

El efecto de la eficiencia educativa en el desarrollo regional en México

The effect of educational efficiency on regional development in Mexico

Martin Flegl¹

David Güemes Castorena²

Fecha de recepción: 19 de enero de 2026

Fecha de aceptación: 29 de julio de 2026

¹ Nacionalidad: Checa. Adscripción: Tecnológico de Monterrey
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9944-8475> Correo: martin.flegl@tec.mx

² Nacionalidad: mexicana. Adscripción: Tecnológico de Monterrey
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6346-2873> Correo: guemes@tec.mx



LICENCIA:
Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Resumen

El sistema educativo mexicano enfrenta importantes desafíos derivados de brechas sociales y regionales, entre ellos la falta de personal docente, materiales pedagógicos, programas de estudio actualizados, infraestructura y servicios suficientes, así como un gasto gubernamental reducido en educación y cuerpos académicos con programas de formación deficientes. Además, el acceso a la educación es limitado para los grupos vulnerables, especialmente en zonas rurales. Por ello, el interés por evaluar el desempeño de este sistema ha cobrado relevancia. En este estudio se analiza la eficiencia del sistema educativo mexicano y su relación con el desarrollo regional, económico y social mediante un modelo de Análisis Envolvente de Datos en Red (NDEA) de dos etapas. La primera etapa calcula la eficiencia del proceso educativo en tres niveles académicos: primaria, secundaria y medio superior; mientras que la segunda etapa evalúa la relación entre la educación y el desarrollo regional, económico y social. Dado que el análisis incluye información de las 32 entidades federativas de México para cinco ciclos escolares entre 2000 y 2020, se empleó el índice de productividad Malmquist para observar los cambios de productividad en ambas etapas. Los resultados muestran que una mayor calidad educativa se asocia con un mayor desarrollo regional, económico y social; sin embargo, dicho desarrollo no se refleja necesariamente en una mayor eficiencia en la etapa de desarrollo.

Palabras clave: Impacto educativo, Eficiencia, Análisis Envolvente de Datos en Red, Índice Malmquist, Desarrollo regional.

Abstract

The Mexican education system faces challenges due to social and regional gaps, including a lack of teaching staff, pedagogical materials, updated study programs, insufficient infrastructure, and services, lower government expenditure on education, and academic staff with poor training programs. Furthermore, access to education is low for vulnerable groups, especially in rural areas. Therefore, the evaluation of this system has gained importance. Through this study, the efficiency evaluation of Mexican education and its relationship with regional, economic, and social development is analyzed through a two-stage Network Data Envelopment Analysis (NDEA) model. Stage 1 calculates the efficiency of the educational process at three academic levels: Primary school, Junior high school, and High school, while Stage 2 evaluates the relationship between education and regional, economic, and social development. As the analysis includes information from all 32 Mexican states over five academic years from 2000 to 2020, the Malmquist productivity index was used to examine productivity changes at both stages. The results revealed that better educational quality is associated with higher regional, economic, and social development, but this development is not reflected in higher efficiency in the development stage.

Keywords: Educational impact, Efficiency, Network Data Envelopment Analysis, Malmquist index, Regional development.

Introducción

A pesar de los avances, en México el gasto promedio por estudiante disminuyó entre 0.3% y 0.5% anual, debido a que la matrícula creció más rápido que el gasto educativo (OECD, 2022). Como consecuencia, los docentes de primaria recibieron alrededor de 40% menos salario que el promedio de la OCDE durante sus primeros diez años de experiencia, y 26% menos en secundaria (OECD, 2022). Además, el 40% del profesorado no completó los programas de formación requeridos y tres de cada diez maestros de primaria no contaban con un título de educación superior (García, 2018).

La baja calidad educativa, el limitado desarrollo social y la escasez de oportunidades económicas han impulsado la migración hacia regiones más prósperas (Eggert *et al.*, 2010). El acceso educativo es especialmente reducido en zonas rurales, donde las largas distancias representan una barrera significativa (Ama *et al.*, 2020) y la baja densidad poblacional incrementa los costos de inversión (Cattaneo *et al.*, 2022). En estas comunidades, seis de cada diez jóvenes de 15 a 17 años vivían aislados y sin escuelas cercanas; 13.2% de quienes se encontraban en pobreza extrema no asistían a la educación obligatoria, y tres de cada diez estudiantes abandonaban la escuela por falta de recursos (García, 2018).

La continuidad educativa también enfrenta retos. La tasa neta de matrícula en primaria disminuyó de 94.8% en 2014 a 89.8% en 2022 (SEP, 2022). La eficiencia terminal fue de 96.7% en primaria, 91.0% en secundaria y 64.9% en bachillerato. Una mayor asignación de recursos podría reducir la migración interregional y mejorar el desempeño económico (Eggert *et al.*, 2010).

El sistema educativo mexicano ha tenido dificultades para responder a los cambios demográficos y a las desigualdades sociales, económicas y culturales, lo que ha limitado su contribución al desarrollo (Roldán Vera & Robles Valle, 2021; Puryear *et al.*, 2012). En este contexto, el presente estudio evalúa la eficiencia educativa en México y su relación con el desarrollo regional, económico y social mediante

un modelo de Análisis Envolvente de Datos en Red (NDEA, por sus siglas en inglés) de dos etapas. El análisis utiliza datos oficiales del Sistema Educativo Nacional y del Índice de Desarrollo Humano de las 32 entidades federativas.

El estudio se guía por las siguientes preguntas de investigación:

- PI1: ¿Cuál es el nivel de eficiencia del proceso educativo en los niveles analizados?
- PI2: ¿Existen diferencias significativas en la eficiencia educativa según el nivel académico?
- PI3: ¿Qué factores explican una mayor eficiencia educativa?
- PI4: ¿Una mayor eficiencia educativa se traduce en un mejor desarrollo regional, económico y social?

El artículo se organiza de la siguiente manera: la siguiente sección presenta una revisión de literatura sobre aplicaciones del DEA en educación y desarrollo; la sección de Materiales y métodos describe la metodología NDEA y la base de datos; la sección de Resultados expone los puntajes de eficiencia y la relación entre educación y desarrollo; finalmente, la sección de Discusión analiza las implicaciones, limitaciones y líneas de investigación futuras.

1. Revisión de la literatura

1.1 Evaluaciones de eficiencia no paramétricas

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una técnica no paramétrica ampliamente utilizada para evaluar la eficiencia y la productividad en diversos sectores (Mahmoudi *et al.*, 2020). Sus aplicaciones incluyen la eficiencia regional en sistemas de innovación (Avilés-Sacoto *et al.*, 2020), la seguridad pública en México (Flegl & Hernández Gress, 2023),

la asignación de recursos en cadenas de suministro sostenibles (Moghaddas *et al.*, 2022) y el desempeño del turismo cultural (Wu & Lin, 2022). Su principal fortaleza radica en evaluar el desempeño relativo de unidades homogéneas (DMUs) con pocos supuestos sobre las variables y mediante una frontera de eficiencia basada en los mejores desempeños observados (Cooper *et al.*, 2011).

1.2 Evaluaciones de eficiencia en educación

DEA cuenta con una amplia trayectoria en el análisis del sector educativo, con estudios a nivel institucional, regional e internacional. Entre las aplicaciones institucionales destacan las evaluaciones de escuelas secundarias (Ben Yahia *et al.*, 2018; Halásková *et al.*, 2022), de universidades (Chen *et al.*, 2021; Santos Tavares *et al.*, 2021; Shamohammadi & Oh, 2019) y de programas educativos (Mendoza-Mendoza *et al.*, 2023).

A nivel regional o internacional, DEA se ha utilizado para comparar eficiencia entre escuelas públicas y privadas en América Latina (Delprato & Antequera, 2021), medir la contribución universitaria al desarrollo sostenible (Matulová, 2023), evaluar distritos escolares (Minuci *et al.*, 2019), analizar educación básica en Túnez (Ramzi *et al.*, 2016), comparar sistemas de educación superior en 50 países (See *et al.*, 2022) y medir la eficiencia del sistema educativo obligatorio en Taiwán (Lin & Yu, 2023).

1.3 Análisis Envolvente de Datos y calidad educativa

La calidad educativa, entendida como la eficiencia en la transformación de recursos en resultados de aprendizaje, es un concepto multidimensional que involucra infraestructura, docentes, estudiantes, personal administrativo y resultados académicos (Velásquez Rodríguez *et al.*, 2022; Flegl & Andrade Rosas, 2019).

En los modelos DEA, los insumos suelen incluir gasto educativo, financiamiento, número de estudiantes, personal académico y no académico (Chen *et al.*, 2021; Minuci *et al.*, 2019). Los productos abarcan tasas de matrícula y de egreso (Santos Tavares *et al.*, 2021), resultados de pruebas estandarizadas (Delprato & Antequera, 2021), deserción (Ben Yahia *et al.*, 2018), empleabilidad (See *et al.*, 2022) y producción científica (Shamohammadi & Oh, 2019).

La definición y la operacionalización de la calidad educativa varían según el marco teórico adoptado. El enfoque de Capital Humano (Becker, 1964; Schultz, 1961) concibe la educación como una inversión que incrementa la productividad individual y, en consecuencia, el crecimiento económico agregado; bajo esta perspectiva, la calidad educativa se refleja indirectamente en resultados económicos como el ingreso o el producto interno bruto per cápita. Por otro lado, el enfoque de capacidades (Sen, 1999) concibe la educación como un medio para ampliar las libertades reales y las oportunidades de las personas, más allá de su retorno económico directo; este enfoque sustenta la construcción del Índice de Desarrollo Humano (IDH) (UNDP, 2023). Finalmente, el enfoque de resultados de aprendizaje (Hanushek & Woessmann, 2008) define la calidad educativa en función de los conocimientos y habilidades efectivamente adquiridos por los estudiantes, generalmente medidos mediante pruebas estandarizadas.

Este estudio adopta una perspectiva híbrida. En una primera etapa, la calidad educativa se aproxima mediante indicadores de acceso y trayectoria escolar (eficiencia terminal, tasa de matrícula y tasa de abandono), los cuales constituyen proxis de la capacidad del sistema educativo para retener y avanzar a los estudiantes, más que una medición directa de aprendizaje mediante pruebas estandarizadas; esta distinción se retoma como limitación en la sección de Discusión. En la segunda etapa, el uso del IDH conecta explícitamente el análisis con el enfoque de capacidades de Sen (1999), mientras que la inclusión del PIB per cápita como uno de sus componentes recoge la lógica del enfoque de Capital Humano, según la cual la educación se traduce en desarrollo económico.

1.4 Evaluaciones de eficiencia del desarrollo regional y económico

DEA también se ha aplicado ampliamente al análisis del desarrollo regional. Entre sus usos destacan la medición de eficiencia en desarrollo económico, seguridad pública y bienestar social (Chen, 2017), la evaluación del bienestar asociado al IDH en México (Giménez et al., 2017), la calidad de vida en Estados Unidos (Marshall & Shortle, 2016), el desarrollo tecnológico en Corea del Sur (Min et al., 2020), la gestión de finanzas públicas en Europa (Moreno & Lozano, 2016) y el desempeño regional en sostenibilidad (Qu et al., 2022).

Respecto al vínculo entre educación y desarrollo, estudios previos han analizado la eficiencia universitaria en la transferencia de conocimiento (Bergal-Mirabent et al., 2013), la relación entre universidades y sistemas regionales de innovación (Rodionov & Velichenkova, 2020) y la contribución de la educación superior al desarrollo económico en los países de la OCDE (Vliamos & Tzeremes, 2006).

2. Materiales y métodos

2.1 Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El DEA es una técnica de programación lineal utilizada para evaluar la eficiencia relativa de un conjunto de entidades comúnmente denominadas Unidades de Toma de Decisión (DMUs). El DEA calcula la eficiencia de cada DMU en relación con las demás, de acuerdo con su capacidad para transformar múltiples recursos en múltiples resultados. Una vez obtenidas las calificaciones de eficiencia, el DEA establece una frontera eficiente en la que se

ubican las DMUs con mejor desempeño, mientras que las situadas fuera de dicha frontera se consideran ineficientes (Cooper et al., 2011).

El modelo DEA básico, linealizado, orientado a productos y bajo la tecnología de productividad de rendimientos constantes a escala (CRS), se define de la siguiente manera:

Minimizar

$$q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v \quad (1)$$

sujeto a

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + v - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} &\geq 0, j=1, 2, \dots, n. \\ \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} &= 1 \\ \mu_r, v_i &\geq \varepsilon \end{aligned} \quad (2)$$

donde x_{ij} es la cantidad del insumo i de la DMU_{*j*}, y_{rj} es la cantidad del producto r de la DMU_{*j*}, y μ_r y v_i son los pesos (multiplicadores) de los productos e insumos, respectivamente. El término ε es una constante no arquimediana necesaria para evitar pesos cero en los insumos y productos. La DMU₀ es eficiente si $q=1$, es decir, si no existe otra DMU que produzca más productos con la misma combinación de insumos; mientras que la DMU₀ es ineficiente si $q>1$.

Con el tiempo, el DEA se ha ampliado a diversos campos teóricos y aplicados. Uno de sus desarrollos más relevantes es el DEA en red (Network DEA, NDEA), especialmente los modelos de dos etapas. Estudios como los de Kao (2009), Tone & Tsutsui (2009) y Cook et al. (2010) revisan estas estructuras en red, que incluyen procesos de dos o múltiples etapas. Entre los modelos de dos etapas, el más común es el proceso en serie, en el que los productos de la primera etapa sirven de insumo para la segunda.

2.2 Índice de productividad Malmquist

El índice de productividad Malmquist mide el cambio en la productividad de una DMU entre dos periodos y se define como el producto del cambio en la eficiencia y el cambio tecnológico. El primero (catch-up) indica si la DMU mejora o empeora su eficiencia, mientras que el segundo (frontier shift) refleja el desplazamiento de la frontera tecnológica entre periodos (Cooper *et al.*, 2011).

$$M_0 = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (3)$$

Si $M_0 > 1$, se indica una ganancia en productividad; si $M_0 < 1$, se señala una pérdida de productividad; y si $M_0 = 1$, significa que no hubo cambio en la productividad del periodo t al periodo $t+1$ (Chen & Ali, 2004). El índice de productividad Malmquist puede descomponerse en un componente de cambio en eficiencia (efficiency catchup (EFFCH)) y un componente de cambio tecnológico (frontiershift (TECH)) (Färe *et al.*, 1992), donde:

$$\text{EFFCH} = D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) / D_0^t(x^t, y^t) \quad (4)$$

y

$$\text{TECH} = \left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right)^{1/2} \quad (5)$$

de forma que

$$M_0 = \text{EFFCH} \cdot \text{TECH} \quad (6)$$

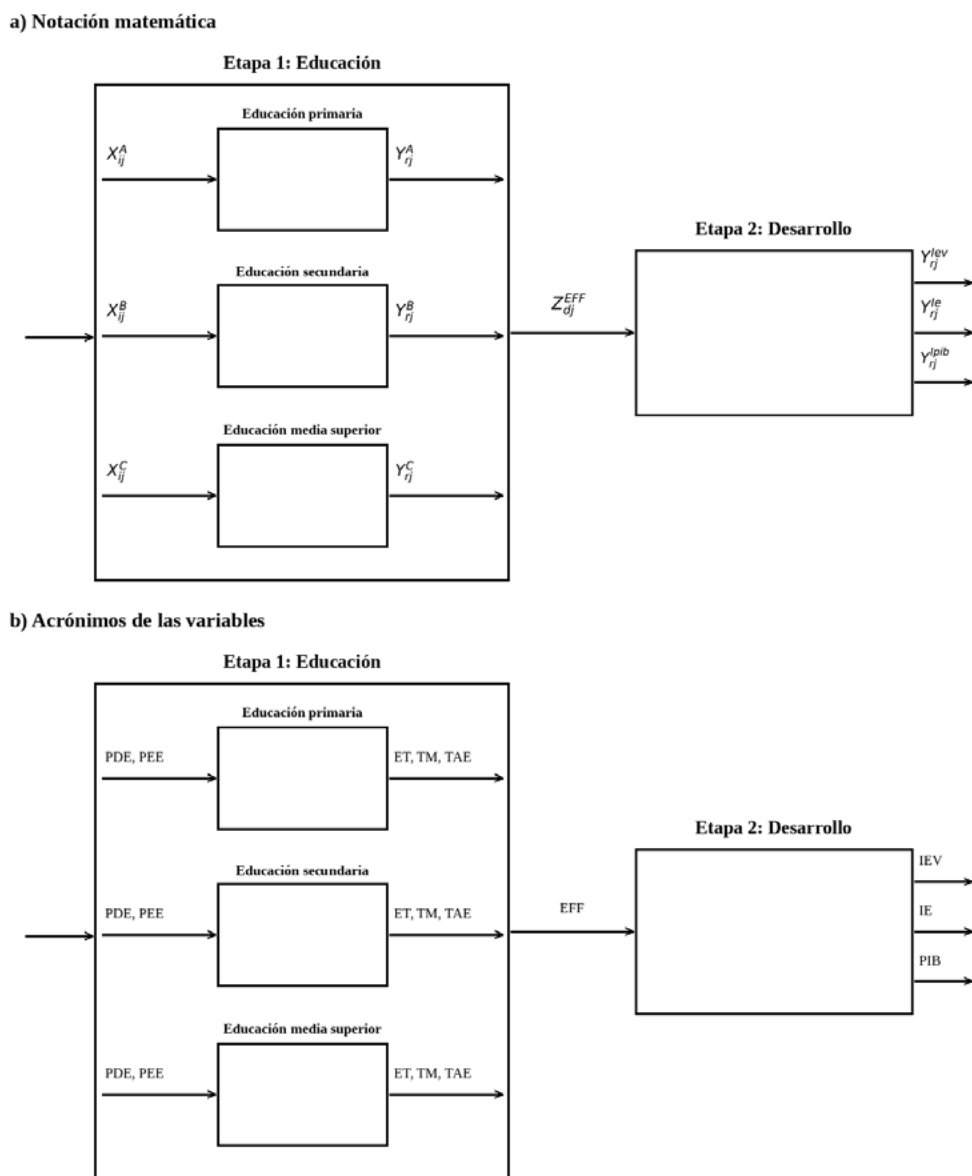
2.3 Estructura del modelo

El modelo DEA utilizado se muestra en la Figura 1 y adopta un diseño en red de dos etapas: la etapa educativa y la etapa de desarrollo. La Figura 1 incluye dos partes: la (a) presenta la notación matemática del modelo, y la (b) presenta el modelo DEA utilizando los acrónimos de las variables descritas en esta sección, para facilitar su lectura. La Etapa 1 evalúa la eficiencia del proceso educativo en tres niveles: primaria (ISCED 1), secundaria (ISCED 2) y media superior (ISCED 3). Los insumos de esta etapa son la proporción docente-estudiante (PDE) y la proporción escuela-estudiante (PEE). Aunque la literatura suele emplear la proporción estudiante-docente (Brunello & Checchi, 2005; Vliamos & Tzeremes, 2006), en el análisis se utiliza el PDE bajo el supuesto DEA de que un mayor número de docentes por estudiante permite una mayor atención individual y mejores resultados de aprendizaje (Kedagni *et al.*, 2021). El PEE refleja la accesibilidad educativa, pues un mayor número de escuelas por estudiante implica una mayor disponibilidad de espacios. Enfoques similares han sido utilizados por Ramzi *et al.* (2016) y Halásková *et al.* (2022).

Los productos de la Etapa 1 son la eficiencia terminal (ET), la tasa de matrícula (TM) y la tasa de abandono escolar (TAE). La ET mide la proporción de estudiantes que concluyen el nivel en el tiempo previsto; la TM refleja la cobertura respecto de la población en edad escolar; y la TAE, tratada como un producto indeseable (Flegl & Hernández Gress, 2023; Seiford & Zhu, 2002), representa el porcentaje de estudiantes que abandonan el ciclo. Cada submodelo (primaria, secundaria y media superior) mantiene la misma estructura de insumos y productos.

La Etapa 2 analiza la relación entre la educación y el desarrollo regional, económico y social. En la literatura, esta relación suele medirse mediante variables como desempleo (Chen, 2017; Murias *et al.*, 2006), ingreso (Murias *et al.*, 2006), PIB (Giménez *et al.*, 2017; Moreno & Lozano, 2016; Qu *et al.*, 2022; Rodionov & Velichenkova, 2020), alfabetización (Giménez *et al.*, 2017), esperanza de vida (Qu *et al.*, 2022) o actividades innovadoras (Rodionov & Velichenkova, 2020).

Figura 1. Estructura de modelo de 2 etapas (elaboración propia): a) notación matemática; b) acrónimos de las variables utilizadas en el estudio



En este estudio, el resultado de la Etapa 2 es el Índice de Desarrollo Humano (IDH), que integra tres dimensiones: (i) vida larga y saludable, (ii) acceso al conocimiento y (iii) nivel de vida digno. El IDH se calcula como la media geométrica de los índices normalizados de esperanza de vida (IEV), educación (IE) (compuesto por $\frac{2}{3}$ de alfabetización y $\frac{1}{3}$ de matrícula) y PIB per cápita (UNDP, 2023).

$$IDH = \frac{1}{3} I_{IEV} + \frac{1}{3} I_{IE} + \frac{1}{3} I_{PIB} \quad (7)$$

Suponemos que el IEV representa el desarrollo regional, el IE el desarrollo social y el PIB el desarrollo económico. Estas tres dimensiones se utilizan como productos independientes en la Etapa 2. Este enfoque es consistente con estudios previos que emplean el IDH o índices desagregados en modelos DEA (Giménez *et al.*, 2017; Van Puyenbroeck & Rogge, 2020; Murias *et al.*, 2006). Finalmente, los puntajes de eficiencia obtenidos en la Etapa 1 para los tres niveles educativos (EFF) se utilizan como insumos intermedios

en la Etapa 2, siguiendo la estructura de procesos DEA de dos etapas descrita por Kao & Hwang (2008).

Al realizar un NDEA es posible que exista una superposición de información entre ambas etapas del modelo. En este caso, la TM, producto de la Etapa 1, y la tasa neta de matrícula que integra el IE del IDH en la Etapa 2, capturan un concepto conceptualmente relacionado, aunque no idéntico pues la TM se calcula por nivel académico, mientras que la matrícula neta del IE es un indicador general, y el componente de alfabetización del IE, con mayor ponderación (%), no tiene contraparte en la Etapa 1. Además, el insumo que conecta efectivamente ambas etapas no es la TM en sí, sino el puntaje de eficiencia DEA de la Etapa 1, una medida relativa que combina PDE, PEE, ET, TM y TAE frente a la frontera eficiente, lo que atenúa la superposición directa. No obstante, el uso del IDH como producto en la Etapa 2 es una práctica establecida en esta literatura (Giménez *et al.*, 2017; Van Puyenbroeck & Rogge, 2020; Murias *et al.*, 2006), y la endogeneidad entre etapas es un problema metodológico reconocido en los modelos DEA en red que algunos estudios abordan explícitamente (Tan *et al.*, 2021).

Para verificar la robustez de los resultados frente a esta superposición, se recalculó la Etapa 2 excluyendo el IE y utilizando únicamente el IEV y el PIB per cápita normalizado como productos.

La selección de insumos y productos combinó un criterio teórico y uno estadístico. Teóricamente, las variables siguen la literatura DEA en educación, que emplea de forma consistente la proporción docente-estudiante y escuela-estudiante como insumos, y la eficiencia terminal, la tasa de matrícula y la tasa de abandono como productos (Ben Yahia *et al.*, 2018; Halásková *et al.*, 2022; Kedagni *et al.*, 2021; Ramzi *et al.*, 2016). Estadísticamente, se verificó la isotonicidad entre insumos y productos (es decir, que más insumo se asocie con más producto deseable), siguiendo el procedimiento recomendado por Golany & Roll (1989) y Nunamaker (1985): se calculó la correlación de Pearson entre cada insumo y cada producto de la Etapa 1 en el panel completo (32 estados, cinco ciclos, por nivel).

2.4 Datos

El análisis considera información de los 32 estados de México para el periodo 2000-2020. Dado que la mayoría de las variables educativas se publican cada cinco años, se utilizaron cinco ciclos escolares: 2000/2001, 2005/2006, 2010/2011, 2015/2016 y 2020/2021. Los indicadores PDE, PEE, ET, TM y TAE de la Etapa 1 se obtuvieron del Sistema Interactivo de Consulta de Estadísticas Educativas de la Secretaría de Educación Pública (INEGI, 2023a). El PDE y el PEE son razones simples (docentes y escuelas, respectivamente, entre estudiantes matriculados, sin unidad); ET, TM y TAE se expresan en porcentaje. La Tabla 1 presenta las estadísticas descriptivas correspondientes.

Para la Etapa 2, el índice de esperanza de vida (IEV) se obtuvo de Demografía y Sociedad — Estadísticas de población (INEGI, 2023b). El nivel de alfabetización y la tasa neta de matrícula, necesarios para calcular el índice de educación (IE), provienen del mismo sistema educativo (INEGI, 2023a). El PIB per cápita se obtuvo del INEGI (2023c). Los tres indicadores se normalizaron a una escala de 0 a 100 dividiendo el valor de cada estado entre el valor máximo observado en el mismo ciclo escolar y multiplicando por 100; la Tabla 2 presenta sus estadísticas descriptivas.

Los cálculos de eficiencia se realizaron con Max-DEA Ultra 7, aplicando en ambas etapas un modelo DEA CCR orientado a productos. Para evitar problemas al identificar DMUs eficientes cuando (situación en la que algunos insumos o productos pueden ser excluidos del modelo (Dyson *et al.*, 2001)), el parámetro no arquimedeiano se fijó en $\varepsilon = 0.3$ tras diversas simulaciones, siguiendo la misma especificación empleada en un estudio previo sobre el sistema educativo mexicano (Flegl *et al.*, 2023). A modo de ilustración, la comparación entre $\varepsilon = 0.25$ y $\varepsilon = 0.3$ para el nivel primaria mostró resultados prácticamente idénticos (r de Pearson = .999; los cinco estados con mayor y menor eficiencia coincidieron exactamente), lo que respalda la estabilidad del modelo ante esta elección. El análisis estadístico complementario se realizó con Minitab 21.

Tabla 1. La estadística descriptiva de los indicadores seleccionados en la Etapa 1, 2000/2001 — 2020/2021

Nivel académico	Indicadores	Min	Max	Mediana	Promedio	Desviación estándar
Primaria						
Insumo (x)	Proporción Docente/Estudiante (PDE)	0.032	0.135	0.084	0.080	0.025
	Proporción Escuela/Estudiante (PEE)	0.003	0.034	0.013	0.014	0.006
Producto (y)	Eficiencia Terminal (ET)	70.200	108.200	95.450	94.494	6.068
	Tasa de Matricula (TM)	87.500	114.300	98.700	98.705	3.803
	Tasa de Abandono Escolar (TAE)	-2.000	3.800	0.900	0.931	0.957
Secundaria						
Insumo (x)	Proporción Docente/Estudiante (PDE)	0.046	0.237	0.116	0.121	0.048
	Proporción Escuela/Estudiante (PEE)	0.002	0.041	0.010	0.012	0.008
Producto (y)	Eficiencia Terminal (ET)	66.300	104.800	82.300	82.766	7.209
	Tasa de Matricula (TM)	46.800	111.200	80.950	79.247	9.431
	Tasa de Abandono Escolar (TAE)	-1.200	12.000	5.950	5.843	2.559
Media superior						
Insumo (x)	Proporción Docente/Estudiante (PDE)	0.034	0.162	0.069	0.075	0.025
	Proporción Escuela/Estudiante (PEE)	0.002	0.008	0.004	0.004	0.001
Producto (y)	Eficiencia Terminal (ET)	43.900	76.200	62.000	61.799	5.955
	Tasa de Matricula (TM)	24.600	98.400	51.950	50.929	12.085
	Tasa de Abandono Escolar (TAE)	1.000	23.600	15.100	15.100	3.384

Tabla 2. La estadística descriptiva de los indicadores de producto en la Etapa 2, 2000/2001 — 2020/2021

Indicadores	Min	Max	Mediana	Promedio	Desviación estándar
Índice de Esperanza de Vida (IEV)	95.407	100.000	98.564	98.516	0.846
Índice de Educación (IE)	82.000	100.000	96.339	95.310	3.671
Producto Interno Bruto (GDP)	0.670	100.000	34.580	35.110	24.850

3. Resultados

Los resultados se dividen en dos partes: en primer lugar, se presenta la eficiencia del proceso educativo en la Etapa 1 con respecto a los tres niveles académicos; en segundo lugar, se analiza la eficiencia de la Etapa 2, correspondiente al desarrollo regional, económico y social. En ambas partes, el Índice de Malmquist se descompone y se examinan los componentes de cambio en eficiencia (EFFCH) y de cambio tecnológico (TECH).

3.1 Etapa 1: proceso educativo

La eficiencia promedio de la educación primaria en el periodo analizado fue de 0.777 (DE 0.138), lo que refleja un desempeño general elevado, aunque con diferencias marcadas entre estados (Tabla 3). Los valores más altos correspondieron a Ciudad de México (1.000, DE 0.000), Quintana Roo (0.957, DE 0.033), Querétaro (0.950, DE 0.034), Aguascalientes (0.935, DE 0.038) y Baja California (0.915, DE 0.038). En contraste, los niveles más bajos se registraron en Michoacán (0.559, DE 0.090), Guerrero (0.560, DE 0.049), Veracruz (0.591, DE 0.120), Chiapas (0.596, DE 0.054) y Oaxaca (0.613, DE 0.103). La Figura 10a muestra su distribución espacial en un mapa.

En cuanto a la evolución temporal (Figura 2), la eficiencia experimentó un descenso moderado entre 2005/2006 y 2015/2016 (-0.103 ; -12.379%), con una recuperación parcial en 2020/2021. Como se observa en la Figura 4, esta disminución se explica principalmente por el componente de eficiencia (Figura 3a), inferior a 1 durante ese periodo, lo que indica que los estados no lograron seguir la frontera de eficiencia. En contraste, el componente tecnológico mostró sus valores más altos en 2010/2011 y 2015/2016 (Figura 3b).

Figura 2. Eficiencia en la educación primaria, 2000/2001 — 2020/2021

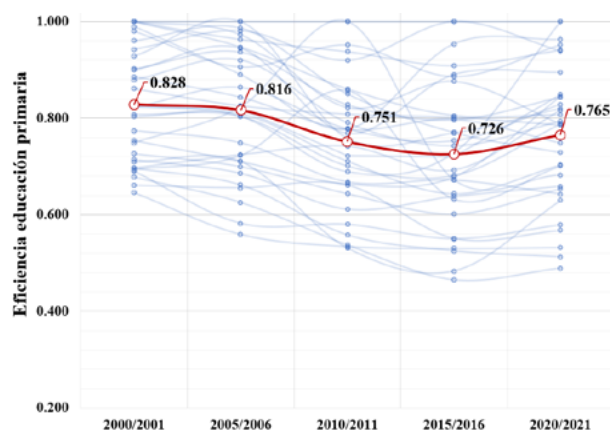
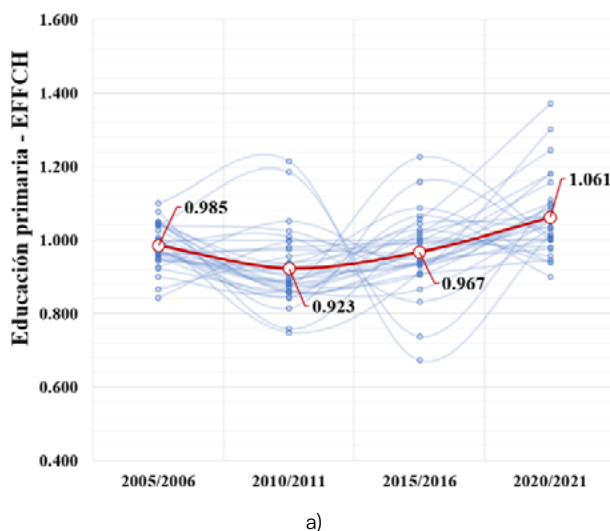
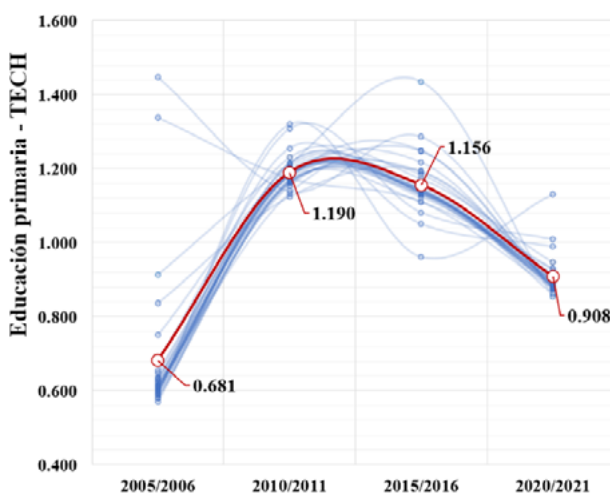


Figura 3. Descomposición del Índice de Malmquist en la educación primaria: a) Componente de cambio en eficiencia; b) Componente de cambio tecnológico



a)

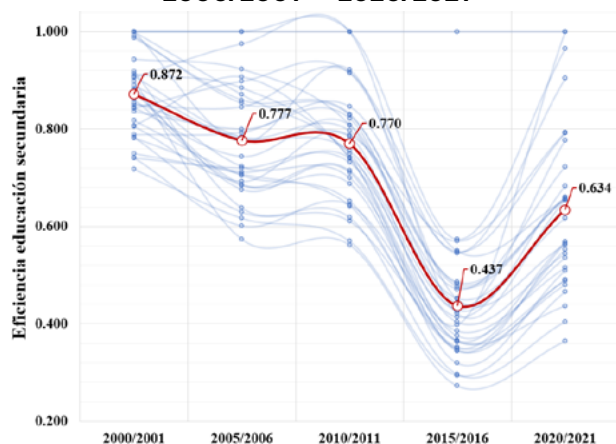


b)

La eficiencia promedio en secundaria fue de 0.697 (DE 0.196), es decir, 0.080 menor que en primaria y con mayor dispersión (+0.057). Los estados con mejor desempeño fueron Ciudad de México (1.000, DE 0.000), Nuevo León (0.908, DE 0.187), Sonora (0.821, DE 0.156), Baja California Sur (0.791, DE 0.248) y Tamaulipas (0.774, DE 0.191). En contraste, las eficiencias más bajas se registraron en Guerrero (0.533, DE 0.161), Oaxaca (0.534, DE 0.241), Michoacán (0.565, DE 0.166), Chiapas (0.575, DE 0.240) y Zacatecas (0.578, DE 0.135), coincidiendo en gran medida con los estados menos eficientes en primaria (Tabla 3).

Respecto a la evolución (Figura 4), se observan dos patrones: 1. Una disminución significativa en la eficiencia general (-10.685% en 2005/2006, -11.409% en 2010/2011 y -49.754% en 2015/2016 respecto a 2000/2001), seguida de un crecimiento de 45.248% en 2020/2021. 2. La Ciudad de México se mantiene como referente nacional, y Nuevo León iguala prácticamente su posición en todos los ciclos, excepto en 2015/2016. La Figura 10b muestra la distribución estatal. La descomposición del Índice de Malmquist confirma que la caída en eficiencia se debe al componente de eficiencia (Figura 5a), mientras que los estados no lograron acompañar el cambio tecnológico (Figura 5b). No obstante, en 2020/2021 se observa un avance importante en el componente de eficiencia.

Figura 4. Eficiencia en la educación secundaria, 2000/2001 – 2020/2021



La eficiencia promedio en media superior fue de 0.805 (DE 0.106), la más alta de los tres submodelos (Tabla 3). Sin embargo, la Figura 6 muestra un descenso constante desde 2005/2006, sin recuperación en 2020/2021 como ocurrió en primaria y secundaria. Los estados con mejor desempeño fueron Tabasco (1.000, DE 0.000), Chiapas (0.951, DE 0.111), Ciudad de México (0.921, DE 0.049), Jalisco (0.908, DE 0.117) y Puebla (0.906, DE 0.051). En contraste, los menos eficientes fueron Morelos (0.701, DE 0.061), Chihuahua (0.714, DE 0.050), Nayarit (0.714, DE 0.063), Guanajuato (0.717, DE 0.071) y Durango (0.731, DE 0.058) (Figura 10c).

Figura 5. Descomposición del Índice de Malmquist en la educación secundaria: a) Componente de cambio en eficiencia; b) Componente de cambio tecnológico

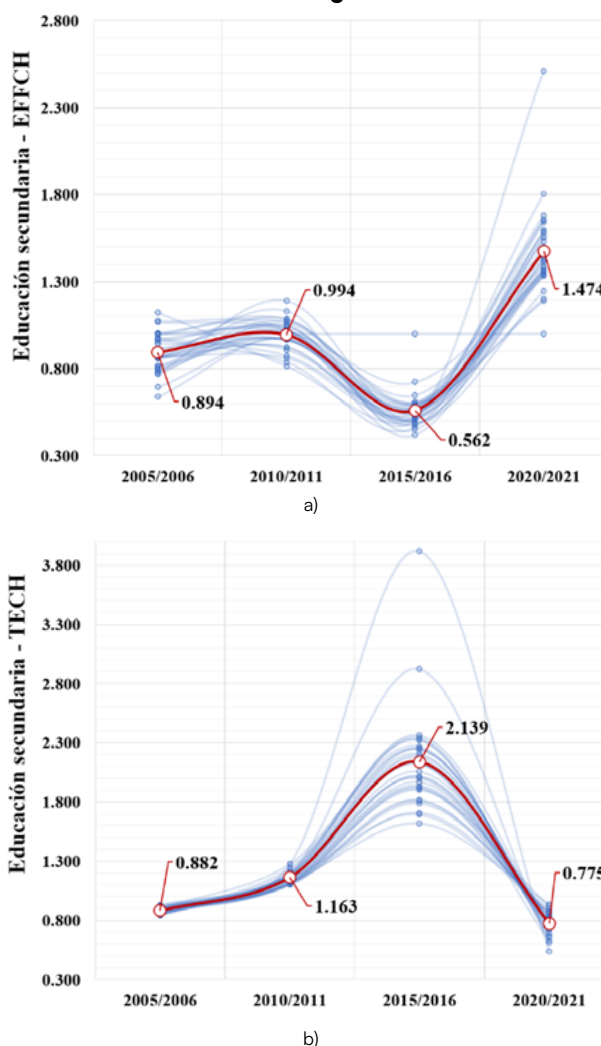
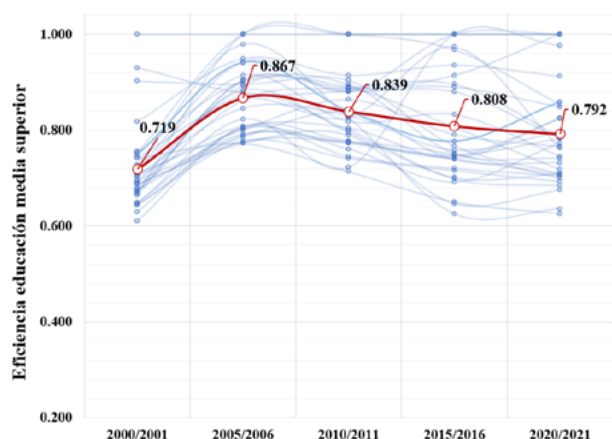
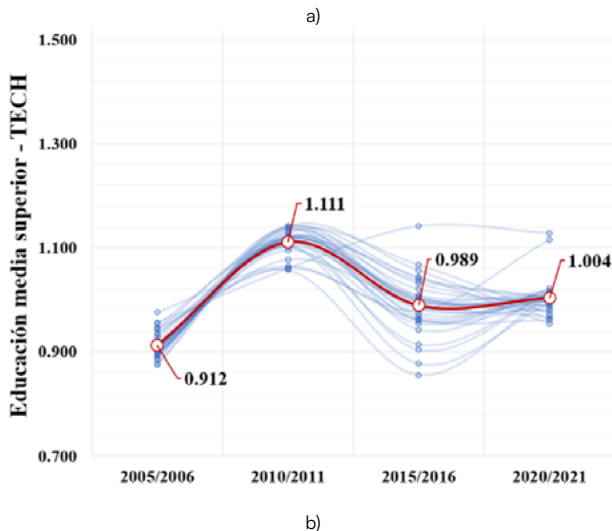
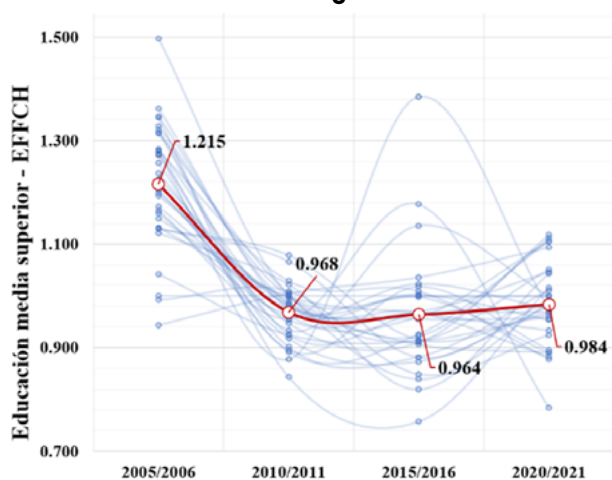


Figura 6. Eficiencia en la educación media superior, 2000/2001 — 2020/2021**Figura 7. Descomposición del Índice de Malmquist en la educación media superior: a) Componente de cambio en eficiencia; b) Componente de cambio tecnológico**

La evolución y la descomposición de la eficiencia muestran una mayor estabilidad que en primaria y secundaria. El componente de catchup cayó en 2010/2011 y se mantuvo prácticamente sin cambios desde entonces (Figura 7a), mientras que el componente tecnológico no presentó variaciones relevantes (Figura 7b). La similitud de patrones entre estados se refleja en una desviación estándar muy baja (0.035) durante todo el periodo.

3.2 Etapa 2: proceso de desarrollo

En esta etapa se analiza la relación entre la educación y el desarrollo de cada estado, utilizando como insumos los puntajes de eficiencia de primaria, secundaria y media superior y, como productos, los indicadores del IDH. La eficiencia promedio fue de 0.868 (DE 0.100), lo que refleja un nivel muy alto en general. Los estados mejor evaluados fueron Durango (0.967, DE 0.059), Michoacán (0.962, DE 0.086), Veracruz (0.905, DE 0.097), Oaxaca (0.940, DE 0.111) y Colima (0.937, DE 0.064). En contraste, los menos eficientes fueron Tabasco (0.738, DE 0.069), Puebla (0.740, DE 0.056), Ciudad de México (0.773, DE 0.154), Tlaxcala (0.789, DE 0.068) y Querétaro (0.799, DE 0.097). En muchos casos se observan posiciones inversas respecto a la Etapa 1 (Tabla 3 y Figura 10d). Por ejemplo, Ciudad de México, referente en educación, se ubicó entre los menos eficientes en desarrollo; Tabasco, líder en media superior, fue el peor en esta etapa; y Querétaro, eficiente en primaria y secundaria, descendió al lugar 28. Por el contrario, Campeche, Durango y Veracruz, con bajos resultados educativos, alcanzaron las mayores eficiencias en desarrollo. Esta inversión es evidente en la Figura 10. En cuanto a la evolución (Figura 8), tras un crecimiento inicial en 2005/2006, se registró un descenso constante de -1.149% , -6.703% y -2.746% en los tres últimos periodos.

La Figura 9b muestra que la caída se debió a la falta de acompañamiento de las mejoras tecnológicas en 2010/2011 y 2015/2016. El componente

tecnológico presentó baja disparidad (DE 0.022), mientras que el componente de eficiencia mostró alta variabilidad (Figura 9a), especialmente en 2015/2016 (DE 0.092) y 2020/2021 (DE 0.071).

Figura 8. Eficiencia en el proceso de desarrollo, 2000/2001 — 2020/2021

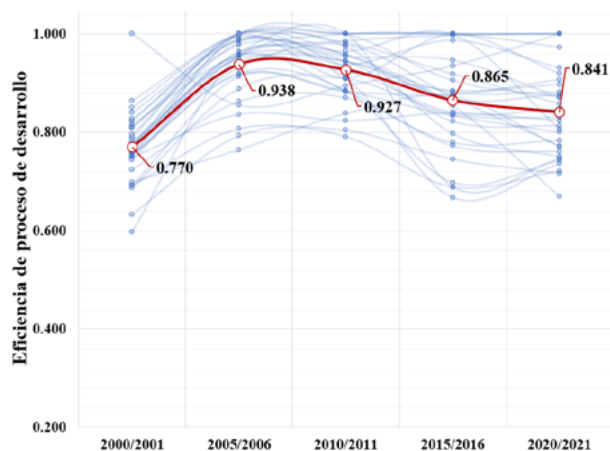
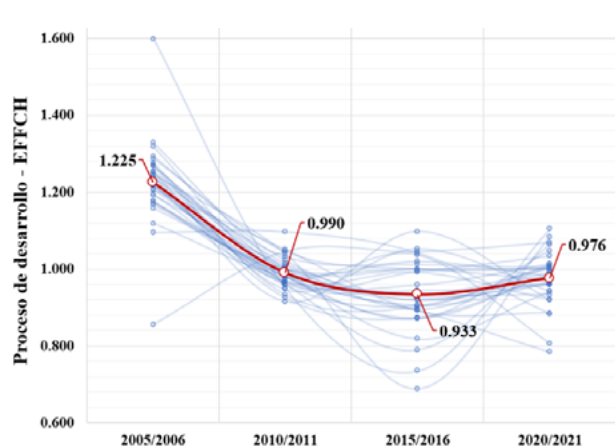
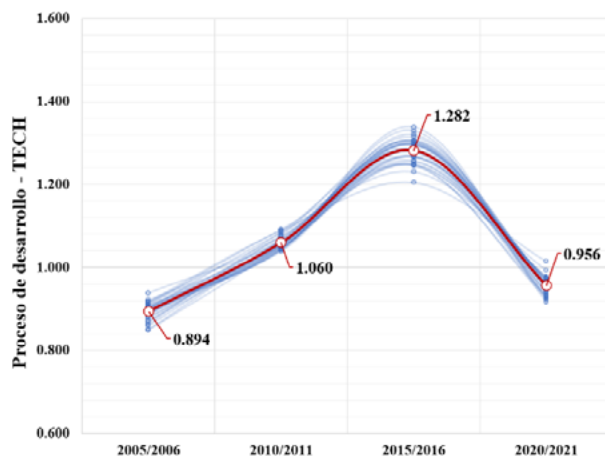


Figura 9. Descomposición del Índice de Malmquist en la etapa 2:
a) Componente de cambio en eficiencia; b) Componente de cambio tecnológico



a)

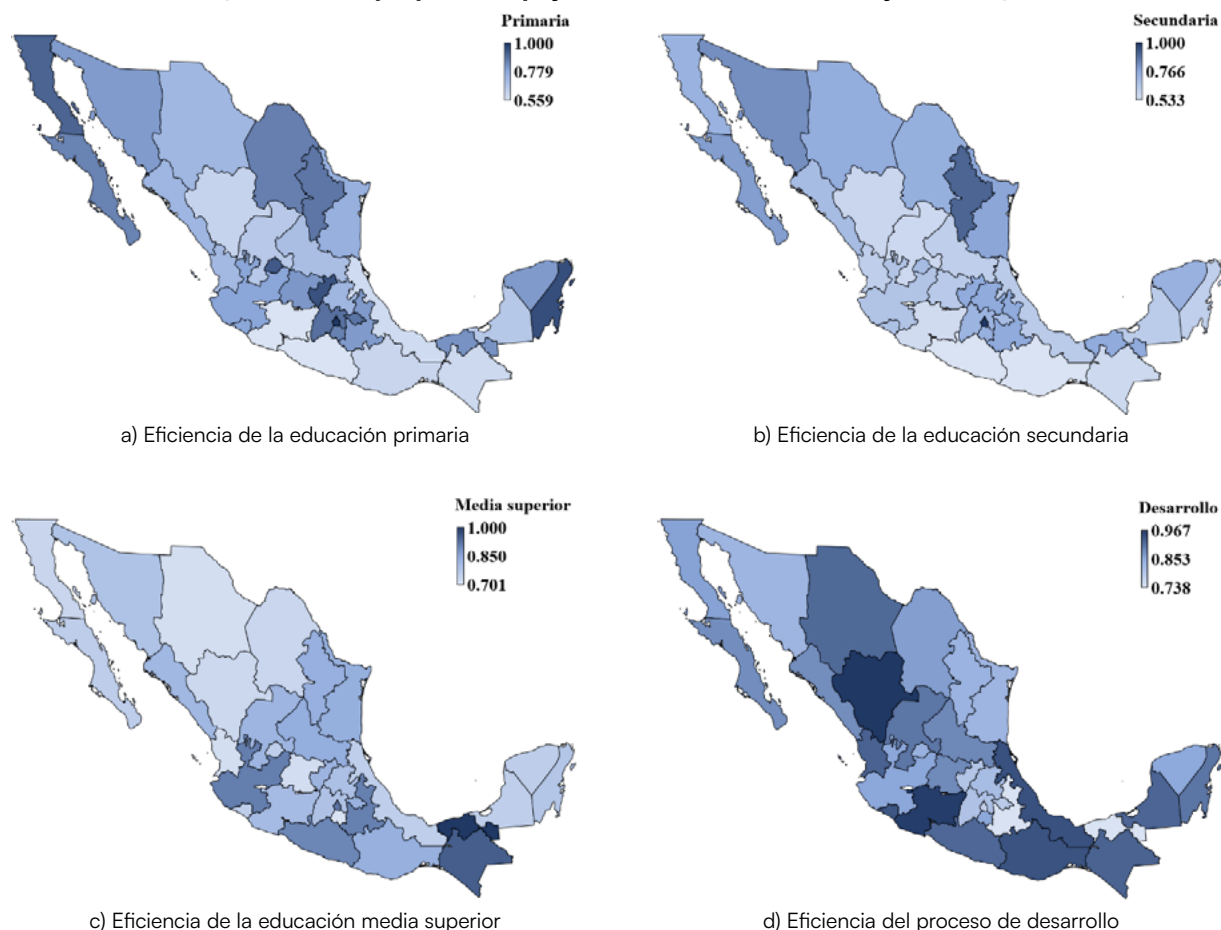


b)

Tabla 3. Eficiencia promedia de la Etapa 1 y Etapa 2 (elaboración propia)

Estado	Primaria		Secundaria		Media superior		Desarrollo	
	Eficiencia	Posición	Eficiencia	Posición	Eficiencia	Posición	Eficiencia	Posición
Aguascalientes	0.935	4	0.694	16	0.756	23	0.838	22
Baja California	0.915	5	0.733	14	0.738	26	0.861	18
Baja California Sur	0.855	11	0.791	4	0.758	21	0.881	16
Campeche	0.665	25	0.628	23	0.754	24	0.922	8
Chiapas	0.596	29	0.575	29	0.951	2	0.924	7
Chihuahua	0.730	22	0.753	10	0.714	31	0.917	10
Ciudad de México	1.000	1	1.000	1	0.921	3	0.773	30
Coahuila	0.862	9	0.743	11	0.735	27	0.865	17
Colima	0.786	18	0.673	19	0.759	20	0.937	5
Durango	0.619	27	0.586	27	0.731	28	0.967	1
Estado de México	0.817	13	0.639	21	0.717	29	0.885	14
Guanajuato	0.560	31	0.533	32	0.898	6	0.920	9
Guerrero	0.734	21	0.762	9	0.792	16	0.815	26
Hidalgo	0.787	17	0.660	20	0.908	4	0.856	19
Jalisco	0.892	6	0.726	15	0.787	17	0.804	27
Michoacán	0.559	32	0.565	30	0.805	15	0.962	2
Morelos	0.859	10	0.742	12	0.701	32	0.855	20
Nayarit	0.722	23	0.619	24	0.714	30	0.924	6
Nuevo León	0.880	8	0.908	2	0.834	10	0.834	23
Oaxaca	0.613	28	0.534	31	0.834	9	0.940	4
Puebla	0.810	14	0.763	8	0.906	5	0.740	31
Querétaro	0.950	3	0.764	6	0.823	12	0.799	28
Quintana Roo	0.957	2	0.615	26	0.776	19	0.906	11
San Luis Potosí	0.701	24	0.617	25	0.840	7	0.887	13
Sinaloa	0.735	20	0.692	17	0.814	14	0.882	15
Sonora	0.809	16	0.821	3	0.786	18	0.830	25
Tabasco	0.826	12	0.764	7	1.000	1	0.738	32
Tamaulipas	0.757	19	0.774	5	0.836	8	0.830	24
Tlaxcala	0.884	7	0.690	18	0.833	11	0.789	29
Veracruz	0.591	30	0.632	22	0.754	25	0.942	3
Yucatán	0.810	15	0.736	13	0.757	22	0.854	21
Zacatecas	0.662	26	0.578	28	0.822	13	0.905	12
Promedio	0.777	-	0.697	-	0.805	-	0.868	-
DE	0.138	-	0.196	-	0.106	-	0.100	-

Figura 10. Resultados del proceso en red de dos etapas: a) Eficiencia en educación primaria; b) Eficiencia en educación secundaria; c) Eficiencia en educación media superior; d) Eficiencia del proceso de desarrollo (elaboración propia con apoyo de GeoNames, Microsoft y TomTom)



3.3 Robustez del modelo

Para verificar la robustez de los resultados frente a la posible superposición (ver sección 2.3), se recalculó la Etapa 2 excluyendo el Índice de Educación (IE) y utilizando únicamente el Índice de Esperanza de Vida y el PIB per cápita normalizado como productos. La eficiencia promedio nacional en desarrollo se mantuvo prácticamente sin cambios (0.868 frente a 0.866), y la correlación entre la eficiencia educativa promedio y la eficiencia en desarrollo se mantuvo negativa y significativa bajo ambas especificaciones ($r = -0.85$ y -0.81 , respectivamente; p de Spearman = -0.90 en ambos casos; $p < 0.001$). Asimismo, los cinco estados con mayor y menor eficiencia en desarrollo permanecieron

prácticamente idénticos entre ambas especificaciones. Estos resultados confirman que el hallazgo central de la PI4 (la relación inversa entre la eficiencia educativa y la eficiencia en el desarrollo) es robusto ante la posible superposición de información entre etapas.

En cuanto a la isotonicidad entre insumos y productos, se calculó la correlación de Pearson entre cada insumo y cada producto de la Etapa 1 en el panel completo. Los signos fueron mayoritariamente los esperados, con correlaciones significativas en primaria y media superior ($p < 0.001$) y más débiles en secundaria, sin violaciones sistemáticas de isotonicidad; esto es consistente con el hallazgo de la sección 4.2, donde la cantidad de recursos por sí sola no determina la eficiencia educativa.

Para comparar la eficiencia promedio entre los tres niveles educativos, se aplicó un ANOVA de Welch, robusto a la heterogeneidad de varianzas, seguido de la prueba post-hoc de Games-Howell. Esta elección se basó en la verificación previa de los supuestos: las pruebas de Shapiro-Wilk ($p < 0.001$ en los tres niveles) y de Levene ($p < 0.001$) indicaron violaciones de la normalidad y de la homogeneidad de varianzas, por lo que se prefirió esta alternativa robusta a la de Tukey clásica.

4. Discusión

4.1 Eficiencia educativa (PI1 y PI2)

La eficiencia promedio fue de 0.777 en primaria, 0.697 en secundaria y 0.805 en media superior, lo que refleja un nivel relativamente alto. Sin embargo, la evolución muestra una tendencia descendente en los tres niveles, con patrones distintos: primaria con una disminución lenta y constante (Figura 2), secundaria con una caída marcada en 2015/2016 (Figura 4) y media superior con un repunte inicial en 2005/2006 seguido de descenso (Figura 6). El ANOVA de Welch indicó diferencias globales significativas entre los tres niveles ($F(2, 301.6) = 18.69$, $p < 0.001$); la prueba post-hoc de Games-Howell mostró que secundaria difiere significativamente de primaria y de media superior ($p < 0.001$ en ambos casos), mientras que primaria y media superior no difirieron entre sí ($p < 0.117$), lo que valida la existencia de variaciones según el nivel académico.

Este patrón de heterogeneidad entre niveles educativos es consistente con los estudios DEA realizados en otros países en desarrollo. Ghernouk & Liouaeddine (2026), al comparar la eficiencia de primaria y secundaria en 20 países, incluidos economías emergentes como Marruecos, Turquía e Irán, documentan una heterogeneidad similar entre niveles y confirman que un mayor gasto no garantiza mejores resultados de manera uniforme en cada nivel. En el contexto latinoamericano, Hen-

riques *et al.* (2022) encuentran que la eficiencia de las escuelas secundarias en Ecuador varía sustancialmente según factores socioeconómicos y regionales, lo que evidencia una mayor volatilidad en la secundaria, similar a la observada en este estudio.

4.2 Factores que afectan la eficiencia (PI3)

Las diferencias se relacionan con la capacidad de los estados para transformar recursos en resultados educativos. Aunque la metodología DEA supone que un mayor PDE y PEE deberían mejorar la eficiencia, el análisis no lo confirmó. Los estados más eficientes en primaria reportaron menores PDE y PEE, pero mejores indicadores de matrícula (+2.03%), de eficiencia terminal (+3.64%) y de abandono escolar (-54.90%). En contraste, los menos eficientes mostraron valores más altos de PDE y PEE, pero peores resultados en ET y TAE. Este hallazgo contradice estudios previos (Brunello & Checchi, 2005; Kedagni *et al.*, 2021).

La evidencia sugiere que la calidad docente y la infraestructura escolar son más determinantes que la cantidad de docentes o escuelas, en línea con Buddin & Zamarro (2009), Canales & Maldonado (2018), No *et al.* (2016) y Ben Yahia *et al.* (2018). Este patrón se repite en secundaria y, con menor variabilidad, en la media superior.

4.3 Relación con el desarrollo (PI4)

El análisis no comprobó que una mayor eficiencia educativa se traduzca en un mejor desarrollo regional, económico y social. De hecho, se observó un efecto inverso: estados con alta eficiencia educativa (Ciudad de México, Puebla, Querétaro, Tabasco y Tlaxcala) mostraron baja eficiencia en desarrollo (-11.55% respecto al promedio), aunque con mejores valores absolutos de IDH en esperanza de vida (+0.3%), educación (-0.1%) y PIB (+7.8%).

Este patrón es consistente con la teoría de convergencia regional (Barro & Sala-i-Martin, 1992), según la cual los rendimientos marginales de la inversión disminuyen conforme una región se acerca a niveles más altos de desarrollo, de modo que ganancias similares en eficiencia educativa se traducen en incrementos relativos menores de desarrollo en los estados ya más desarrollados. Una desconexión similar entre la eficiencia de los insumos y la generación de desarrollo humano ha sido documentada en otros contextos de desigualdad regional (Chen *et al.*, 2024).

Al examinar los patrones geográficos, no se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los estados del norte y del sur en ninguna de las dos etapas ($p > 0.05$ en ambos casos); sin embargo, los estados con menor eficiencia educativa (Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Campeche y Chiapas) se concentran en el sur-sureste del país, consistente con la literatura sobre desigualdad regional en México, que documenta un rezago persistente en estos estados específicos (Mendoza-González *et al.*, 2024). No obstante, esta literatura también advierte que las disparidades regionales en México no se explican por una división estrictamente geográfica norte-sur, sino por regímenes de crecimiento e inequidad que agrupan estados de distintas regiones (Brida *et al.*, 2021).

Los estados con baja eficiencia educativa (Colima, Durango, Michoacán, Oaxaca y Veracruz) alcanzaron las mayores eficiencias en desarrollo, pese a tener indicadores absolutos ligeramente inferiores. En conjunto, los resultados sugieren que la calidad educativa se asocia con el desarrollo, pero esa asociación no se refleja necesariamente en una mayor eficiencia en la Etapa 2. La Figura 10 muestra que las menores eficiencias educativas se concentran en el sur (primaria y secundaria) y en el noroeste (media superior), lo cual coincide con estudios previos (Eggert *et al.*, 2010; Giménez *et al.*, 2017).

4.4 Limitaciones

El análisis presenta varias limitaciones que deben considerarse. En primer lugar, las estadísticas educativas utilizadas se publican cada cinco años,

lo que puede ocultar variaciones intermedias y explicar caídas abruptas como la observada en secundaria en 2015/2016. En segundo lugar, el estudio se realizó a nivel estatal, lo que enmascara las diferencias internas entre zonas urbanas y rurales; disponer de datos municipales permitiría obtener resultados más precisos. Asimismo, las dimensiones del IDH no siempre cuentan con información suficientemente desagregada, lo que obligaría a ajustar los indicadores empleados en la segunda etapa. Otro aspecto relevante es la influencia política, ya que durante el periodo analizado México tuvo cuatro cambios de partido gobernante sin continuidad en las políticas educativas, lo que pudo afectar tanto la eficiencia como el desarrollo. Finalmente, el modelo trató las eficiencias de los tres niveles educativos como insumos directos del IDH, aunque futuras investigaciones podrían explorar una estructura en red más compleja.

Asimismo, los indicadores de la Etapa 1 (eficiencia terminal, tasa de matrícula y tasa de abandono) son proxis de acceso y trayectoria escolar vinculados a los procesos administrativos del sistema educativo, y no a medidas directas de resultados de aprendizaje. Esta limitación responde principalmente a la disponibilidad de datos: a diferencia de las estadísticas de matrícula, eficiencia terminal y abandono, publicadas de manera sistemática y comparable para las 32 entidades federativas por la Secretaría de Educación Pública, México no cuenta con una serie homogénea de resultados de pruebas estandarizadas (p. ej., PLANEA) a nivel estatal para todo el periodo 2000-2020 analizado. Como señalan Hanushek & Woessmann (2008), los indicadores de cobertura y trayectoria escolar no necesariamente capturan las habilidades cognitivas efectivamente adquiridas por los estudiantes, por lo que los resultados de este estudio deben interpretarse como una aproximación a la eficiencia del proceso administrativo-educativo, más que a la calidad del aprendizaje en sentido estricto. Futuros estudios podrían incorporar resultados de pruebas estandarizadas cuando se disponga de series comparables a nivel estatal, a fin de complementar esta perspectiva.

Conclusiones

Este artículo analizó el sistema educativo mexicano y su relación con el desarrollo regional, económico y social mediante un modelo DEA en red de dos etapas, con datos de cinco ciclos escolares entre 2000 y 2020, y se estructuró en torno a cuatro preguntas de investigación.

En respuesta a PI1, la eficiencia promedio del proceso educativo fue relativamente alta pero heterogénea (0.777 en primaria, 0.697 en secundaria y 0.805 en media superior), con una tendencia decreciente a lo largo del periodo analizado. En cuanto a PI2, sí se identificaron diferencias significativas por nivel académico: secundaria difiere de primaria y de media superior, mientras que estas dos últimas no difieren significativamente entre sí, un patrón consistente con estudios DEA en otros países en desarrollo. Respecto a PI3, contrario al supuesto convencional de que una mayor cantidad de docentes y escuelas mejora la eficiencia, el análisis mostró que los estados más eficientes operan con menores proporciones docente-estudiante y escuela-estudiante, lo que sugiere que la calidad docente y de infraestructura pesa más que la cantidad de recursos. Finalmente, en respuesta a PI4, una mayor eficiencia educativa no se tradujo en mayor eficiencia en desarrollo regional, económico y social; de hecho, se observó una relación inversa, consistente con la teoría de convergencia regional: los estados con mayor eficiencia educativa (Ciudad de México, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tlaxcala) mostraron menor eficiencia en la etapa de desarrollo, pese a exhibir valores absolutos ligeramente mejores en esperanza de vida y PIB, mientras que estados con menor eficiencia educativa (Colima, Durango, Michoacán, Oaxaca, Veracruz) alcanzaron las mayores eficiencias en esa etapa pese a indicadores absolutos ligeramente inferiores.

Estos resultados sugieren que las políticas educativas orientadas únicamente a incrementar los recursos tienen un alcance limitado si no se acompañan de estrategias para mejorar la calidad docente y la infraestructura, y que el vínculo entre educación y desarrollo regional en México no es automático ni lineal.

Referencias

- Ama, H. A., Morad, F. R. & Mukhopadhyay, S. (2020). Assessment of stakeholders views on accessing quality and equity of basic education in rural communities of Abia State. Nigeria. *Educational Research and Reviews*, 15(8), 454-464. <https://doi.org/10.5897/ERR2020.4018>
- Avilés-Sacoto, S. V., Cook, W. D., Güemes-Castorena, D. & Zhu, J. (2020). Modelling Efficiency in Regional Innovation Systems: A Two-Stage Data Envelopment Analysis Problem with Shared Outputs within Groups of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, 287(2), 572-582. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.04.052>
- Barro, R. J. & Sala-i-Martin, X. (1992). Convergence. *Journal of Political Economy*, 100(2), 223-251. <https://doi.org/10.1086/261816>
- Berbegal-Mirabent, J., Lafuente, E. & Solé, F. (2013). The pursuit of knowledge transfer activities: An efficiency analysis of Spanish universities. *Journal of Business Research*, 66(10), 2051-2059. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.02.031>
- Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. National Bureau of Economic Research.
- Ben Yahia, F., Essid, H. & Rebai, S. (2018). Do dropout and environmental factors matter? A directional distance function assessment of Tunisian education efficiency. *International Journal of Educational Development*, 60, 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.ijedu-dev.2017.11.004>
- Brida, J. G., Risso, W. A., Sánchez Carrera, E. J. & Segarra, V. (2021). Growth and inequality in the Mexican states: Regimes, thresholds, and traps. *Papers in Regional Science*, 100(5), 1295-1322. <https://doi.org/10.1111/pirs.12616>

- Brunello, G. & Checchi, D. (2005). School quality and family background in Italy. *Economics of Education Review*, 24(5), 563-577. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2004.09.001>
- Buddin, R. & Zamarro, G. (2009). Teacher qualifications and student achievement in urban elementary schools. *Journal of Urban Economics*, 66(2), 103-115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jue.2009.05.001>
- Canales, A. & Maldonado, L. (2018). Teacher quality and student achievement in Chile: Linking teachers' contribution and observable characteristics. *International Journal of Educational Development*, 60, 33-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2017.09.009>
- Cattaneo, A., Adukia, A., Brown, D. L., Christiaensen, L., Evans, D. K., Haakenstad, A., McMenomy, T., Partridge, M., Vaz, S. & Weiss, D. J. (2022). Economic and social development along the urban—rural continuum: New opportunities to inform policy. *World Development*, 157, 105941. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.105941>
- Chen, Y. & Ali, A.I. (2004). DEA Malmquist productivity measure: New insights with an application to computer industry. *European Journal of Operational Research*, 159(1), 239-249. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00406-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00406-5)
- Chen, C. C. (2017). Measuring departmental and overall regional performance: applying the multi-activity DEA model to Taiwan's cities/counties. *Omega*, 67, 60-80. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.04.002>
- Chen, Y., Ma, X., Yan, P. & Wang, M. (2021). Operating efficiency in Chinese universities: An extended two-stage network DEA approach. *Journal of Management Science and Engineering*, 6(4), 482-498. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.08.005>
- Chen, S., Li, A., Hu, L. & N'Drin, M. G.-R. (2024). Understanding the Efficiency in Generating Human Development in Sub-Saharan Africa: A Two-Stage Network DEA Approach. *Social Indicators Research*, 171(1), 295-324. <https://doi.org/10.1007/s11205-023-03255-x>
- Cook, W. D., Liang, L. & Zhu, J. (2010). Measuring performance of two-stage network structures by DEA: A review and future perspective. *Omega*, 38(6), 423-430. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2009.12.001>
- Cooper, W., Seiford, L. & Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Springer. <https://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8>
- Delprato, M. & Antequera, G. (2021). Public and private school efficiency and equity in Latin America: New evidence based on PISA for development. *International Journal of Educational Development*, 84, 102404. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2021.102404>
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S. & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)
- Eggert, W., Krieger, T. & Meier, V. (2010). Education, unemployment and migration. *Journal of Public Economics*, 94(5-6), 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2010.01.005>
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. & Roos, P. (1992). Productivity change in Swedish pharmacies 1980—1989: A non-parametric Malmquist approach. *Journal of Productivity Analysis*, 3 (1), 85-102. <https://doi.org/10.1007/BF00158770>
- Flegl, M. & Andrade Rosas, L. A. (2019). Do professor's age and gender matter or do students give higher value to professors' experience?. *Quality Assurance in Education*, 27(4), 511-532. <https://dx.doi.org/10.1108/QAE-12-2018-0127>

- Flegl, M., Avilés-Sacoto, S. V., Güemes-Castorena, D. & Avilés-Sacoto, E. C. (2023). A State-Level Analysis of Mexican Education and Its Impact on Regional, Economic, and Social Development: Two-Stage Network DEA Approach. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 16(4), 275-286. <https://doi.org/10.7160/eriesj.2023.160402>
- Flegl, M. & Hernández Gress, E. S. (2023). Eficiencia del combate a la violencia patrimonial en la región noroeste de México. *Nóesis. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 31(62), 24-40. <https://doi.org/10.20983/noesis.2022.2.2>
- García, A. K. (2018). Educación en México: insuficiente, desigual y la calidad es difícil de medir. *El Economista*. (22 de julio de 2024). <https://www.eleconomista.com.mx/politica/Educacion-en-Mexico-insuficiente-desigual-y-la-calidad-es-dificil-de-medir-20181225-0028.html>
- Ghernouk, C. & Liouaeddine, M. (2026). Educational Spending Efficiency: A Comparative Analysis Using Data Envelopment Analysis and Malmquist Index. *Economies*, 14(4), 110. <https://doi.org/10.3390/economies14040110>
- Giménez, V., Ayvar-Campos, F. J. & Navarro-Chávez, J. C. L. (2017). Efficiency in the generation of social welfare in Mexico: A proposal in the presence of bad outputs. *Omega*, 69, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.08.001>
- Golany, B. & Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(89\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0305-0483(89)90029-7)
- Halásková R., Mikušová Meričková B. & Halásková M. (2022). Efficiency of Public and Private Service Delivery: The Case of Secondary Education. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 15(1), 33-46. <http://dx.doi.org/10.7160/eriesj.2022.150104>
- Hanushek, E. A. & Woessmann, L. (2008). The role of cognitive skills in economic development. *Journal of Economic Literature*, 46(3), 607-668. <https://doi.org/10.1257/jel.46.3.607>
- Henriques, C., Chávez, J. M., Gouveia, M. C. & Marcenaro-Gutiérrez, O. D. (2022). Efficiency of secondary schools in Ecuador: A value based DEA approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, 82, 101226. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101226>
- INEGI (2023a). *Características educativas de la población*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (10 de enero de 2024). <https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/>
- INEGI (2023b). *Demografía y Sociedad — Población*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (10 de enero de 2024). https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=-Mortalidad_Mortalidad_09_61312f04-e039-4659-8095-0ce2cd284415
- INEGI (2023c). *Economía y Sectores Productivos — PIB y cuentas nacionales*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (10 de enero de 2024). <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>
- Kao, C. & Hwang, S.-N. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 418-429. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.11.041>
- Kao C. (2009). Efficiency measurement for parallel production systems. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 1107-1112. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.04.020>
- Kedagni, D., Krishna, K., Megalokonomou, R. & Zhao, Y. (2021). Does class size matter? How, and at what cost? *European Economic Review*, 133, 103664. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2021.103664>

- Lin, Y.-C. & Yu, M.-M. (2023). Performance evaluation of compulsory education system in Taiwan: A modified dynamic network data envelopment analysis approach. *Studies in Educational Evaluation*, 78, 101280. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2023.101280>
- Mahmoudi, R., Emrouznejad, A., Shetab-Boushehri, S. N. & Hejazi, S. R. (2020). The origins, development and future directions of data envelopment analysis approach in transportation systems. *Socio-Economic Planning Sciences*, 69, 100672. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.11.009>
- Marshall, E. & Shortle, J. (2016). Using DEA and VEA to Evaluate Quality of Life in the Mid-Atlantic States. *Agricultural and Resource Economics Review*, 34(2), 185-203. <https://doi.org/10.1017/S1068280500008352>
- Matulová, M. (2023). Ranking of European Universities by DEA-Based Sustainability Indicator. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 16(4), 287-298. <https://doi.org/10.7160/eriesj.2023.160403>
- Mendoza-González, M. Á., Quintana-Romero, L. & Guerrero-Jiménez, A. (2024). Regional per capita income inequality and fiscal policy in Mexico, 1989—2021. *The Annals of Regional Science*, 73(4), 1681-1699. <https://doi.org/10.1007/s00168-024-01312-y>
- Mendoza-Mendoza, A., De La Hoz-Domínguez, E. & Visbal-Cadavid, D. (2023). Classification of industrial engineering programs in Colombia based on state tests. *Heliyon*, 9(5), e16002. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16002>
- Min, S., Kim, J. & Sawng, Y.-W. (2020). The effect of innovation network size and public R&D investment on regional innovation efficiency. *Technological Forecasting and Social Change*, 155, 119998. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119998>
- Minuci, E., Ferreira Neto, A. B. & Hall, J. (2019). A data envelopment analysis of West Virginia school districts. *Heliyon*, 5(7), e01990. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01990>
- Moghaddas, Z., Tosarkani, B. M. & Yousefi, S. (2022). Resource reallocation for improving sustainable supply chain performance: An inverse data envelopment analysis. *International Journal of Production Economics*, 252, 108560. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108560>
- Moreno, P. & Lozano, S. (2016). Super SBI Dynamic Network DEA approach to measuring efficiency in the provision of public services. *International Transactions in Operational Research*, 25(2), 715-735. <https://doi.org/10.1111/itor.12257>
- Murias, P., Martinez, F. & De Miguel, C. (2006). An Economic Wellbeing Index for the Spanish Provinces: A Data Envelopment Analysis Approach. *Social Indicators Research*, 77, 395-417. <https://doi.org/10.1007/s11205-005-2613-4>
- No, F., Taniguchi, K. & Hirakawa, Y. (2016). School dropout at the basic education level in rural Cambodia: Identifying its causes through longitudinal survival analysis. *International Journal of Educational Development*, 49, 215-224. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijedudev.2016.03.001>
- Nunamaker, T. R. (1985). Using data envelopment analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: A critical evaluation. *Managerial and Decision Economics*, 6(1), 50-58. <https://doi.org/10.1002/mde.4090060109>
- OECD (2022). Education at a Glance 2022: OECD Indicators. *Organisation for Economic Co-operation and Development*. (15 de mayo de 2024). <https://www.oecd.org/education/education-at-a-glance/>
- Puryear, J., Santibañez, L. & Solano, A. (2012). Education in Mexico. En *Emerging markets forum book chapters*. (pp. 87-108). Emerging Markets Forum.
- Qu, J., Wang, B. & Liu, X. (2022). A modified super-efficiency network data envelopment analysis: Assessing regional sustainability performance in China. *Socio-Economic Planning Sciences*, 82(Part B), 101262. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101262>

- Ramzi, S., Afonso, A. & Ayadi, M. (2016). Assessment of efficiency in basic and secondary education in Tunisia: A regional analysis. *International Journal of Educational Development*, 51, 62-76. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2016.08.003>
- Rodionov, D. & Velichenkova, D. (2020). Relation between Russian Universities and Regional Innovation Development. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 118. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040118>
- Roldán Vera, E. & Robles Valle, A. (2021). The Education System of Mexico. En Jornitz, S., Parreira do Amaral, M. (eds) *The Education Systems of the Americas*. (pp. 1—26). Global Education Systems. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93443-3_11-1
- Santos Tavares, R., Angulo-Meza, L. & Parracho Sant'Anna, A. (2021). A proposed multi-stage evaluation approach for Higher Education Institutions based on network Data envelopment analysis: A Brazilian experience. *Evaluation and Program Planning*, 89, 101984. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2021.101984>
- Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *American Economic Review*, 51(1), 1-17. <https://doi.org/10.3386/w0033>
- See, K. F., Ng, Y. C. & Yu, M.-M. (2022). An alternative assessment approach to national higher education system evaluation. *Evaluation and Program Planning*, 94, 102124. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2022.102124>
- Seiford, L. M. & Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142(1), 16-20. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00293-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00293-4)
- Sen, A. (1999). *Development as Freedom*. Oxford University Press.
- SEP (2022). *Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional 2021-2022*. Secretaría de Educación Pública — Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa. (10 de julio de 2024). https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/estadistica_e_indicadores/principales_cifras/principales_cifras_2021_2022_bolsillo.pdf
- Shamohammadi, M. & Oh, D. (2019). Measuring the efficiency changes of private universities of Korea: A two-stage network data envelopment analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 148, 119730. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119730>
- Tan, Y., Wanke, P., Antunes, J. & Emrouznejad, A. (2021). Unveiling endogeneity between competition and efficiency in Chinese banks: A two-stage network DEA and regression analysis. *Annals of Operations Research*, 306(1), 131-171. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04104-1>
- Tone, K. & Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197(1), 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.027>
- UNDP (2023). *Human Development Index (HDI)*. United Nations Development Programme. (31 de mayo de 2024). <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>
- Van Puyenbroeck, T. & Rogge, N. (2020). Comparing regional human development using global frontier difference indices. *Socio-Economic Planning Sciences*, 70, 100663. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.10.014>
- Velásquez Rodríguez, J., Neira Rodado, D., Crissien Borrero, T. & Alexander Parody, A. (2022). Multidimensional indicator to measure quality in education. *International Journal of Educational Development*, 89, 102541. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2021.102541>

- Vliamos, S. J. & Tzeremes, N. G. (2006). Education Efficiency and Labor Market Achievements: An Evaluation for Twenty OECD Countries. *The Journal of Economic Asymmetries*, 3(2), 103-124. <https://doi.org/10.1016/j.jeca.2006.02.006>
- Wu, Y.-C. & Lin, S.-W. (2022). Efficiency evaluation of Asia's cultural tourism using a dynamic DEA approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, 84, 101426. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101426>