.740	0.730	0.430	0.660	0.632

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

De manera particular se presentan en la gráfica 1 los resultados de la eficiencia técnica con rendimientos variables a escala (VRS) para las tres modalidades de secundaria, observándose que la técnica obtuvo los resultados más altos (0.33 en promedio), con su punto más elevado en 2017. Le sigue la modalidad de telesecundaria con un promedio de 0.255, y finalmente la general con 0.252. Es en 2013 cuando las tres modalidades obtienen resultados más homogéneos.

Gráfica 1. Eficiencia técnica VRS de las modalidades secundaria general, técnica y telesecundaria en México, 2010-2017



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

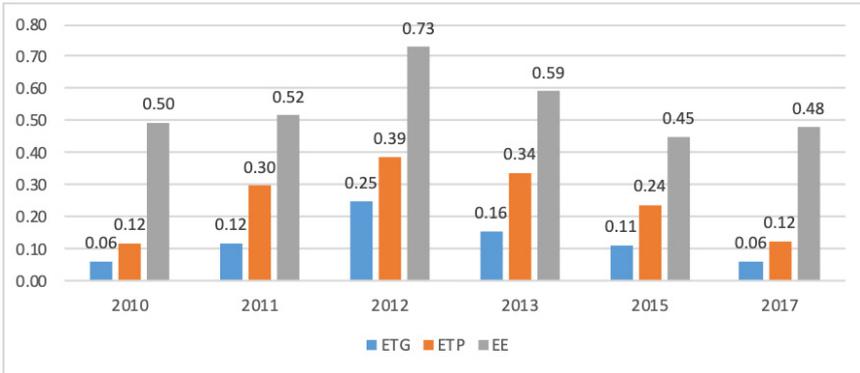
Eficiencia de la educación secundaria por modalidad de servicio

En este subapartado, se tienen los resultados de eficiencia de la educación secundaria por modalidad de servicio para todo el país; en primera instancia la eficiencia de la modalidad de secundaria general, enseguida la de la técnica, y finalmente la de la telesecundaria.

Los resultados de eficiencia de la educación secundaria en su modalidad de secundaria general muestran que el nivel más alto se dio en 2012, cuando obtuvo en los tres niveles de eficiencia —ETG, ETP y EE— los mayores resultados.

Mientras que los años con los más bajos niveles de eficiencia fueron 2010 y 2017. Se observa también que es en la eficiencia de escala donde la educación secundaria en su modalidad general presentó los mejores resultados durante todo el periodo de estudio (gráfica 2).

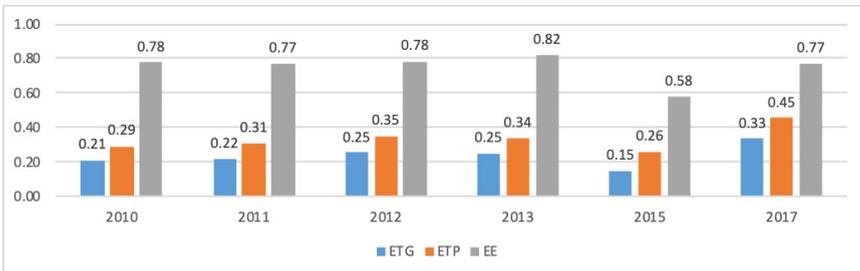
Gráfica 2. Eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala de la secundaria general en México, 2010-2017



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

Los resultados en la modalidad de secundaria técnica en México son mejores que los que se obtienen en las otras dos. En 2017 se alcanzan los mejores resultados para la ETG y la ETP, en tanto que, en el lado opuesto, se encuentra el año 2015 con los niveles más bajos en las tres eficiencias —ETG, ETP y EE—. Se advierte también que, al igual que en la modalidad general, en la secundaria técnica es la eficiencia de escala donde se dan los resultados más altos sin llegar a ser eficiente, es decir, sin obtener el valor de 1 (gráfica 3).

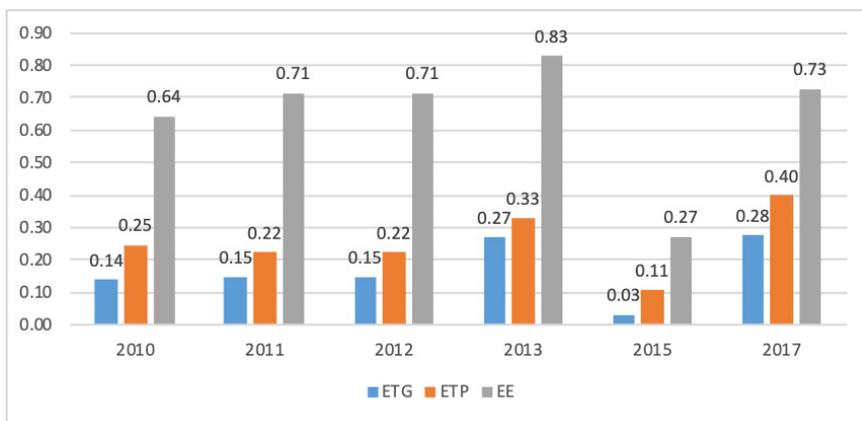
Gráfica 3. Eficiencia técnica global, técnica pura y eficiencia de escala de la secundaria técnica en México, 2010-2017



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

Es en la modalidad de telesecundaria en los municipios de México donde se alcanzan los mejores niveles de eficiencia sobresaliendo 2013 y 2017. Mientras que los resultados más bajos se dieron en 2015 —al igual que en secundaria técnica—. Es la eficiencia de escala —sin llegar a 1— donde se consiguen los mejores resultados para todo el periodo en estudio, al igual y como sucede con las modalidades de secundaria general y técnica (gráfica 4).

Gráfica 4. Eficiencia técnica global, técnica pura y eficiencia de escala de la telesecundaria en México, 2010-2017



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

Eficiencia de la educación secundaria por municipio

En este subapartado se exponen los resultados de eficiencia de la educación secundaria por modalidad de servicio a nivel municipal de las entidades federativas de México.

Se presentan los municipios que fueron eficientes, es decir, que obtuvieron valores de 1 en las tres eficiencias: ETG, ETP y EE, en los años 2013³ y 2017.⁴

Para 2013, los municipios eficientes se encuentran en los estados de Guerrero, Jalisco, México, Morelos, Nuevo León, Puebla, Tabasco y Veracruz (tabla 6), con Guerrero seguido de Veracruz como las entidades con mayor cantidad de municipios eficientes en la modalidad de secundaria general para dicho año en la prueba ENLACE.

³ Último año en el que se presenta la prueba ENLACE (PLANEA, 2018).

⁴ Último año del que se tiene registro de la prueba PLANEA.

Tabla 6. Municipios con los mejores resultados de eficiencia en la prueba ENLACE 2013 en la modalidad de secundaria general

<i>Estado</i>	<i>Municipio</i>	<i>ETG</i>	<i>ETP</i>	<i>EE</i>
Guerrero	Coyuca de Catalán	1	1	1
Guerrero	Cutzamala de Pinzón	1	1	1
Guerrero	Tlapehuala	1	1	1
Jalisco	Talpa de Allende	1	1	1
México	Axapusco	1	1	1
Morelos	Tetela del Volcán	1	1	1
Nuevo León	Cadereyta Jiménez	1	1	1
Puebla	Tlahuapan	1	1	1
Tabasco	Cunduacán	1	1	1
Veracruz	Cosoleacaque	1	1	1
Veracruz	Zongolica	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

En cuanto a la modalidad de secundaria técnica los municipios eficientes pertenecen a Guerrero, Hidalgo, México, Puebla, San Luis Potosí, Sonora y Veracruz (tabla 7). Las tablas 5 y 6 muestran que Coyuca de Catalán, en Guerrero, fue eficiente en la ETG, ETP y EE en las modalidades de secundaria general y técnica para 2013.

Tabla 7. Municipios con los mejores resultados de eficiencia en la prueba ENLACE 2013 en la modalidad de secundaria técnica

<i>Estado</i>	<i>Municipio</i>	<i>ETG</i>	<i>ETP</i>	<i>EE</i>
Guerrero	Alcozauca de Guerrero	1	1	1
Guerrero	Coyuca de Catalán	1	1	1
Hidalgo	Zempoala	1	1	1
México	San Mateo Atenco	1	1	1
México	Temascaltepec	1	1	1
Puebla	Libres	1	1	1
Puebla	San Salvador El Seco	1	1	1
San Luis Potosí	San Antonio	1	1	1
Sonora	Álamos	1	1	1
Veracruz	Catemaco	1	1	1
Veracruz	San Andrés Tuxtla	1	1	1
Veracruz	Santiago Tuxtla	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

En la modalidad de telesecundaria, los municipios eficientes se encuentran en Coahuila, Chihuahua, Guerrero, México, Morelos, Puebla, Sonora y

Tabasco, con Guerrero, Morelos y Tabasco como las entidades con más de estos municipios (tabla 8).

Tabla 8. Municipios con los mejores resultados de eficiencia en la prueba ENLACE 2013 en la modalidad de telesecundaria

<i>Estado</i>	<i>Municipio</i>	<i>ETG</i>	<i>ETP</i>	<i>EE</i>
Coahuila	Sierra Mojada	1	1	1
Chihuahua	Buenaventura	1	1	1
Guerrero	Cualac	1	1	1
Guerrero	Petatlán	1	1	1
México	Huehuetoca	1	1	1
Morelos	Jiutepec	1	1	1
Morelos	Jonacatepec	1	1	1
Puebla	Ixcaquixtla	1	1	1
Sonora	Ures	1	1	1
Tabasco	Comalcalco	1	1	1
Tabasco	Teapa	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

En lo que respecta a la prueba PLANEA, para el año 2017, en las tres modalidades de secundaria, los resultados presentan, en primer lugar, los de secundaria general. En este caso, los municipios eficientes están en Coahuila, Ciudad de México, Nuevo León y Tamaulipas. Con Coahuila, Ciudad de México y Tamaulipas con los de mayor cantidad (tabla 9).

Tabla 9. Municipios con los mejores resultados de eficiencia en la prueba PLANEA 2017 en la modalidad de secundaria general

<i>Estado</i>	<i>Municipio</i>	<i>ETG</i>	<i>ETP</i>	<i>EE</i>
Coahuila	Monclova	1	1	1
Coahuila	Piedras Negras	1	1	1
Ciudad de México	Miguel Hidalgo	1	1	1
Ciudad de México	Azcapotzalco	1	1	1
Nuevo León	Sabinas Hidalgo	1	1	1
Tamaulipas	Nuevo Laredo	1	1	1
Tamaulipas	Tampico	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

En la modalidad de secundaria técnica para la prueba PLANEA 2017, los estados con los municipios eficientes fueron Durango, Jalisco, México, Pue-

bla, San Luis Potosí y Veracruz (tabla 10). Puebla registra la mayor cantidad de municipios eficientes seguida de Estado de México y San Luis Potosí.

Tabla 10. Municipios con los mejores resultados de eficiencia en la prueba PLANEA 2017 en la modalidad de secundaria técnica

<i>Estado</i>	<i>Municipio</i>	<i>ETG</i>	<i>ETP</i>	<i>EE</i>
Durango	Tepehuanes	1	1	1
Jalisco	Talpa de Allende	1	1	1
México	Polotitlán	1	1	1
México	Xonacatlán	1	1	1
Puebla	Libres	1	1	1
Puebla	Quecholac	1	1	1
Puebla	San Salvador El Seco	1	1	1
Puebla	Tlacotepec de Benito Juárez	1	1	1
San Luis Potosí	Moctezuma	1	1	1
San Luis Potosí	San Martín Chalchicuautla	1	1	1
Veracruz	Gutiérrez Zamora	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

En cuanto a la modalidad de telesecundaria para la prueba PLANEA 2017, entre las entidades con municipios eficientes —es decir, con valores de 1— se encuentran Coahuila, Hidalgo, Jalisco, México, Puebla y Sonora. En esta modalidad, al igual que en secundaria técnica, el estado de Puebla tiene mayor cantidad de municipios eficientes (tabla 11).

Tabla 11. Municipios con mejores resultados de la eficiencia en la prueba PLANEA 2017 de la telesecundaria

<i>Estado</i>	<i>Municipio</i>	<i>ETG</i>	<i>ETP</i>	<i>EE</i>
Coahuila	Sierra Mojada	1	1	1
Hidalgo	Huichapan	1	1	1
Hidalgo	Tizayuca	1	1	1
Jalisco	San Miguel el Alto	1	1	1
Jalisco	Totatiche	1	1	1
México	Ixtapan de la Sal	1	1	1
México	Tequixquiác	1	1	1
Puebla	Ixcaquixtla	1	1	1
Puebla	Quecholac	1	1	1
Puebla	Tehuacán	1	1	1
Puebla	Tepanco de López	1	1	1
Puebla	San Miguel Xoxtla	1	1	1
Sonora	Agua Prieta	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

Análisis de holguras (*slacks*)

A partir de los resultados de eficiencia obtenidos para 2017 en la educación secundaria en sus tres modalidades —general, técnica y telesecundaria— se efectúa el análisis *slacks*. En la tabla 12, se observa, en lo referente a los *inputs*, la cantidad de unidades en que debe reducirse cada indicador (por ello los signos negativos) para ser eficientes, así como la cantidad de unidades de *outputs* que se deben aumentar (presentan signos positivos) para alcanzar el resultado óptimo.

De las tres modalidades, la de secundaria general registra los valores más altos en escuelas, alumnos, docentes y presupuesto, lo que da cuenta de los *inputs* que no se aprovecharon adecuadamente respecto a los resultados obtenidos en las pruebas de español y matemáticas. En personal administrativo, la secundaria técnica alcanzó el valor más alto, lo que indica que no está siendo aprovechado adecuadamente para trabajar con mayor eficiencia, en la secundaria técnica en particular, y en las otras dos en general.

Tabla 12. Análisis de holguras (*slacks*), 2017

	ESC	ALUM	DOC	PA	PRES	ESP	MAT
Secundaria general	-7.769	-639.65	-32.068	-3.753	-26456.661	176.275	100.363
Secundaria técnica	-0.437	-43.459	-12.843	-10.58	-1134.222	0.510	21.558
Telesecundaria	-1.717	-43.705	-4.689	-1.845	-1140.547	4.590	15.151

Nota: ESC: Escuelas, ALUM: Alumnos totales, DOC: Docentes, PA: Personal administrativo, PRES: Presupuesto, ESP: Español, MAT: Matemáticas.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en los cálculos de la metodología DEA.

Discusión de resultados

Los análisis de eficiencia se han abordado en diferentes niveles del sistema educativo en diversos países. Sin embargo, para el de secundaria han sido muy pocas las investigaciones que han instrumentado el análisis de la envolvente de datos, si bien destacan Mota & Angulo-Meza (2020), Haghí *et al.* (2020) y Stupnytskyy (2004). Estos autores han realizado estudios en otros países utilizando como *outputs* las pruebas del informe PISA, acercándose más a la investigación que aquí se presenta.

Mota & Angulo-Meza (2020) analizan la eficiencia en Río de Janeiro, Brasil, en relación con los gastos municipales en educación. Trabajan la metodología DEA considerando los *inputs* gasto municipal, número de docentes y número de alumnos matriculados. Mientras que sus *outputs* son el número de estudiantes

que alcanzaron un nivel avanzado en portugués y el número de estudiantes que alcanzaron un nivel avanzado en matemáticas. Implementan el modelo VRS orientado a los *outputs*. Sus resultados coinciden con los del presente trabajo, ya que en ambos se realiza un modelo DEA con orientación al *output*, y aunque los *inputs* y *outputs* considerados son diferentes, en esencia van en la misma dirección. En esta investigación, a diferencia de Mota & Angulo-Meza (2020), se desagrega el análisis DEA en eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala, además de que se lleva a cabo el estudio de cada una de las modalidades de secundaria en cada uno de los municipios de todas las entidades federativas de México.

Haghi *et al.* (2020) revisan los impactos de algunos factores culturales, sociales y económicos de las familias de los estudiantes en la educación y la actitud de ellos ante las matemáticas. Trabajan un modelo DEA CRS tomando como *inputs* las condiciones culturales, sociales y económicas de las familias de 300 estudiantes, y como *outputs* los resultados en la prueba de matemáticas, el interés de los estudiantes en las actividades relacionadas con el curso de matemáticas y la disciplina moral. La investigación de este artículo se diferencia en las variables utilizadas —solo los resultados de la evaluación en matemáticas como uno de los *outputs* es igual—, en la desagregación en el análisis de la eficiencia —se calcula la eficiencia técnica global, la técnica pura y la de escala— y en la presentación de un análisis de holguras.

Stupnytskyy (2004) estudia la eficiencia del sistema de educación secundaria en la República Checa y aplica un modelo DEA para medir la eficiencia técnica con rendimientos constantes, variables y de escala. Como *inputs* utiliza la calidad de los aportes de los docentes, la proporción de docentes por alumno, el porcentaje de docentes internos, la edad de los docentes, la composición por género, la cantidad de años del director que está en funciones, la fluctuación de docentes, la existencia de un centro de orientación profesional y la cooperación con escuelas extranjeras. Como *outputs* considera los resultados de la prueba PISA. Este autor, al igual que nuestro estudio, trabaja un modelo DEA con rendimientos constantes, variables y de escala con orientación *output*. Las diferencias se encuentran en que Stupnytskyy *a)* no realiza el análisis de *slacks*, *b)* no efectúa un análisis por cada modalidad de secundaria, y *c)* son menos las unidades de análisis —aquí se contemplan 2243 municipios de México.

Es importante destacar que, en todos los estudios revisados, al igual que en el trabajo que aquí se desarrolla, los resultados del modelo DEA fueron ineficientes, o más bien bajos. El haber desagregado el análisis por modalidad de secundaria permitió identificar en específico las necesidades requeridas en cada modalidad. Se pudo constatar que la modalidad que alcanzó el nivel más alto de eficiencia fue el de las secundarias técnicas.

Conclusiones

En la presente investigación se llevó a cabo el análisis de la eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala de la educación secundaria en los municipios de las entidades federativas de México durante el periodo 2010-2017, instrumentando la metodología del análisis de la envolvente de datos y buscando identificar la modalidad de educación secundaria —general, técnica y telesecundaria— que ha sido más eficiente.

Las variables utilizadas en el modelo DEA como *inputs* fueron presupuesto, alumnos, docentes, escuelas y personal administrativo, y como *outputs* el número de alumnos en los niveles III (bueno) y IV (excelente) de las pruebas estandarizadas ENLACE y PLANEA en las áreas de español y matemáticas.

La secundaria general es la modalidad o servicio más grande a nivel nacional de este nivel educativo, la que dispone de un mayor presupuesto, mayor cantidad de escuelas y más cantidad de docentes. Por ello era de esperarse que obtuviera los mejores resultados de eficiencia, es decir, que fueran sus alumnos los que alcanzaran los mejores resultados en las pruebas estandarizadas PLANEA y ENLACE. Sin embargo, fue la de menor promedio en nivel de eficiencia.

Los resultados de la eficiencia técnica con rendimientos variables a escala para las tres modalidades de secundaria muestran que la técnica es la que obtuvo los resultados más altos con 0.33 en promedio para los años revisados; en segundo lugar se encuentra la telesecundaria con un promedio de 0.255, y, finalmente, la secundaria general tuvo un nivel de eficiencia promedio de 0.252. Los mejores niveles de eficiencia alcanzados por la secundaria técnica se explican por su mayor número de estudiantes en los niveles bueno y excelente de español y matemáticas.

Por modalidad de servicio, la eficiencia de escala (EE) —sin llegar a ser eficiente, es decir, sin obtener el valor de 1— obtiene los mejores resultados en las tres modalidades de educación secundaria para todos los años revisados. En segundo lugar de importancia está la eficiencia técnica pura (STP) y en tercero, la eficiencia técnica global (ETG).

En el análisis *slacks* de las tres modalidades de la educación secundaria, es la general la que tiene los valores más altos en los *inputs* escuelas, alumnos, docentes y presupuesto, lo que quiere decir que estos no se aprovecharon adecuadamente respecto a los resultados obtenidos en las pruebas de español y matemáticas. En el caso del *input* personal administrativo, fue la secundaria técnica la que alcanzó el valor más alto —seguida de la general y telesecundaria, en ese orden—, lo que indica que el personal administrativo no está siendo aprovechado adecuadamente para poder trabajar con mayor eficiencia en esta modalidad en particular y en el resto de modalidades en general.

La hipótesis planteada se cumple debido a que la educación secundaria en México para todos los municipios y todas las modalidades revisadas presentó bajos niveles de eficiencia durante el periodo 2010-2017. Se tuvo un promedio de eficiencia en el modelo DEA con rendimientos constantes de 0.175, rendimientos variables de 0.27 y eficiencia de escala de 0.63. Esto es, no existió una combinación óptima de docentes, alumnos, presupuesto, personal administrativo y número de escuelas tomando como referencia los resultados de las pruebas ENLACE y PLANEA en las áreas de español y matemáticas.

Después de analizar los resultados de eficiencia obtenidos en las pruebas estandarizadas, se observa que la eficiencia técnica de las escuelas que se estudiaron por cada servicio educativo de secundaria tiene un promedio muy bajo, es decir, que muy pocas escuelas logran que sus alumnos desarrollen los aprendizajes máximos esperados en el sistema educativo nacional.

La política pública a implementar deberá orientarse a alcanzar una mayor eficiencia de los *inputs* utilizados en este estudio, así como al diseño de políticas educativas para aumentar los niveles de bueno y excelente en las áreas de español y matemáticas en la educación secundaria. Se hace necesario instrumentar políticas públicas que eleven la calidad educativa en las tres modalidades de servicio de la educación secundaria en México.

Como limitación del presente estudio se aclara que no se alcanzó la cobertura del 100% de los municipios del conjunto de entidades federativas del país para el periodo considerado (2010-2017), aun y cuando se dispuso de información del 91.29% del total de los municipios a nivel nacional.

Como futuras líneas de investigación se recomienda replicar este estudio con la finalidad de efectuar un análisis comparativo por entidad federativa. Otra línea de investigación en esta misma dirección se vincula con la revisión de los resultados obtenidos para México en el contexto de las principales economías más y menos desarrolladas.

Finalmente, los resultados derivados de este estudio proporcionan elementos que permiten llevar a efecto políticas educativas que fortalezcan las modalidades de educación secundaria que tuvieron los resultados más bajos. De esta manera se contribuye con directrices que ayuden a mejorar el nivel educativo de la educación secundaria en el país.

Referencias

Acemoglu, D., & Robinson, J. (2006). De facto political power and institutional persistence. *American Economic Review*, 96(2), 325-330. <https://doi.org/10.1257/000282806777212549>

- Afonso, A., & Aubyn, M. (2005). *Cross country efficiency of secondary education provision. A semi-parametric analysis with nondiscretionary inputs*. (Working Paper Series, no. 494/June). European Central Bank. <https://doi.org/10.1257/000282806777212549>
- Antoni, M. (2002). *Estrategias para mejorar el rendimiento académico de los adolescentes*. Madrid: Pirámide.
- Arredondo, M. (1983). El concepto de calidad de la educación superior. *Perfiles Educativos*, (19).
- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Battese, G., & Corra, G. (1977). Estimation of a production frontier model: With application to the Pastoral Zone of Eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Economics*, (21), 169-179. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.1977.tb00204.x>
- Cano, J. S. (2001). Rendimiento escolar y sus contextos. *Revista Complutense de Educación*, 12(1), 15-80. <https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/RCED0101120015A>
- Caracas, B., & Ornelas, M. (2019). La evaluación de la comprensión lectora en México. El caso de las pruebas EXCALE, PLANEA y PISA. *Perfiles Educativos*, 41(164), 8-27. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2019.164.59087>
- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1979). Short communication: Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operations Research*, (339). <https://personal.utdallas.edu/~ryoung/phdseminar/CCR1978.pdf>
- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operations Research*, 2(6), 429-444. [http://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](http://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A., & Seiford, L. (1993). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methods, and Application*. Nueva York: Quorum Books.
- Coase, R. (1998). The new institutional economics. *American Economic Review*, 88(2), 72-74.
- Coleman, J. (1968). Equality of educational opportunity. *Equity & Excellence in Education*, 6(5), 19-28. <https://doi.org/10.1080/0020486680060504>
- Coll, V., & Blasco, O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos*. Valencia. https://www.uv.es/vcoll/libros/2006_evaluacion_eficiencia_DEA.pdf

- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, 19(3), 273-292. <https://doi.org/10.2307/1906814>
- Dincă, M. S., Dincă, G., Andronic, M. L., & Pasztori, A. M. (2021). Assessment of the European Union's educational efficiency. *Sustainability*, 13(6), 3116. <https://doi.org/10.3390/su13063116>
- Färe, R., Grosskopf, S., & Lovell, C. (1994). *Production Frontiers*. Nueva York: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2626-0_1
- Farrell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Fatimah, S., & Mahmudah, U. (2017). Two-Stage Data Envelopment Analysis (DEA) for measuring the efficiency of elementary schools in Indonesia. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(8), 1971-1987.
- García-Díaz, R., Castillo, E., & Cabral, R. (2020). Efficiency in Mexican elementary schools: A regional comparative. *Investigación Económica*, 79(13), 112-141. <https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2020.313.75131>
- Haghi, E., Rostamy-Malkhalifeh, M., Behzadi, M., & Shahvarani, A. (2020). Performance evaluation of schools' math education from a cultural, social and economic point of view by Data Envelopment Analysis modeling. *Measurement and Control*, 53(3-4), 454-460. <https://doi.org/10.1177/0020294019877523>
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). (2017). *Informe de resultados PLANEA 2015*. México: INEE.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Cuéntame de México: Territorio*. <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/division/default.aspx?tema=T>
- Iregui, M., Melo, L., & Ramos, J. (2006). *Evaluación y análisis de eficiencia de la Educación en Colombia*. Bogotá: Banco de la República. <https://doi.org/10.32468/be.381>
- Johnes, J., Portela, M., & Thanassoulis, E. (2017). Efficiency in education. *Journal of the Operational Research Society*, 68(4), 331-338. <https://doi.org/10.1057/s41274-016-0109-z>
- Koopmans, T. (1951). Efficient allocation of resources. *Econometrica*, 19(4), 455-465. <https://doi.org/10.2307/1907467>
- Köster, A. (2016). Educación asequible, accesible, aceptable y adaptable para los pueblos indígenas en México: Una revisión estadística. *Alteridad*, 11(1), 33-52. <http://dx.doi.org/10.17163/alt.v11n1.2016.03>

- Malesevic, P., & Mihaljevic, K. (2020). The efficiency of universities in achieving sustainable development goals. *Amfiteatru Economic*, 22(54), 516-532. <https://doi.org/10.24818/EA/2020/54/516>
- Mclachlan de Arregui, P. (2009). *Difusión y uso de resultados de evaluaciones educativas a gran escala en América Latina*. En E. Martín & F. Rizo (Coords.), *Avances y desafíos en la evaluación educativa* (pp.147-159). Madrid: Santillana.
- Meeusen, W., & Van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435-444. <https://doi.org/10.2307/2525757>
- Meyer, J. W. (1977). The effects of education as an institution. *American Journal of Sociology*, 83(1), 55-77. <https://doi.org/10.1086/226506>
- Meyer, J. W., & Rowan, B. (1977). Institutionalized organizations: formal structure as myth and ceremony. *American Journal of Sociology*, 83(2), 340-363. https://www.ccsa.ufpb.br/gets/contents/documentos/meyer_rowan_teor%C3%ADa_institucional.pdf
- Mínuci, E., Ferreira, A., & Hall, J. (2019). A Data Envelopment Analysis of West Virginia school districts, *Heliyon*, 5(7), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01990>
- Morales, J., Zúñiga, S., & García, V. (2016). Hacia una calidad educativa: indicadores de eficiencia y eficacia en México. *Edäbi. Boletín Científico de Ciencias Sociales y Humanidades del ICSHu*, 2(8). <https://doi.org/10.29057/icshu.v2i8.290>
- Mota, T., & Angulo-Meza, L. (2020). The use of DEA as a tool to evaluate public expenditure on education: an analysis of the cities of the state of Rio de Janeiro. *An Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(2), e20190187. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190187>
- Myrdal, G. (1978). Institutional economics. *Journal Economics Issues*, 12(4), 771-783
- Navarro-Chávez, C., & Delfín-Ortega, O. (2020). La eficiencia de la educación superior en México, 2008-2016: Un modelo DEA dinámico-network. *Perfiles Latinoamericanos*, 28(56). 261-298. <http://doi.org/10.18504/pl2856-011-2020>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2019). *Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) PISA 2018-Resultados, México*. México: OCDE.
- Pérez, G. (1978). Definición multidimensional del rendimiento escolar en relación con el nivel sociocultural. *Revista Ciencias de la Educación*, (96), 591.

- Pérez-Luñu, A., Ramón, J., & Sánchez, J. (2000). *Análisis exploratorio de las variables que condicionan el rendimiento académico*. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide.
- Piñeros, J. D. (2010). *Descentralización, gasto público y sistema educativo oficial colombiano: un análisis de eficiencia y calidad*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA). (2018). *Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes*. (Documentos del SNEE). México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- Raposo, I., & Menezes, T. (2011). *Public school efficiency using data envelopment analysis: An empirical application for Brazil*. (ERSA conference papers, ersa11p1594). European Regional Science Association.
- Richter, R. (2015). New economic sociology and new institutional economics. En R. Richter, *Essays on new institutional economics* (pp. 51-75). Springer: Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14154-1_3
- Rodríguez, I. D. (2014). Eficiencia de la educación superior en Colombia: un análisis mediante fronteras. *CIFE*, 16(24), 161-194.
- Santín, D., & Sicilia, G. (2015). Measuring the efficiency of public schools in Uruguay: main drivers and policy implications. *Latin American Economic Review*, (24), 5. <https://doi.org/10.1007/s40503-015-0019-5>
- Schultz, T. (1967). The rate of return in allocating investment resources to education. *Journal of Human Resources*, 2(3), 293-309. <https://doi.org/10.2307/144836>
- Schultz, T. (1961). Investment in human capital. *American Economics Review*, 51(1), 1-17.
- Schultz, T. (1960). Capital formation by education. *Journal of Political Economics*, 68(6), 571-583. <https://doi.org/10.1086/258393>
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2017a). *Sistema Interactivo de Consulta de Estadística Educativa*. Sistema Interactivo de Consulta de Estadística Educativa. <http://www.planeacion.sep.gob.mx/principalescifras/>
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2017b). *Evaluación Nacional de Logro Académico de Centros Escolares*. Evaluación Nacional de Logro Académico de Centros Escolares. <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/01/P1D246.pdf>
- Stupnytskyy, O. (2004). *Secondary schools efficiency in the Czech Republic*. Praga: Center for Economic Research and Graduate Education/Economics Institute.

- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the theory and application of Data Envelopment Analysis: A foundation text with integrated software*. Birmingham, Inglaterra: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1407-7>
- Thiema, C., & Prior, D. (2005). *Liderazgo y eficiencia en la educación primaria. El caso de Chile*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Economía de la Empresa.
- Tolbert P., & Zucker L. (1999). The institutionalization of institutional theory. En S. R. Clegg & C. Hardy (Eds.), *Studying organization. Theory and method* (pp. 169-184). Londres: SAGE. <https://doi.org/10.4135/9781446218556.n6>
- Torres, Z., Navarro, C., & Gómez, R. (2012). La eficiencia del sector educativo en las principales ciudades de Michoacán, 2000-2009. *Mundo Siglo XXI, VII*(27), 35-52.
- Williamson, O. E. (1985). Reflections on the new institutional economics. *Journal of Institutional and Theoretical Economics, 141*(1), 187-195. <http://www.jstor.org/stable/40750794>
- Zucker, L. (1987). Institutional theories of organization. *Annual Review of Sociology, 13*(1), 443-464. <https://doi.org/10.1146/annurev.so.13.080187.002303>