

<https://doi.org/10.23913/ride.v13i26.1379>

Artículos científicos

TIC y educación superior en México: un análisis de productividad a nivel estatal

ICT and Higher Education in Mexico: A State-Level Productivity Analysis

TIC e educação superior no México: uma análise da produtividade em nível estadual

Diana L. Becerra-Peña

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas,
México

diana.bp@academicos.udg.mx

<http://orcid.org/0000-0002-2796-3777>

Javier Gonzalo Rodríguez Ruiz

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Lagos. México

javier.rruiz@academicos.udg.mx

<http://orcid.org/0000-0003-2547-5996>

Patricia Gutiérrez Moreno

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas,
México

patygtz@ucea.udg.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7868-8800>

Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar empíricamente los cambios en la productividad total de los factores (CPTF) del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los principales indicadores de la educación superior durante 2010-2018 en México. Con un panel de 32 estados con información anual, se estimó el índice de Hicks-Moorsteen (HMTFP) para cada uno, bajo el supuesto de rendimientos variables a escala. Los resultados mostraron una caída promedio en los CPTF que oscila entre -5.09 % y 3.29 %, al considerar el desempeño conjunto de todas las entidades federativas. Se concluye que existe una imperativa necesidad de fortalecer la infraestructura de las TIC y su uso en el sector educativo, especialmente en el nivel superior.

Palabras clave: educación superior, productividad, TIC.

Abstract

The purpose of this research was to empirically analyze the total factor productivity changes (TFPC) of information and communication technologies (ICT) use in higher education principal indicators during 2010-2018 in Mexico. Using a panel of 32 states with annual information, the Hicks-Moorsteen index (HMTFP) was estimated under the assumption of variable returns to scale. The results showed an average drop in TFPC ranging from -5.09 % to 3.29 % when considering the performance of all states. In conclusion, there is an imperative need to strengthen ICT infrastructure and its use in the education sector, especially at the higher education level.

Keywords: higher education, productivity, ICT.

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi analisar empiricamente as mudanças na produtividade total dos fatores (TCFP) do uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) nos principais indicadores do ensino superior durante 2010-2018 no México. Com um painel de 32 estados com informações anuais, o índice de Hicks-Moorsteen (HMTFP) foi estimado para cada um deles, sob a hipótese de retornos variáveis à escala. Os resultados mostraram uma queda média da CPTF que oscila entre -5,09% e 3,29%, quando considerada a atuação conjunta de todos os entes federativos. Conclui-se que há uma necessidade imperiosa de fortalecer a infraestrutura de TIC e seu uso no setor educacional, especialmente no nível superior.

Palabras-chave: ensino superior, produtividade, TIC.

Fecha Recepción: Julio 2022

Fecha Aceptación: Diciembre 2022

Introducción

Uno de los requisitos fundamentales para el aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) es la infraestructura tecnológica. A nivel internacional, la Unión Internacional de Telecomunicaciones [ITU, por sus siglas en inglés] (2017) ha establecido un índice para medir el avance en la digitalización de los países con base, principalmente, en indicadores relacionados con la disponibilidad o uso de Internet, computadora, telefonía fija (en hogares) o telefonía móvil. En este contexto, México presenta un rezago importante entre los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] (2019a); por ejemplo, para el año 2019 se ubicaba en el penúltimo lugar en hogares con acceso a internet, con 56.4 % (listado encabezado por Corea del Sur y Países Bajos, con 99.7 % y 98.4 %), y en el indicador de porcentaje de hogares con acceso a computadora la situación no era muy diferente, México en el último lugar, con 45.4 %, muy por debajo de los dos países nórdicos que encabezan la lista, Países Bajos e Islandia, con 97.6 % y 97.3 %, respectivamente.

En comparación con los países líderes en indicadores TIC, México presenta particularidades que conforman todo un desafío adicional: la cantidad de población, geografía, infraestructura de red, además de no ser un referente como un país generador de tecnología de punta (aunque sí ubicado estratégicamente en la frontera tecnológica). No obstante, México realizó esfuerzos importantes en conectividad, ya que de 2013 (año en que se aprobó la reforma de telecomunicaciones) al 2018 el número de hogares con conectividad a internet se incrementó en 6.1 millones de hogares, al pasar de 12.2 a 18.3 millones, equivalente o mayor a la cantidad de hogares en algunas de las naciones europeas enlistadas (como Islandia, Noruega, Suiza o Suecia).

Asimismo, México presenta una heterogeneidad en la infraestructura de telecomunicaciones en los distintos estados. Al respecto, Escobar y Sámano (2018, p. 782) documentaron el liderazgo de estados del norte y la Ciudad de México mediante índices (total, fijo y móvil), pero un rezago en estados del sur y sureste del país. Asimismo, desde la dotación de bienes y servicios TIC a nivel de hogares o de individuos (proxy del tamaño de mercado de las telecomunicaciones y de la digitalización) el resultado no fue muy distinto:

rezago en estados del sur y liderazgo de Ciudad de México y estados del norte (Rodríguez, 2019).

Estos hallazgos son importantes ya que guardan una estrecha correspondencia con los índices de competitividad estatal. Los resultados más recientes del Instituto Mexicano para la Competitividad [IMCO] (2021) mostraron a Ciudad de México, Nuevo León, Querétaro, Coahuila y Jalisco en el grupo de alta competitividad y en la categoría de muy baja a estados del sur como Guerrero, Chiapas y Oaxaca. En el mismo sentido, al usar indicadores educativos (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2021), en grado promedio de escolaridad encabezan la lista Ciudad de México y cuatro estados del norte (Nuevo León, Sonora, Coahuila y Baja California Sur); en términos de cobertura educativa de nivel superior (del total de la población con entre 18 y 23 años de edad) el patrón es similar, sobresalen Ciudad de México, Sinaloa y Nuevo León.

Aunado a lo anterior, México presenta un rezago en cobertura en educación superior. Para el 2020, alcanzaba a 41.6 % del grupo de población entre los 18 y 22 años (Presidencia de la República, 2020); porcentaje que se reduce al tomar en cuenta a la población que puede considerarse superó la etapa escolar universitaria, 25 a 34 años, 23.6 %, aunque todavía muy por debajo del promedio de los países de la OCDE (2019b), que ronda en 44.3 %. Asimismo, los resultados de una encuesta sobre educación en línea en México de la Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI, 2019) mostraron que 76 % de usuarios de Internet estaban interesados en estudiar; las principales respuestas en cuanto a las motivaciones para estudiar eran porque querían incrementar sus conocimientos, mejorar su empleo y debido a la flexibilidad en los planes de estudios y horarios.

Las TIC en México se han instaurado como un derecho humano consagrado en el artículo 6 constitucional. Por ello, eliminar la brecha digital constituye una gran tarea en la actualidad, una tarea que no solo implica el acceso a la tecnología de grupos menos favorecidos, sino también enseñar y capacitar con las habilidades necesarias para su uso y manejo. Y como parte de esta, la infraestructura y el equipamiento tecnológico disponible en las instituciones de educación superior también se erigen como un obstáculo a vencer para avanzar hacia el aprendizaje digital, tal y como se destaca en el Programa Sectorial de Educación 2020-2024 (SEP, 2020).

La revisión de literatura implicó la búsqueda de investigaciones que abordan el uso de las TIC en los diferentes niveles educativos. Para el caso de la educación primaria (nivel básico o inicial), Tondeur, Braak y Valcke (2007), a partir de un cuestionario aplicado a 532

profesores holandeses y a través de un análisis factorial, encontraron que el uso de las computadoras constituye una herramienta de información, de aprendizaje y de habilidades informáticas. Asimismo, Aristovnik (2012, 2013) estimó la eficiencia del uso de las TIC en los resultados educativos con ayuda de un análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés) y consideró indicadores como la razón estudiante-profesor en educación secundaria, la matrícula, la fuerza laboral con educación media superior y los puntajes promedio de la prueba del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA) aplicada en 2006. Este análisis, centrado en un conjunto de 27 naciones que forman parte de la Unión Europea o que son miembros de la OCDE (donde se excluye al caso de México, debido a ser considerado como un caso atípico), reveló que si bien el uso de las TIC se encuentra por encima de la media del conjunto de países estudiados (dado que se estimó una eficiencia técnica relativamente baja en la mayoría de los países considerados), se precisa de un incremento de los resultados educativos o rendimiento académico; lo anterior se observó particularmente en países desarrollados como Estados Unidos, Reino Unido y Austria.

Bajo esta misma línea, Oyerinde y Bankole (2021) estimaron la eficiencia de la inversión destinada a infraestructura de TIC en un conjunto de 51 países agrupados por nivel de ingreso, en el componente educativo del desarrollo humano, a partir de un DEA. Su análisis mostró una estrecha relación entre eficiencia técnica y el ingreso económico, por ejemplo, fue mayor para naciones con ingreso económico alto respecto al obtenido para naciones con ingreso medio y, consiguientemente, estas últimas mostraron un mejor desempeño respecto al alcanzado por naciones de ingreso bajo. Años atrás, los propios Oyerinde y Bankole (2019) analizaron tanto la eficiencia de la inversión como de la productividad sobre el uso de las TIC en la creación de valor público, al llevar a cabo un DEA y la estimación del índice de Malmquist, respectivamente, con información de la tasa de alfabetización en los adultos en países de Europa, África subsahariana, Estados árabes y otros. La evidencia reveló un uso eficiente en términos de creación de valor público, aunque con una pérdida promedio de productividad; este último hallazgo se relaciona con variables como la proporción de estudiantes de regiones rurales o remotas (Carrington, Coelli y Rao, 2005) o por el nivel de ingreso per cápita (Agasisti, 2014).

En general, se observó que el DEA y el índice de Malmquist han ganado popularidad al estudiar el desempeño del uso de las TIC en términos de eficiencia y productividad, respectivamente. Sin embargo, la discusión en la literatura ha demostrado que en ausencia de rendimientos constantes a escala el índice de Malmquist no mide el cambio en la

productividad (Grifell-Tatjé y Lovell, 1995), puede presentar inviabilidades en su cálculo (Kerstens y Van de Woestyne, 2014) y no posee una interpretación directa de la productividad total de los factores (PTF) como una relación de productos e insumos agregados (O'Donnell, 2010, 2012); dichas debilidades pueden sortearse con la estimación del índice de Hicks-Moorsteen (HMTFP, por sus siglas en inglés). Hasta ahora, para el análisis del sector educativo, solo existe registro del trabajo de Becerra y Santín (2021), quienes realizaron una estimación de los cambios en la productividad con aplicación del HMTFP a través del tiempo para el caso del gasto público de la educación primaria en los estados mexicanos.

De lo anterior surgió la siguiente interrogante: ¿cuál ha sido el desempeño de las entidades federativas en el uso de las TIC en los principales indicadores de la educación superior en México? Así, el objetivo de esta investigación consistió en analizar empíricamente los cambios en la productividad total de los factores (CPTF) mediante el uso de variables TIC (insumos) y variables de la educación superior (productos). Para comprobarlo, se estimaron los CPTF a través del HMTFP con rendimientos variables a escala y orientación al producto en un panel con información anual de las 32 entidades federativas para el periodo 2010-2018. Se parte de la hipótesis de que los estados con un nivel más alto en la penetración de las TIC logran un mejor desempeño a lo largo del tiempo.

La justificación de la selección de variables producto e insumo se basa en el argumento de la teoría neoclásica, modelo AK (Aghion y Howitt, 2009), cuya interacción permite representar el progreso tecnológico requerido para la acumulación de capital intelectual o capital humano mediante su combinación con la acumulación de capital físico, fundamental para acelerar el crecimiento económico. Por tanto, en este trabajo las variables TIC se asumen como exógenas (variables insumo) y las educativas como variables endógenas (variables producto).

Derivado de lo anterior, es importante mencionar la ausencia de literatura que analice en el tiempo la productividad y eficiencia técnica mediante indicadores educativos y de las TIC en México; en contraste, se ha estudiado con gran profundidad (a nivel nacional e internacional) la brecha digital y la heterogeneidad en la penetración de las TIC mediante el uso de variables de acceso, uso y habilidades en el manejo de Internet y por la dotación de activos TIC (Escobar y Sámano, 2018; ITU, 2017; Rodríguez, 2019).

Bajo este escenario, cobra relevancia este análisis empírico donde se relacionan indicadores de educación superior y de infraestructura de las TIC al estimar el HMTFP, que representa una aportación innovadora al campo de estudio.

Método

Índice de Hicks-Moorsteen

Siguiendo el trabajo seminal de Jorgenson y Griliches (1967), aquí se considera la definición de PTF que se utiliza en el análisis de las unidades tomadoras de decisiones (DMU, por sus siglas en inglés), es decir, como la razón que existe entre un índice de cantidad de producto (variables de educación superior) y un índice de cantidad de insumo (variables TIC). A partir de la concepción anterior, y que será aplicada en esta investigación, el número índice que surge es un índice multiplicativo completo y se expresa como sigue:

$$PTF_{nt} = \frac{y_{nt}}{x_{nt}} \quad (1)$$

En dicha fórmula, PTF_{nt} representa la PTF de la n ésima DMU en el periodo t , y_{nt} y x_{nt} son el producto (desempeño en la educación superior) y el insumo (dotación de bienes y servicios TIC) agregados, respectivamente; de manera que la PTF puede definirse como la relación entre el crecimiento de los productos y el crecimiento de los insumos. De acuerdo con O'Donnell (2010, 2012), el HMTFP es consistente con la definición (1), es el único índice multiplicativo completo que puede estimarse sin información de precios y tiene una orientación simultánea al producto y al insumo.

El HMTFP se define a continuación:

$$HMTFP^{t,t+1} = \left[\frac{D_0^t(x_t, y_{t+1}) D_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^t(x_t, y_t) D_0^{t+1}(x_{t+1}, y_t)} \cdot \frac{D_1^t(x_t, y_t) D_1^{t+1}(x_t, y_{t+1})}{D_1^t(x_{t+1}, y_t) D_1^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{1/2} \quad (2)$$

En este caso, $D_0^t(x^t, y^t) = \min\{\rho > 0: (x_i^t, y_i^t/\rho) \in T^t\}$ representa la función de distancia de los productos y $D_1^t(x^t, y^t) = \max\{\rho > 0: (x_i^t/\rho, y_i^t) \in T^t\}$ representa la función de distancia de los insumos (Shephard, 1953). Ambas provienen de una tecnología de referencia $T^t = \{(x^t, y^t) \in R_+^m \times R_+^s: x^t \text{ produce } y^t\}$, siendo la frontera de producción. La estimación de T^t se realiza con un DEA como $\{(x^t, y^t \in R_+^m \times R_+^s \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i^t \leq x^t, \sum_{i=1}^n \lambda_i y_i^t \geq y^t, \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0)\}$ bajo el supuesto de rendimientos variables a escala (Banker, Charnes y Cooper, 1984) y como $\{(x^t, y^t \in R_+^m \times R_+^s \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j^t \leq$

$x^t, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^t \geq y^t, \lambda_j \geq 0$)} bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978).

La interpretación de las estimaciones del HMTFP indican que un $HMTFP^{t,t+1} > 1$ refleja un incremento o mejora en la productividad del periodo t al $t + 1$, y, por el contrario, un $HMTFP^{t,t+1} < 1$ representa una pérdida en la productividad.

Una de las principales bondades del HMTFP es la descomposición de los CPTF en dos partes: un componente de tecnología y un componente de eficiencia (O'Donnell, 2012). Sin embargo, esta investigación tiene solo el objetivo de observar el comportamiento agregado del índice y no la descomposición de los CPTF (lo cual requeriría profundizar teóricamente en el aporte tecnológico y de eficiencia, ello supera los alcances de esta investigación); es decir, únicamente se enfoca en analizar el desempeño a lo largo del tiempo de un conjunto de DMU (las 32 entidades federativas mexicanas), como se explicará en la siguiente sección.

Datos y variables

De acuerdo con Bankole, Osei-Bryson y Brown (2013), la inversión en TIC se compone de cuatro elementos: *hardware*, *software*, gasto interno (inversión en mano de obra) y telecomunicaciones. En la presente investigación se consideran como variables insumo a los primeros dos elementos, *hardware* al considerar la disposición de computadora en el hogar y *software* al considerar la disponibilidad de conexión a internet en el hogar.

Asimismo, y en concordancia con el trabajo de Bankole *et al.* (2011), la selección de las variables producto se hace con base en el componente de educación del índice de desarrollo humano (IDH), para cuantificar la productividad en el uso de las TIC a lo largo del tiempo a partir de la infraestructura disponible para su utilización y sin considerar las inversiones que se destinan a estas. En este sentido, la educación es cuantificada como un reflejo de los logros educativos que se traducen en grado promedio de escolaridad y cobertura educativa a nivel medio superior y superior, respectivamente.

Derivado de lo anterior, para el análisis empírico de la evolución de los CPTF del uso de las TIC en la educación superior, se construyó un panel conformado por las 32 entidades federativas de México con información para el periodo 2010-2018. Se llevaron a cabo cinco estimaciones del HMTFP (de aquí en adelante índices), con diferentes conjuntos de productos relacionados con la educación media superior y superior (tabla 1), para analizar los diferentes

niveles de productividad alcanzada al utilizar un mismo conjunto de insumos (proxy de las TIC) y observar el desempeño de los estados mexicanos a lo largo del tiempo.

Tabla 1. Insumos y productos para la estimación del HMTFP

Índice	Insumos	Productos
I	Hogares con conexión a internet	Grado promedio de escolaridad
	Computadora en el hogar	
II	Hogares con conexión a internet	Grado promedio de escolaridad
	Computadora en el hogar	Porcentaje de cobertura en educación media superior (15-17 años)
		Porcentaje de cobertura educación superior (18-23 años, incluye posgrado)
III	Hogares con conexión a internet	Grado promedio de escolaridad
	Computadora en el hogar	Porcentaje de la matrícula en educación media superior
		Porcentaje de la matrícula en educación superior
IV	Hogares con conexión a internet	Porcentaje de la matrícula en educación media superior
	Computadora en el hogar	Porcentaje de la matrícula en educación superior
		Razón profesor por cada 100 estudiantes en educación media superior
		Razón profesor por cada 100 estudiantes en educación superior
V	Hogares con conexión a internet	Grado promedio de escolaridad
	Computadora en el hogar	Porcentaje de la matrícula en educación media superior
		Porcentaje de la matrícula en educación superior
		Razón profesor por cada 100 estudiantes en educación media superior
		Razón profesor por cada 100 estudiantes en educación superior

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se enlistan las variables que se emplearon como insumos para la estimación de los HMTPF para cada una de las entidades federativas.

- Hogares con conexión a internet (valor en escala de 0 a 1): respuesta afirmativa a la pregunta de si disponen en el hogar de conexión a internet en el hogar; 2010 a 2014, por medio del Módulo sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (Modutih) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi], 2010, 2011, 2012, 2013, 2014); y de 2015 a 2018, a través de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (Endutih) (Inegi, 2015, 2016, 2017, 2018).

- Computadora en el hogar (valor en escala de 0 a 1): respuesta afirmativa a la pregunta de si Disponen en el hogar de computadora: 2010-2014, en condiciones de uso en los últimos 12 meses (Modutih [Inegi, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014]); y de 2015-2018, computadora de escritorio o portátil (teclado, monitor y CPU, separados o integrados, respectivamente) (Endutih [Inegi, 2015, 2016, 2017, 2018]).

Se enlistan las variables que se emplearon como productos para la estimación de los HMTPF para cada una de las entidades federativas.

- Grado promedio de escolaridad (iniciando por primaria hasta doctorado): se refiere a la cantidad promedio de grados escolares aprobados por la población de 15 años y más del país. Las cifras fueron obtenidas de la Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa (DGPPyEE) de la SEP (2021).

- Porcentaje de cobertura en educación media superior (jóvenes de 15-17 años): es la proporción de la matrícula total de educación media superior respecto a la población de 15 a 17 años, edad oficial para cursar este nivel (también se le conoce como *demanda natural*). Las cifras fueron obtenidas de la DGPPyEE de la SEP (2021).

- Porcentaje de cobertura educación superior (18-23 años): corresponde al porcentaje de la matrícula total del nivel técnico superior universitario, licenciatura y posgrado en la modalidad escolarizada respecto al total de población de 18 a 23 años. Las cifras fueron obtenidas de la DGPPyEE de la SEP (2021).

- Porcentaje de la matrícula en educación media superior: se calcula al dividir la matrícula de nivel medio superior entre el total de estudiantes del sector educativo. Las cifras fueron obtenidas de la DGPPyEE (SEP, 2018).

- Porcentaje de la matrícula en educación superior: se calcula al dividir la matrícula de nivel superior entre el total de estudiantes del sector educativo. Las cifras fueron obtenidas de la DGPPyEE (SEP, 2018).
- Razón de cantidad de profesores por cada 100 estudiantes en educación media superior: se calcula al dividir el número total de docentes que atienden en nivel medio superior entre la matrícula total en el mismo nivel educativo, posteriormente es multiplicado por 100. Las cifras de profesores y matrícula fueron obtenidas de la DGPPyEE (SEP, 2018).
- Razón de cantidad de profesores por cada 100 estudiantes en educación superior: se calcula al dividir el número total de docentes que atienden en nivel superior entre la matrícula total en el mismo nivel educativo, posteriormente el resultado es multiplicado por 100. Las cifras de profesores y matrícula fueron obtenidas de la DGPPyEE (SEP, 2018).

Tabla 2. Estadística descriptiva: insumos y productos (2010 a 2018)

Variable	Media	Desviación estándar (DE)	Mín.	Máx.
Hogares con internet	0.35	0.17	0.05	0.83
Computadora	0.33	0.10	0.12	0.60
Escolaridad	9.02	0.85	6.67	11.18
Cobertura superior	27.03	8.81	12.26	71.94
Cobertura media superior	71.66	10.70	49.66	121.10
Matrícula media superior (%)	0.13	0.01	0.10	0.17
Matrícula superior (%)	0.09	0.02	0.04	0.18
Profesor / 100 estudiantes media superior	7.76	1.41	4.66	11.36
Profesor / 100 estudiantes superior	9.43	1.56	6.23	13.26

Fuente: Elaboración propia

Por la naturaleza del objetivo de este trabajo, la estadística descriptiva mostrada en la tabla 2 no arroja información respecto a las tendencias o comportamiento de los indicadores (en conjunto o para cada uno de los estados) a lo largo del periodo analizado. Lo que sí destaca es un mayor incremento global en el porcentaje promedio de hogares con internet, por encima del indicador de Computadora. En cuanto a los indicadores educativos, resalta el

avance importante en el indicador de cobertura en educación media superior; el de cobertura en educación superior presenta un rezago importante, cuyo valor a nivel nacional alcanza apenas alcanzaba 40 % (Presidencia de la República, 2020), muy por debajo del que presentan los países miembros de la OCDE (50 %).

Se observa que a lo largo del periodo de análisis se tiene una escolaridad (población de 15 años y más) promedio de 9.02 años, lo cual significa que se tiene concluida la educación secundaria. La escolaridad mínima se ubica en 6.67, lo que se interpreta como poco más de la educación primaria concluida, mientras que la escolaridad máxima se estima en 11.18, esto es, el nivel medio superior.

La razón de profesores por cada 100 estudiantes de educación media superior, en promedio y para el periodo analizado, se ubica en 7.76, mientras que la misma razón en el caso de la educación superior se estima en 9.43. Ello denota una matrícula más amplia en la educación media superior que en la educación superior en México (más de 1 millón de estudiantes, aproximadamente). Lo anterior tiene estrecha relación con la media de la razón profesor por cada 100 estudiantes en educación media superior (7.76), que resulta ligeramente inferior en comparación con la misma razón observada en el caso de la educación superior (9.43).

Resultados

En esta investigación se analizó el desempeño de las 32 entidades federativas de México a lo largo de ocho años, de 2010 a 2018, a través de la estimación del HMTFP que asume retornos variables a escala. La interpretación de los resultados de los CPTF se realizó bajo el siguiente criterio. Como se ha mencionado en la sección anterior, los valores mayores (menores) a la unidad reflejan una ganancia (pérdida) en los CPTF de cada entidad federativa de un periodo a otro.

Una vez estimados los cinco índices de HMTFP se observó que, en conjunto, a lo largo del periodo de análisis 2010-2018 (tabla 3), se presentaron pérdidas en la productividad que oscilaron entre -3.29 % (índice IV) y -5.09 % (índices I y II) en promedio. Los índices I, II y III presentaron resultados promedio similares en el HMTFP estimado. Se observó el mejor desempeño durante el periodo 2010 a 2011 con CPTF que oscilan entre 11.33 % y 11.77 %. Asimismo, en conjunto, el comportamiento de las entidades federativas mostró tres años consecutivos de pérdida de productividad (2011-2014), la mayor fue observada de 2013 a 2014, con CPTF de entre -20.33 % y -20.44 % (tabla 3).

Tabla 3. HMTFP promedio por periodo (2010-2018)

HMTFP	Índice				
	I	II	III	IV	V
2010-2011	1.1177	1.1163	1.1133	1.0931	1.0972
2011-2012	0.9682	0.9717	0.9703	0.9549	0.9531
2012-2013	0.9148	0.9118	0.9187	1.0169	1.0093
2013-2014	0.7956	0.7967	0.7966	0.8036	0.7990
2014-2015	1.0249	1.0212	1.0197	0.9872	0.9892
2015-2016	0.9948	0.9893	0.9863	0.9395	0.9437
2016-2017	0.9693	0.9704	0.9706	0.9717	0.9686
2017-2018	0.9882	0.9869	0.9895	0.9845	0.9856
Media	<i>0.9491</i>	<i>0.9491</i>	<i>0.9497</i>	<i>0.9671</i>	<i>0.9647</i>

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, los resultados promedio observados en los índices IV y V no distan demasiado de los índices anteriores, sin embargo, cuantifican un incremento en los CPTF de 2012 a 2013 con una ganancia de productividad de 1.69 % y 0.93 %, respectivamente, a diferencia de lo cuantificado en los índices I, II y III, donde se obtiene una pérdida de productividad de entre -8.13 % y -8.82 %.

En la tabla 4 se muestran las estimaciones promedio del HMTFP realizadas por entidad federativa (DMU) conforme a cada uno de los índices durante el periodo de estudio 2010 a 2018. De los resultados del índice I, que incluye al grado promedio de escolaridad como único producto, se destacó al estado de Veracruz como la única entidad federativa que ha presentado una ligera ganancia de productividad promedio, de apenas 0.31 %. Por el contrario, las mayores pérdidas promedio de productividad se observaron en Tlaxcala (-14.56 %), Oaxaca (-9.76 %), Tabasco (-8.41 %), Guanajuato (-8.31 %) y Chihuahua (-8.22 %).

Del análisis de las estimaciones del índice II (tabla 4), donde se integraron los porcentajes de cobertura en educación media superior y superior a la lista de productos, destacaron Hidalgo y Veracruz con CPTF promedio positivos de 1.63 % y 0.68 %, respectivamente. Mientras que los CPTF promedio negativos de mayor cuantía se presentaron en Tlaxcala (-13.82 %), Nayarit (-10.28 %), Oaxaca (-9.76 %), Tabasco (-9.57 %) y Guanajuato (-8.31 %).

En el índice III, al integrar como productos a los porcentajes de matrícula en educación media superior y superior, nuevamente sobresalieron Veracruz e Hidalgo como las entidades federativas con el mejor desempeño promedio, con CPTF de 1.51 % y 0.98 %, respectivamente (tabla 4). Los desempeños más bajos se presentaron en Tlaxcala (-14.22 %), Tabasco (-10.33 %), Oaxaca (-9.80 %), Nayarit (-9.03 %) y Guanajuato (-8.27 %) con los mayores CPTF promedio negativos.

Tabla 4. HMTFP promedio por entidad federativa (2010-2018)

DMU	Entidad	Índice I		Índice II		Índice III		Índice IV		Índice V	
		HMTFP	#	HMTFP	#	HMTFP	#	HMTFP	#	HMTFP	#
1	Aguascalientes	0.9265	24	0.9265	26	0.9266	24	0.9427	23	0.9505	22
2	Baja California	0.9727	8	0.9727	6	0.9856	4	1.0056	4	0.9898	7
3	Baja California Sur	0.9524	15	0.9473	19	0.9529	18	0.9762	13	0.9757	12
4	Campeche	0.9803	5	0.9681	10	0.9678	10	1.0029	6	0.9973	4
5	Coahuila	0.9698	9	0.9697	8	0.9698	9	0.9939	7	0.9947	5
6	Colima	0.9516	16	0.9516	18	0.9352	20	0.9695	15	0.9685	15
7	Chiapas	0.9243	26	0.9297	23	0.9253	25	0.9326	28	0.9326	27
8	Chihuahua	0.9178	28	0.9238	27	0.9235	27	0.9619	17	0.9576	19
9	Ciudad de México	0.9461	19	0.9706	7	0.9598	14	0.9610	19	0.9610	18
10	Durango	0.9426	20	0.9405	20	0.9611	12	0.9890	8	0.9858	9
11	Guanajuato	0.9170	29	0.9170	28	0.9173	28	0.9415	24	0.9456	23
12	Guerrero	0.9263	25	0.9280	25	0.9245	26	0.9399	25	0.9298	28
13	Hidalgo	0.9969	2	1.0163	1	1.0098	2	1.0295	1	1.0284	1
14	Jalisco	0.9329	23	0.9329	21	0.9320	23	0.9796	11	0.9760	11
15	Estado de México	0.9664	11	0.9664	11	0.9664	11	0.9838	10	0.9823	10
16	Michoacán	0.9772	6	0.9621	13	0.9740	7	0.9263	30	0.9262	30
17	Morelos	0.9686	10	0.9686	9	0.9710	8	0.9599	20	0.9563	20
18	Nayarit	0.9183	27	0.8972	31	0.9098	29	0.9555	21	0.9347	26
19	Nuevo León	0.9580	13	0.9580	15	0.9580	16	1.0030	5	0.9736	13
20	Oaxaca	0.9024	31	0.9024	30	0.9020	30	0.9346	27	0.9349	25
21	Puebla	0.9381	21	0.9318	22	0.9336	22	0.9234	31	0.9231	31
22	Querétaro	0.9658	12	0.9659	12	0.9601	13	0.9497	22	0.9514	21
23	Quintana Roo	0.9849	4	0.9849	4	0.9856	5	0.9768	12	0.9942	6
24	San Luis Potosí	0.9556	14	0.9595	14	0.9593	15	0.9645	16	0.9705	14
25	Sinaloa	0.9476	18	0.9541	16	0.9498	19	0.9721	14	0.9661	16

26	Sonora	0.9962	3	0.9962	3	0.9959	3	1.0266	3	1.0206	3
27	Tabasco	0.9159	30	0.9043	29	0.8967	31	0.9297	29	0.9297	29
28	Tamaulipas	0.9763	7	0.9763	5	0.9756	6	1.0284	2	1.0267	2
29	Tlaxcala	0.8545	32	0.8618	32	0.8578	32	0.9039	32	0.9034	32
30	Veracruz	1.0031	1	1.0068	2	1.0151	1	0.9864	9	0.9863	8
31	Yucatán	0.9505	17	0.9521	17	0.9558	17	0.9611	18	0.9611	17
32	Zacatecas	0.9343	22	0.9294	24	0.9339	21	0.9364	26	0.9352	24
Media		<i>0.9491</i>		<i>0.9491</i>		<i>0.9497</i>		<i>0.9671</i>		<i>0.9647</i>	

Nota: # Indica la posición en el *ranking*

Fuente: Elaboración propia

Las estimaciones obtenidas en el índice IV, que excluyeron el grado promedio de escolaridad de la lista de productos e integraron las razones de profesor por cada 100 estudiantes en educación media superior y superior, respectivamente, mostraron que 6 de las 32 entidades federativas han conseguido CPTF promedio positivos. Sobresalieron con las mayores ganancias de productividad Hidalgo (2.95 %), Tamaulipas (2.84 %), Sonora (2.65 %), Baja California (0.56 %), Nuevo León (0.30 %) y Campeche (0.29 %). Por otro lado, las mayores pérdidas de productividad se presentaron en Tlaxcala (-9.61 %), Puebla (-7.66 %), Michoacán (-7.37 %), Tabasco (-7.03 %) y Chiapas (-6.74 %).

Finalmente, en las estimaciones del índice V se agregó a los productos del índice IV al grado promedio de escolaridad, de manera que destacaron con CPTF promedio positivos Hidalgo (2.84 %), Tamaulipas (2.67 %) y Sonora (2.06 %). El resto de las entidades federativas presentaron CPTF promedio negativos, sobresalen Tlaxcala (-9.67 %), Puebla (-7.70 %), Michoacán (-7.38 %), Tabasco (-7.04 %) y Guerrero (-7.02 %) con las mayores pérdidas de productividad.

Discusión

La mejora en el índice de 2013 a 2014 (tabla 3), por ejemplo, corresponde al año posterior a la implementación de la Estrategia Digital Nacional (2013), durante la administración federal anterior (2012-2018), estrategia de la que destacaron dos habilitadores claves: conectividad e inclusión y habilidades digitales (Gobierno de la República, 2013). Entre las acciones principales se estableció como meta brindar conectividad a 250 000 sitios públicos para el año 2018 a través del proyecto México Conectado, un instrumento de

impulso a la digitalización y al mayor uso y aprovechamiento del Internet, sin embargo, fue reprogramada a 150 000 sitios públicos y posteriormente se redujo a 101 000 (Castañares, 2017).

En general, se esperaba que aquellos estados con una dotación mayor de TIC consiguieran el mejor desempeño a lo largo del tiempo, y dicho comportamiento se cumplió en los casos de Baja California, Nuevo León y Sonora conforme a la dotación de hogares con internet y de computadora en el hogar, de acuerdo con los resultados de los índices IV y V (tabla 4).

Por el contrario, Hidalgo, que sobresale por su buen desempeño en la primera posición en los índices II, IV y V y en la segunda en los índices I y III, y Veracruz, que se ubicó en la primera posición en los índices I y II y en la segunda posición en el índice III, fueron estados que con dotaciones bajas de insumos (en el último cuartil del conjunto) han conseguido un buen aprovechamiento de estos en términos de productividad en la educación superior.

Ha de resaltarse el desempeño de Ciudad de México y de Baja California Sur, estados que no ocuparon las primeras posiciones en los índices estimados a pesar de ser las entidades federativas con la mayor cantidad de ambos insumos durante el periodo de análisis; un comportamiento similar fue observado en entidades federativas como Aguascalientes, Colima y Jalisco que, en general, se ubicaron por debajo de la posición 14 conforme a las estimaciones del HMTFP (tabla 4).

Si bien la expedición de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión y la creación del Instituto Federal Electoral de Telecomunicaciones en 2014 respaldan los derechos y abonan al cumplimiento del mandato constitucional de cobertura universal de acceso a internet de banda ancha en espacios públicos (Jiménez, 2017), conforme a los resultados agregados de los estados mexicanos, se observó un insuficiente esfuerzo por parte del Gobierno federal en la focalización de programas de conectividad, especialmente en el caso de la educación superior.

La puesta en marcha de la Estrategia Digital Nacional, del Sistema Nacional e-México como parte del proyecto México Conectado y el proyecto paralelo de Punto México Conectado en 2015 orientaron los esfuerzos a brindar cursos de competencias digitales en todas las entidades federativas dirigidos a la población en general y dar acceso a internet en escuelas y lugares públicos con el objetivo de contribuir a la digitalización del país. A pesar

de ello, los recortes presupuestales y la reducción de las metas originales de los planes no han permitido alcanzar los resultados esperados.

Aunado a lo anterior, ha existido una tendencia de priorizar la educación básica durante la implementación de programas y políticas públicas, tal es el caso de la Enciclomedia en 2004 con la digitalización de libros de textos y uso de recursos multimedia; el programa de Habilidades Digitales para Todos entre 2009 y 2012 con aulas telemáticas, y el proyecto @prende2.0 entre 2012 y 2018 que incluía el programa “Laptops para niños que cursan 5.º y 6.º grado de primaria” y el programa de Inclusión y Alfabetización Digital (Arredondo, 2020).

Conforme a cifras de la Endutih, a lo largo del periodo analizado se vislumbró un aumento en la disponibilidad de las TIC (accesibilidad y uso). Sin embargo, se percibió un uso no supervisado y no focalizado en la educación superior que, junto a la falta de competencias digitales de profesores y estudiantes, dieron lugar a un menoscabo de la calidad y la igualdad de la educación (Hinostroza, 2018), situación que también se vio reflejada en los indicadores de desempeño en el uso de los insumos de tecnologías y comunicación, tal y como lo mostraron los resultados de las estimaciones del HMTFP en esta investigación.

Finalmente, se ha destacado que los patrones de uso de las TIC en los centros educativos dependen del contexto y de la temporalidad (Tondeur *et al.*, 2007), así como del nivel educativo. En la literatura, se ha observado que es en los niveles superiores donde existe una mayor propensión de crear entornos y brindar mayores posibilidades para la implementación y el uso de las TIC conforme al desarrollo de los planes de estudio dentro del aula por parte de los profesores.

Se presentaron algunas limitaciones en esta investigación. Se acotó el periodo de análisis de 2010 a 2018, al menos un año previo al inicio del estado de pandemia de la enfermedad por coronavirus de 2019 (covid-19) en el contexto internacional, con lo que se podría haber observado algún avance en cobertura y acceso a la educación superior mediante la implementación de modelos mixtos de aprendizaje derivado de la reducción del uso de espacios físicos en México. Otra limitación consistió en la falta de información detallada sobre el gasto público que se invirtió en TIC a nivel estatal, con lo cual dicha variable no pudo incluirse en el conjunto de productos para la estimación de los diferentes índices; tampoco se tuvo el detalle sobre el gasto público en inversión y desarrollo (I+D) que pudo servir como proxy del gasto público invertido en TIC por las entidades federativas.

Conclusiones

La evidencia empírica mostró que la productividad en el uso de las TIC cuando se tienen en cuenta los resultados del sector educativo varía entre las entidades federativas de México. En este sentido, cobra relevancia este análisis empírico donde se relacionan indicadores de educación superior y de infraestructura tecnológica con los de las TIC, mediante la aplicación del HMTFP, que representa una aportación innovadora al campo de estudio.

El análisis de los cambios en la productividad a lo largo del tiempo mostró que la mayoría de los estados presentaron pérdidas en la productividad durante el periodo 2010-2018. Asimismo, las estimaciones indicaron que los estados de Veracruz e Hidalgo mantuvieron un cambio promedio positivo en la productividad a lo largo del periodo de estudio, cuando se consideraron dentro de los productos al grado promedio de escolaridad y los porcentajes de cobertura en educación media superior y superior. Los resultados también indicaron que cuando se incorporan productos como los porcentajes de matrícula en educación media superior y superior, así como las razones de profesor por cada 100 estudiantes en educación media superior y superior, se incrementó el número de entidades federativas con cambios positivos promedio, entre ellas Hidalgo, Tamaulipas, Sonora, Baja California, Nuevo León y Campeche.

En general, se esperaba que aquellos estados con una dotación mayor de TIC consiguieran el mejor desempeño a lo largo del tiempo. Dicha afirmación se cumplió en los casos de Baja California, Nuevo León y Sonora, conforme a la dotación de hogares con internet y de computadora en el hogar (índices IV y V), los cuales han mantenido el liderazgo en la adopción de las TIC en el periodo considerado. Por el contrario, Veracruz e Hidalgo, que se ubicaron en las primeras posiciones, fueron estados que con dotaciones bajas de insumos (último cuartil del conjunto) han conseguido el mejor aprovechamiento de estos en términos de productividad en la educación superior.

Asimismo, se destaca que ante el incremento paulatino en la disponibilidad y uso de las TIC dentro y fuera del ámbito educativo (no supervisado ni focalizado en la educación superior), en conjunto con la falta de competencias digitales del profesorado y estudiantes, se pueden poner en riesgo la calidad y la igualdad de la educación, además de alcanzar bajos indicadores de desempeño.

A pesar de las limitaciones señaladas con antelación, consideramos imperante realizar este tipo de análisis sobre la actuación pública, en especial dentro del sector educativo, para contar con evidencia de la evolución del desempeño público. Asimismo, creemos que una mejora en la productividad del uso de las TIC puede contribuir significativamente a un mayor desarrollo y crecimiento de las entidades federativas, por lo cual es imperante contar con políticas públicas que articulen tanto la inversión en TIC como su implementación en el sector educativo en sus diferentes niveles para generar y reforzar las competencias en la formación de capital humano.

Futuras líneas de investigación

Como se ha mencionado con antelación, el presente análisis empírico que relaciona indicadores de educación superior y de infraestructura de las TIC al estimar el HMTFP representa una aportación innovadora al campo de estudio. En un futuro deberían incorporarse a los análisis variables que den cuenta de la calidad de la educación, como pudiera ser el caso de los resultados de pruebas estandarizadas o la tasa de reprobación para el nivel medio superior y superior; ello puede dar cuenta de la relevancia que tiene la función educativa para el desarrollo económico y social.

Se sugiere integrar al análisis el gasto que se invierte en la infraestructura de las TIC, o bien el gasto en I+D, que puede ser tomado como proxy del gasto destinado en infraestructura TIC, para ser considerado como variable insumo en la estimación de la PTF.

Asimismo, se ha concluido que es factible una ampliación del análisis de la productividad dentro de los países, esto al considerar a los niveles subnacionales como unidades de análisis, aunque ello depende la disponibilidad de información desagregada. Esto podría aportar resultados complementarios al estudio del desempeño de las administraciones centrales, contribuir a la ampliación en la discusión de resultados y conseguir reflexiones con mayor solidez dentro de la realización de comparativas en un nivel nacional.

Lo anterior puede ayudar a reforzar el diseño de las políticas públicas, en el entendido de contribuir a la generación de estadísticas e indicadores oportunos para la toma de decisiones basadas en la evidencia empírica, además de la identificación de buenas prácticas y su réplica para alcanzar una mejora en el desempeño público.

Referencias

- Agasisti, T. (2014). The Efficiency of Public Spending on Education: An Empirical Comparison of EU Countries. *European Journal of Education*, 49(4), 543-557. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/ejed.12069>.
- Aghion, P. and Howitt, P. (2009). *The Economics of Growth*. United States: MIT Press.
- Asociación Mexicana de Internet. (2019). Educación en línea en México 2018 (Presentación). Recuperado de <https://www.asociaciondeinternet.mx/estudios/educacion-en-linea-mexico>.
- Aristovnik, A. (2012). The impact of ICT on educational performance and its efficiency in selected EU and OECD countries: a non-parametric analysis. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11(3), 144-152.
- Aristovnik, A. (2013). ICT expenditures and education outputs/outcomes in selected developed countries: An assessment of relative efficiency. *Campus-Wide Information Systems*, 30(3), 222-230. Retrieved from <https://doi.org/10.1108/10650741311330401>.
- Arredondo, P. (2020). La presencia de México Conectado en la educación básica. *Comunicación y Sociedad*, 17, 1-22.
- Banker, R., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1031-1142. Retrieved from <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>.
- Bankole, F., Osei-Bryson, K. M. and Brown, I. (2011). Exploring the Impacts of ICT Investments on Dimensions of Human Development in Different Contexts: A Regression Splines Analysis. Paper presented at the Fourth Annual Pre-ICIS SIG GlobDev Workshop. Shanghai, December 3, 2011.
- Bankole, F., Osei-Bryson, K. M. and Brown, I. (2013). The impact of ICT Investments on Human Development: A Regression Splines Analysis. *Journal of Global Information Technology Management*, 16(2), 59-85. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/1097198X.2013.10845636>.
- Becerra, D. L. and Santin, D. (2021). Measuring public primary education productivity across Mexican states using a Hicks-Moorsteen index. *Applied Economics*, 53(8), 924-939. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/00036846.2020.1819951>.

- Carrington, R., Coelli, T. and Rao, D. S. P. (2005). The Performance of Australian Universities: Conceptual Issues and Preliminary Results. *Economic Papers*, 24(2), 145-163. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/j.1759-3441.2005.tb01001.x>.
- Castañares, I. (14 de noviembre de 2017). SCT reduce meta de “México Conectado.” *El Financiero*. Recuperado de <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/sct-reduce-meta-de-mexico-conectado/>.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8).
- Escobar, R. y Sámano, Y. M. (2018). Disponibilidad regional de la infraestructura de telecomunicaciones. Un análisis multivariado. *El Trimestre Económico*, 85(340), 765-799. Recuperado de <https://doi.org/10.20430/ete.v85i340.537>.
- Grifell-Tatjé, E. and Lovell, C. A. K. (1995). A note on the Malmquist productivity index. *Economics Letters*, 47(2), 169-175.
- Gobierno de la República. (2013). Estrategia Digital Nacional. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/17083/Estrategia_Digital_Nacional.pdf.
- Hinostroza, J. E. (2018). ICT-Supported Innovations in Small Countries and Developing Regions. In Lubin, I. (ed.), *ICT-Supported Innovations in Small Countries and Developing Regions. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations*. (pp. 99-119). Cham, Switzerland: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67657-9>.
- Instituto Mexicano para la Competitividad [IMCO]. (2021). *Índice de Competitividad Estatal 2021*. México: Instituto Mexicano para la Competitividad. Recuperado de <http://imco.org.mx/indices/indice-de-competitividad-estatal-2021/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2010). Módulo sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (Modutih) 2010. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/modutih/2010/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2011). Módulo sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (Modutih) 2011. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/modutih/2011/>.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2012). Módulo sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (Modutih) 2012. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/modutih/2012/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2013). Módulo sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (Modutih) 2013. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/modutih/2013/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2014). Módulo sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (Modutih) 2014. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/modutih/2014/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2015). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2015. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2015/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2016). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2016. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2016/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2017). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (Endutih) 2017. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2017/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2018). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (Endutih) 2018. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2018/>.
- International Telecommunication Union [ITU]. (2017). 2017 Global ICT Development Index. Retrieved from <https://www.itu.int/net4/ITU-D/idi/2017/index.html?#idi2017rank-tab>.
- Jiménez, D. H. (2017). Internet, Gobierno y sociedad en México. *Revista Buen Gobierno*, 1(1), 108-125. Recuperado de https://doi.org/10.35247/buengob_22_09.
- Jorgenson, D. and Griliches, Z. (1967). The Explanation of Productivity Change. *The Review of Economic Studies*, 34(3), 249-283. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/2296675>.
- Kerstens, K. and Van de Woestyne, I. (2014). Comparing Malmquist and Hicks-Moorsteen productivity indices: Exploring the impact of unbalanced vs. balanced panel data.

- European Journal of Operational Research*, 233(3), 749-758. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.009>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2019a). *Education at a Glance 2019: OECD Indicators*. France, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2019b). Population with tertiary education. Retrieved from <http://data.oecd.org/eduatt/population-with-tertiary-education.htm>.
- O'Donnell, C. J. (2010). Measuring and decomposing agricultural productivity and profitability change. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54(4), 527-560. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2010.00512.x>.
- O'Donnell, C. J. (2012). An aggregate quantity framework for measuring and decomposing productivity change. *Journal of Productivity Analysis*, 38(3), 255-272. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11123-012-0275-1>.
- Oyerinde, Y. and Bankole, F. (2019). Creating Public Value Using ICT: An Efficiency and Productivity Assessment Approach. Paper presented at the 2019 International Conference on Information Resources Management. Auckland, 2019.
- Oyerinde, Y. and Bankole, F. (2021). Influence of Constant Returns to Scale and Variable Returns to Scale Data Envelopment Analysis Models in ICT Infrastructure Efficiency Utilization. In Iyamu, T. (ed.), *Empowering Businesses with Collaborative Enterprise Architecture Frameworks* (pp. 158-181). IGI Global. Retrieved from <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-8229-8.ch007>.
- Presidencia de la República. (2020). *Segundo Informe de Gobierno 2019-2020*. México: Gobierno de México. Recuperado de <https://presidente.gob.mx/wp-content/uploads/2020/09/PRESIDENTE%20AMLO%20INFORME%20DE%20GOBIERNO%202019-2020.pdf>.
- Rodríguez, J. (2019). Adopción de Internet en México: propuesta de un índice de telecomunicaciones. *Ensayos Revista de Economía*, 38(2), 135-182. Recuperado de <https://doi.org/10.29105/ensayos38.2-1>.
- Secretaría de Educación Pública [SEP]. (2018). Serie histórica y pronósticos de la estadística del Sistema Educativo Nacional. Recuperado de <https://planeacion.sep.gob.mx/estadisticaeducativas.aspx>.

- Secretaría de Educación Pública [SEP]. (2020). *Programa Sectorial de Educación 2020-2024*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Secretaría de Educación Pública [SEP]. (2021). *Principales cifras. Sistema educativo de los Estados Unidos Mexicanos 2020-2021*. México: Secretaría de Educación Pública. Recuperado de <https://www.planeacion.sep.gob.mx/estadisticaeindicadores.aspx>.
- Shephard, R. (1953). *Cost and Production Functions*. Princeton, United States: Princeton University Press.
- Tondeur, J., Van Braak, J. and Valcke, M. (2007). Towards a typology of computer use in primary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(3), 197-206. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00205.x>.

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Diana L. Becerra-Peña
Metodología	Diana L. Becerra-Peña
Software	Diana L. Becerra-Peña
Validación	Diana L. Becerra-Peña
Análisis Formal	Diana L. Becerra-Peña
Investigación	Diana L. Becerra-Peña «principal» / Javier Gonzalo Rodríguez Ruiz «que apoya»
Recursos	Diana L. Becerra-Peña «igual» / Javier Gonzalo Rodríguez Ruiz «igual»
Curación de datos	Diana L. Becerra-Peña «igual» / Javier Gonzalo Rodríguez Ruiz «igual»
Escritura - Preparación del borrador original	Diana L. Becerra-Peña «principal» / Javier Gonzalo Rodríguez Ruiz «que apoya» / Patricia Gutiérrez Moreno «que apoya»
Escritura - Revisión y edición	Diana L. Becerra-Peña «principal» / Javier Gonzalo Rodríguez Ruiz «que apoya» / Patricia Gutiérrez Moreno «que apoya»
Visualización	Diana L. Becerra-Peña «igual» / Patricia Gutiérrez Moreno «igual»
Supervisión	Diana L. Becerra-Peña
Administración de Proyectos	Diana L. Becerra-Peña
Adquisición de fondos	No aplica