



CUADERNOS DE ECONOMÍA

ISSN 0121-4772



Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Economía
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

ASESORES EXTERNOS

COMITÉ CIENTÍFICO

Ernesto Cárdenas

Pontificia Universidad Javeriana-Cali

José Félix Cataño

Universidad de los Andes

Philippe De Lombaerde

NEOMA Business School y UNU-CRIS

Edith Klimovsky

Universidad Autónoma Metropolitana de México

José Manuel Menudo

Universidad Pablo de Olavide

Gabriel Mías

Universidad Nacional de Colombia

Mauricio Pérez Salazar

Universidad Externado de Colombia

Fábio Waltenberg

Universidade Federal Fluminense de Rio de Janeiro

EQUIPO EDITORIAL

Daniela Cárdenas

Karen Tatiana Rodríguez

Maria Paula Moreno

Estudiante auxiliar

Proceditor Ltda.

Corrección de estilo, armada electrónica,
finalización de arte, impresión y acabados
Tel. 757 9200, Bogotá D. C.

Gabriela Bautista Rodríguez

Fotografía de la cubierta

Indexación, resúmenes o referencias en

SCOPUS

Thomson Reuters Web of Science

(antiguo ISI)-SciELO Citation Index

ESCI (Emerging Sources Citation Index) - Clarivate Analytics

EBSCO

Publindex - Categoría B - Colciencias

SciELO Social Sciences - Brasil

RePec - Research Papers in Economics

SSRN - Social Sciences Research Network

EconLit - Journal of Economic Literature

IBSS - International Bibliography of the Social Sciences

PAIS International - CSA Public Affairs Information Service

CLASE - Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades

Latindex - Sistema regional de información en línea

HLAS - Handbook of Latin American Studies

DOAJ - Directory of Open Access Journals

CAPEP - Portal Brasileiro de Informação Científica

CIBERA - Biblioteca Virtual Iberoamericana España / Portugal

DIALNET - Hemeroteca Virtual

Ulrich's Directory

DOTEC - Documentos Técnicos en Economía - Colombia

LatAm-Studies - Estudios Latinoamericanos

Redalyc

Universidad Nacional de Colombia

Carrera 30 No. 45-03, Edificio 310, primer piso

Correo electrónico: revcuaco_bog@unal.edu.co

Página web: www.ceconomia.unal.edu.co

Teléfono: (571)3165000 ext. 12308, AA. 055051, Bogotá D. C., Colombia

Cuadernos de Economía Vol. 43 No. 92 - 2024

El material de esta revista puede ser reproducido citando la fuente. El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores y no compromete de ninguna manera a la Escuela de Economía, ni a la Facultad de Ciencias Económicas, ni a la Universidad Nacional de Colombia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Rectora

Dolly Montoya Castaño

Vicerrector Sede Bogotá

Jaime Franky Rodríguez

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

Decana

Liliana Alejandra Chicaiza Becerra

ESCUELA DE ECONOMÍA

Directora

Nancy Milena Hoyos Gómez

CENTRO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO - CID

Karoll Gómez

DOCTORADO Y MAESTRÍA EN CIENCIAS ECONÓMICAS Y PROGRAMA CURRICULAR DE ECONOMÍA

Coordinadora

Olga Lucía Manrique

CUADERNOS DE ECONOMÍA

EDITOR

Gonzalo Cómbita

Universidad Nacional de Colombia

CONSEJO EDITORIAL

Juan Carlos Córdoba

Iowa State University

Liliana Chicaiza

Universidad Nacional de Colombia

Paula Herrera Idárraga

Pontificia Universidad Javeriana

Juan Miguel Gallego

Universidad del Rosario

Mario García

Universidad Nacional de Colombia

Iván Hernández

Universidad de Ibagué

Iván Montoya

Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Juan Carlos Moreno Brid

Universidad Nacional Autónoma de México

Manuel Muñoz

Universidad Nacional de Colombia

Ömer Özak

Southern Methodist University

Marla Ripoll

Universidad de Pittsburgh

Juanita Villaveces

Universidad Nacional de Colombia

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia.

Usted es libre de:

Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:

- **Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante. Si utiliza parte o la totalidad de esta investigación tiene que especificar la fuente.
- **No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin Obras Derivadas** — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Los derechos derivados de usos legítimos u otras limitaciones reconocidas por la ley no se ven afectados por lo anterior.



El contenido de los artículos y reseñas publicadas es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista u opinión de la Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas o de la Universidad Nacional de Colombia.

The content of all published articles and reviews does not reflect the official opinion of the Faculty of Economic Sciences at the School of Economics, or those of the Universidad Nacional de Colombia. Responsibility for the information and views expressed in the articles and reviews lies entirely with the author(s).

LOGROS EDUCATIVOS Y TIC: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PRODUCTIVIDAD LATINOAMERICANA

Diana Lizette Becerra Peña

Becerra-Peña, D. L. (2024). Logros educativos y TIC: análisis comparativo de la productividad latinoamericana. *Cuadernos de Economía*, 43(92), 469-490.

Esta investigación analiza la evolución de los cambios en la productividad total de los factores (CPTF) de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en los logros educativos latinoamericanos del 2009 al 2018. Para ello se calculó el índice de productividad total de los factores de Hicks-Moorsteen (HMTFP) de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú. La evidencia empírica muestra pérdidas de productividad debido al uso deficiente de las TIC en los logros educativos. Chile tuvo la mayor pérdida de productividad promedio (-40,66 %) y Brasil, la menor (-13,98 %), solo Colombia observó un aumento de la productividad en el

D. L. Becerra-Peña

Universidad de Guadalajara, Departamento de Métodos Cuantitativos, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, Guadalajara (México). Correo electrónico: diana.bp@academicos.udg.mx

Sugerencia de citación: Becerra-Peña, D. L. (2024). Logros educativos y TIC: análisis comparativo de la productividad latinoamericana. *Cuadernos de Economía*, 43(92), 469-490. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v43n92.99849>

Este artículo fue recibido el 30 de noviembre de 2021, ajustado el 12 de septiembre de 2023 y su publicación aprobada el 11 de octubre de 2023.

último año (2,91 %). Se concluye que existe una brecha entre políticas y programas educativos que no ha permitido mejorar la productividad en el uso de las TIC.

Palabras clave: educación; tecnologías de la información y la comunicación; productividad total de los factores; Hicks-Moorsteen.

JEL: C14, D24, I21, O33.

Becerra-Peña, D. L. (2024). Educational achievement and ICT: A comparative analysis of Latin American productivity. *Cuadernos de Economía*, 43(92), 469-490.

This research analyses the evolution of changes in the total factor productivity (TFP) of Information and Communication Technologies (ICT) in Latin American educational attainment during 2009-2018. For this purpose, the Hicks-Moorsteen Total Factor Productivity Index (HMTFP) is calculated for Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Mexico, and Peru. The empirical evidence shows productivity losses due to the efficient use of ICT in educational attainment. Chile stands out with the highest average productivity loss (-40.66%) and Brazil with the lowest average productivity loss (-13.98%), only Colombia observed an increase in productivity in the last year (2.91%). In conclusion, there is a gap between educational policies and programmes that has not allowed for improved productivity in the use of ICT.

Keywords: Education; information and communication technologies; total factor productivity; Hicks-Moorsteen.

JEL: C14, D24, I21, O33.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital se ha acelerado cada vez más en las últimas décadas y trajo consigo cambios importantes. Las nuevas tecnologías contribuyen de manera significativa a la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible. Sin embargo, así como se ha generado crecimiento y desarrollo, también se ha acentuado la brecha de la desigualdad digital debido al acceso limitado (o nulo) a Internet que persiste en Latinoamérica.

A partir de los 2000, se ha observado un incremento de la intervención del Estado en materia de inversión de infraestructura tecnológica en países como Brasil y Argentina, mientras que en naciones como Colombia, Chile y México hay una mayor intervención del sector privado en la expansión de la infraestructura tecnológica (Rueda y Franco-Avellaneda, 2018).

En 2005 se adoptó el primer plan de acción de la *Agenda digital regional para América Latina y el Caribe* (eLAC), a partir de ello, los retos en materia digital se han vuelto cada vez más complejos, dejando evidencia la imperante necesidad de mejorar, y corregir según sea el caso, los mecanismos para el diálogo y la cooperación entre las naciones y sus instituciones con el objetivo de aprovechar y potenciar las bondades de las TIC evitando, en medida de lo posible, los efectos adversos de las mismas.

En los últimos años, los gobiernos y las instituciones educativas han hecho grandes inversiones en el uso de las TIC para la enseñanza y el aprendizaje, sobre todo en los países en desarrollo, especialmente en lo relacionado con el uso de la infraestructura móvil o en el hogar como medios facilitadores de la enseñanza y el aprendizaje (Hinostroza, 2018). Pese a lo anterior, el nivel de gasto destinado a las TIC ha sido desigual dentro y entre los países, así como entre las diferentes instituciones en cada nación (Aristovnik, 2012, 2013).

De acuerdo con Hinostroza (2018, p. 100), la implementación de políticas de TIC en el sector educativo en las diferentes naciones, desarrolladas y en vías de desarrollo, se manifiesta en tres fases: provisión de infraestructura, desarrollo de mecanismos de apoyo para el uso de TIC en la educación y la alineación de la política de TIC en la educación con una visión educativa más amplia, que se articula con otras políticas.

Asimismo, cuando se habla de uso de las TIC en las instituciones educativas es posible distinguir dos escenarios. El primero muestra que existen países, en su mayoría desarrollados, que han integrado las TIC dentro de sus planes de estudio y manifiestan un alto nivel de uso eficaz de estas para impulsar el proceso de enseñanza-aprendizaje en las diferentes asignaturas y niveles educativos. Mientras que el segundo expone la situación de países, en su mayoría en vías de desarrollo, que se ubican en la fase inicial de adopción de las TIC y que por tanto no manifiestan grandes mejoras o avances en el proceso de enseñanza aprendizaje.

De ahí surge el interrogante ¿Cuál ha sido el desempeño de los países latinoamericanos en el uso de las TIC para alcanzar logros educativos? Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es medir y analizar empíricamente el desempeño a través de la estimación de los cambios en la productividad total de los factores (CPTF) del uso de las TIC en los logros educativos reportados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para el caso de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú. La selección de estas naciones se sustenta en la disponibilidad de los puntajes del programa para la evaluación internacional de alumnos de la OCDE, conocido como prueba Pisa, que permite la conformación de un panel de datos.

Para lo anterior, se estiman los CPTF a través del cálculo del índice de productividad total de los factores Hicks-Moorsteen (HMTFP, por sus siglas en inglés *Hicks-Moorsteen Total Factor Productivity*) con rendimientos variables a escala y orientación al producto, en un panel con información de los seis países del 2009 al 2018. Se esperaría que las naciones con una mayor dotación de TIC consiguieran el mejor desempeño a lo largo del tiempo.

Rendimiento escolar y TIC: una revisión de la literatura

A lo largo de esta sección se presenta la revisión de los estudios que analizan el caso de las TIC y el rendimiento educativo.

Un referente importante es el artículo de Tondeur, Braak y Valcke (2007), quienes analizaron el uso de las computadoras en la educación a través de la aplicación de un cuestionario a 352 profesores holandeses en educación primaria. Con ayuda del análisis factorial identificaron el uso de las computadoras como herramienta de información, de aprendizaje y de habilidades informáticas básicas. Los autores señalaron que, si bien el uso de computadores en la educación se ha incrementado, su uso no está bien integrado en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En el nivel de educación secundaria y media superior, Spiezia (2010) analizó el impacto de las TIC en los resultados educativos en Pisa (2006) para todos los países participantes en dicha prueba. El autor concluyó que existe una relación entre el rendimiento escolar y el uso de las TIC, en la mayoría de los países, el impacto fue más significativo cuando la computadora se utilizaba en el hogar en lugar de la escuela.

En esta misma línea y bajo el enfoque del análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés: *Data Envelopment Analysis*), Aristovnik (2012, 2013) midió la eficiencia del uso de las TIC en los resultados educativos de países de la Unión Europea y miembros de la OCDE con cuatro modelos diferentes de 1999 al 2007. Sus resultados indicaron que dependiendo del modelo varía el número total de países eficientes y se destacaron Finlandia, Eslovaquia, Islandia, Noruega, Estados Unidos, Italia, Polonia, Bélgica, Bulgaria y Nueva Zelanda debido a que resultaron ser los

de mayor eficiencia técnica. En general, los países estudiados tienen una eficiencia técnica un tanto baja con respecto al uso de las TIC, esto significa que, aunque las naciones utilizan las TIC por arriba de la media, tendrían que incrementar sus productos y resultados educativos.

De igual modo, Aristovnik (2014) analizó la eficiencia y el impacto de las TIC en los resultados educativos en un contexto regional en Europa con tres modelos distintos. Su evidencia empírica muestra que el acceso a Internet es crucial para que la sociedad de la información mejore la educación, la formación de capital y el empleo a nivel regional.

Para el caso de la educación superior, Gülbahar (2008) exploró los factores que contribuyen al uso de las TIC en profesores y futuros profesores de una institución de educación superior privada de Turquía. Sus resultados le permiten identificar la cantidad y la calidad de las lecciones que abordan la tecnología dentro del plan de estudios, la falta de formación del profesorado y la insuficiente infraestructura tecnológica como factores que influyen de forma significativa en el uso eficaz de las TIC.

Sin indicar un nivel educativo pero en la misma línea del DEA, Mimbi y Bankole (2016) estudiaron la eficiencia en el uso de las TIC en los países que conforman el BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica) para transformarlo en valor público durante el período 2005-2014. Tan solo India y Sudáfrica utilizaron la infraestructura de las TIC con mayor eficiencia para la creación de valor público en términos de eficacia del gobierno, Estado de derecho y rendición de cuentas. Los autores concluyeron que un alto desarrollo de las TIC no conlleva por fuerza a una alta eficiencia en la creación de valor público en términos de eficacia del gobierno, Estado de derecho y rendición de cuentas, ello sugiere que los contextos nacionales influyen en la creación de valor de las TIC.

Por su parte Oyerinde y Bankole (2019) estudiaron la eficiencia y la productividad del uso de las TIC en la creación de valor público respecto a la tasa de alfabetización en adultos, bajo el enfoque DEA y el índice de Malmquist, para el caso de los Estados árabes, Europa, África subsahariana y un agregado mundial. Sus resultados cuantifican un uso relativamente eficiente de las TIC al crear valor público, empero, se presenta una caída promedio en los niveles de productividad.

Finalmente, los trabajos de Oyerinde y Bankole (2021, 2018), analizaron la eficiencia de las inversiones en infraestructura de TIC en el desarrollo humano, centrándose en su componente educativo, aplicando el enfoque DEA con rendimientos constantes y variables a escala, durante 1994 a 2003 en un conjunto de 51 países agrupados por su nivel de ingreso. Sus resultados muestran una eficiencia promedio superior en el grupo de países de alto ingreso con respecto al grupo de países de ingreso medio, cuyo desempeño es superior al grupo de países de bajo ingreso.

La revisión de literatura muestra un creciente interés por analizar los cambios en la eficiencia y la productividad en el uso de las TIC dentro del sector educativo, con énfasis en el estudio de economías desarrolladas, además del reciente interés por analizar a naciones africanas. Hasta ahora no se ha encontrado evidencia

de estudios que se acoten al análisis comparativo de la productividad en el contexto de América Latina, por lo que la presente investigación constituye un aporte importante a la literatura del estudio de la productividad en la educación, dada la relevancia que tiene la implementación de las TIC dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje y el rendimiento escolar.

METODOLOGÍA

La revisión de la literatura muestra un amplio interés en la medición de la eficiencia en el sector educativo utilizando métodos no paramétricos, como el enfoque del análisis envolvente de datos (DEA)¹. Esta metodología también se ha utilizado para estudiar la eficiencia de la inversión en TIC en el ámbito del desarrollo humano y la educación.

Con el paso del tiempo se ha incrementado el uso de índices, como el índice de Malmquist y el índice de productividad total de los factores de Hicks-Moorsteen (en adelante, HMTFP), ambas metodologías han ganado popularidad en el análisis de la productividad en diferentes sectores, especialmente en la educación².

En esta investigación se descarta la aplicación del índice de Malmquist ya que, de acuerdo con la discusión en la literatura, en ausencia de rendimientos constantes a escala, este índice no mide el cambio en la productividad (Grifell-Tatjé y Lovell, 1995); puede presentar inviabilidades en su cálculo si se asume el supuesto de rendimientos variables a escala (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 (Becerra-Peña *et al.*, 2023; Becerra-Peña y Santín, 2021, p. 4; Bjurek *et al.*, 1998; Grifell-Tatjé y Lovell, 1995).

Para sobrellevar las debilidades mencionadas del índice de Malmquist, Diewert (1992) propuso estimar la productividad basado en funciones distancia y como la razón de un índice de cantidad de *output* de Malmquist dividido entre un índice de cantidad de *input* de Malmquist, dicha idea se le atribuye a Hicks (1961) y Moorsteen (1961), no obstante su metodología fue desarrollada por Bjurek (1996).

Lo anterior origina el índice HMTFP, orientado de manera simultánea al *output* y al *input*. Este no sienta sus bases en la disponibilidad de información sobre los precios, ni requiere ningún supuesto acerca del grado de competencia en los mercados de producción o sobre el comportamiento optimizador de las unidades tomadoras de decisión (DMU, por sus siglas en inglés *Decision Making Units*) (O'Donnell, 2008).

Aunado a lo anterior, el HMTFP es un índice sintético que posee propiedades axioamáticas muy bien establecidas, donde las funciones de distancia denotan

¹ Ver De Witte y López-Torres (2017) para una revisión en profundidad de las aplicaciones de la eficiencia y la productividad en la educación.

² Ver Becerra-Peña y Santín (2021) para una revisión de las aplicaciones de la productividad, incluido el sector educativo.

múltiples tecnologías de entrada y de salida (Becerra-Peña y Santín, 2021). Al estimarse bajo el supuesto de rendimientos constantes a escalas, igual que el índice de Malmquist, no se observan cambios de tecnología (O'Donnell, 2012), situación que es posible si se asumen rendimientos variables a escala.

Índice de productividad total de los factores Hicks-Moorsteen

O'Donnell (2008) propuso una nueva descomposición de los índices de PTF, que son multiplicativamente completos³, como una medida en el cambio técnico y una medida en el cambio de eficiencia, sin establecer el supuesto de conducta optimizadora de las DMU, la estructura del mercado o los rendimientos a escala en el caso de múltiples insumos y productos.

A partir de ello, se define a la PTF como la razón que existe entre un índice de cantidad de producto y un índice de cantidad de insumo, el número índice que surge es un índice multiplicativo completo y se expresa como sigue en la ecuación (1):

$$PTF_{nt} = \frac{Y_{nt}}{X_{nt}} \quad (1)$$

donde PTF_{nt} representa la PTF de la n ésima DMU en el período t , Y_{nt} y X_{nt} son el producto y el insumo agregados, en el orden dado, 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 índice de Hicks-Moorsteen (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 en la ecuación (2):

$$HMTFP^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{QI^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1})}{XI^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1})} = \frac{\left[\frac{D_o^t(x^t, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^t)} \right]^{1/2}}{\left[\frac{D_f^t(x^{t+1}, y^t)}{D_f^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D_f^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_f^{t+1}(x^t, y^{t+1})} \right]^{1/2}} \quad (2)$$

donde $D_o^t(x^t, y^t) = \min\{\rho > 0 : (x_i^t, y_i^t / \rho) \in T^t\}$ representa la función de distancia de los productos de Shephard y $D_f^t(x^t, y^t) = \{ \max > 0 : (x_i^t / \rho, y_i^t) \in T^t \}$ representa la función de distancia de los insumos de Shephard. Ambas provienen

³ Si las funciones agregadas satisfacen algunas propiedades con regularidad se dice que dichos índices PTF son multiplicativamente completos; para mayor detalle sobre esta clasificación puede consultarse el trabajo de O'Donnell (2012).

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 DEA como

$\left\{ \left(x^t, y^t \in R_+^m \times R_+^s \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i^t \leq x^t, \sum_{i=1}^n \lambda_i y_i^t \geq y^t, \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0 \right) \right\}$ bajo el supuesto de rendimientos variables a escala, y como $\left\{ \left(x^t, y^t \in R_+^m \times R_+^s \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j^t \leq x^t, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^t \geq y^t, \lambda_j \geq 0 \right) \right\}$ bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala (Becerra-Peña y Santín, 2021).

La interpretación de las estimaciones del HMTFP indican que un $HMTFP^{t,t+1} > 1$ refleja un incremento o mejora en la productividad del período t al $t+1$, y, por el contrario, un $HMTFP^{t,t+1} < 1$ representa una pérdida en la productividad. Si $HMTFP^{t,t+1} = 1$ implica que no se manifiestan cambios en la productividad entre los períodos t y $t+1$.

Si se retoma la orientación simultánea que el HMTFP tiene al producto y al insumo, este puede ser interpretado como la razón entre un índice de cambio en el *output* agregado $QI^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1})$ y un índice de cambio en el *input* agregado $XI^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1})$. A partir de esto, las estimaciones del HMTFP indican que si $QI^{t,t+1} > 1$ significa un incremento en los *outputs* del período t al $t+1$, y, viceversa, $QI^{t,t+1} < 1$ conlleva una disminución. La interpretación de $XI^{t,t+1}$ es la misma en el sentido de los insumos.

Otra de las principales bondades del HMTFP es la descomposición de los CPTF en dos partes: un componente de tecnología y un componente de eficiencia. En la literatura se encuentran varias alternativas para su descomposición, la más reciente y popular se atribuye a O'Donnell (2012) como se explica en la ecuaciones 3 y 4:

$$HMTFP^{t,t+1} = \left(\frac{PTF^{t+1*}}{PTF^{t*}} \right) \cdot \left(\frac{EPTF^{t+1}}{EPTF^t} \right) \quad (3)$$

Donde

$$PTF^{k*} = \max \left\{ \left[\frac{D_o^t(x^t, y) \cdot D_o^{t+1}(x^{t+1}, y)}{D_t^t(x, y^t) \cdot D_t^{t+1}(x, y^{t+1})} \right]^{1/2} : (x, y) \in T^k \right\}, k = t, t+1 \quad (4)$$

representa la PTF en la máxima productividad factible durante el período k , y

$$EPTF^k = \frac{\left[\frac{D_o^t(x^t, y^k) \cdot D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^k)}{D_t^t(x^k, y^t) \cdot D_t^{t+1}(x^k, y^{t+1})} \right]^{1/2}}{PTF^{k*}} \quad (5)$$

es la eficiencia de la PTF y representa una medida global del rendimiento de la DMU como la relación entre la PTF observada en el período k y la máxima PTF posible al utilizar la tecnología disponible para el período k .

El primer componente entre paréntesis en el lado derecho, en la ecuación (3), puede interpretarse como una medida del cambio máximo de la PTF en el tiempo, equivalente al cambio técnico. Mientras que el segundo componente se refiere a una medida global del cambio de eficiencia (Aparicio *et al.*, 2018).

Derivado de lo anterior, por medio de la vinculación de la infraestructura de las TIC en el caso latinoamericano a través de la estimación del índice HMTFP, que permite observar la evolución del progreso de la educación a lo largo de un período determinado, se estiman los CPTF bajo el supuesto de rendimientos variables a escala.

Datos y variables

En los análisis que permiten dar un seguimiento a los cambios en la productividad, la selección de variables a utilizar en la estimación de los índices es considerada una fase crítica debido a que los resultados obtenidos dependen de esta especificación (Becerra-Peña, 2018). Hasta ahora, no hay una prueba estadística que permita discrepar sobre la validación de las variables consideradas en las estimaciones, con lo cual su selección deberá llevarse a cabo de acuerdo con la mejor aproximación posible de la realidad que se quiere explicar, con ayuda de parámetros conceptuales y empíricos que destaquen la relación existente entre *inputs* y *outputs* (Dyson *et al.*, 2001).

Dicho lo anterior y en concordancia con el trabajo de Becerra-Peña *et al.* (2023), la selección de variables tiene su sustento teórico en el modelo AK (Aghion y Howitt, 2009) que ayuda a representar el progreso tecnológico indispensable para la acumulación de capital intelectual (humano) al combinarse con la acumulación de capital físico. Así, en el contexto de esta investigación, las variables relacionadas con TIC se consideran exógenas (insumo) y las relacionadas con educación son consideradas endógenas (producto).

Para el análisis empírico de la evolución de los CPTF del uso de las TIC en los logros educativos se construye un panel para los seis países latinoamericanos con información para el período comprendido entre 2009 y 2018. Cabe destacar que los datos fueron recolectados de diferentes fuentes ya que no están disponibles en un solo recurso. Por lo tanto, se buscó contar con variables que permitieran tener un dato de panel que ayudara a cuantificar la evolución de la productividad en el uso de las TIC en los logros educativos (ver tabla 1).

Productos

El programa para la evaluación internacional de alumnos de la OCDE comenzó a aplicarse en el 2000 y hasta su última aplicación, en su séptimo ciclo, participaron todos los países miembros de la OCDE y algunos países asociados o economías como Hong Kong (con una periodicidad de tres años) (OECD, 2021). La prueba

Pisa evalúa el rendimiento de los estudiantes de 15 años, indistintamente del año escolar que cursen, en áreas temáticas clave y analiza una amplia gama de resultados educativos para medir la adquisición de conocimientos y otras habilidades (OECD, 2019).

Tabla 1.
Resumen de las variables

Etiqueta	Variable		Descripción	Fuente
Productos	Y_1	Lectura	Puntaje promedio de Pisa en lectura	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
	Y_2	Matemáticas	Puntaje promedio de Pisa en matemáticas	
	Y_3	Ciencia	Puntaje promedio de Pisa en ciencia	
Insumos	X_1	Internet	Personas que utilizan Internet, total (porcentaje)	Unión Internacional de Telecomunicaciones
	X_2	Ancho de banda	Ancho de banda internacional, en Mbit/s	
	X_3	Computadora	Hogares con computadora en casa (porcentaje)	
	X_4	Gasto I+D	Gasto en investigación y desarrollo porcentaje del PIB)	Banco Mundial

Fuente: elaboración propia.

La selección de los estudiantes que participan en Pisa se hace con base en su edad (entre 15 años y 3 meses y 16 años y 2 meses al inicio de la evaluación) y no por el grado escolar que cursan (OECD, 2021), a partir de una muestra aleatoria de escuelas públicas y privadas. Las pruebas son aplicadas en papel y lápiz para medir la competencia en lectura, matemáticas y ciencias. Además analiza en qué medida los estudiantes son capaces de adaptar y aplicar el conocimiento adquirido en entornos desconocidos, dentro y fuera del aula de clase (OECD, 2019).

De esta manera, en cada una de las aplicaciones de Pisa se evalúa con mayor detalle una de las áreas, por ejemplo, en 2000, 2009 y 2018 se centró en lectura; en las aplicaciones de 2003 y 2013 en matemáticas y, por último, en 2006 y 2015 en ciencias (OECD, 2019). Esto conlleva a la distinción de habilidades específicas (subcompetencias) dentro de cada área para conocer con mayor profundidad las competencias de los estudiantes.

Derivado de lo anterior, se destaca que el enfoque de Pisa se orienta hacia la recompensa a los individuos por lo que pueden hacer con lo que saben y no solo por lo que saben (OECD, 2019), por lo cual se han considerado como *outputs* a los puntajes promedio reportados en dichas pruebas durante los ciclos 2009, 2012, 2015 y 2018 para las competencias: lectura (Y_1), matemáticas (Y_2) y ciencia (Y_3).

Insumos

A continuación, se enlistan los insumos para esta investigación:

Personas que utilizan Internet (Internet, X_1): muestra el porcentaje del total de individuos que utilizaron Internet, desde cualquier lugar, durante los últimos tres meses. El uso del Internet puede ser a través de una computadora, un teléfono móvil, un asistente digital personal, entre otros. Este indicador es estimado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés: *International Telecommunication Union*) y es obtenido de su *ICT Data Portal* (ITU, 2021).

Ancho de banda internacional (ancho de banda, X_2): indica el uso promedio de todos los enlaces internacionales, incluyendo cables de fibra óptica, radioenlaces y el tráfico procesado por estaciones terrestres de satélite y los telepuertos hacia los satélites orbitales, expresado en Mbit/s. Para su estimación se toman en cuenta todos los enlaces internacionales utilizados por todo tipo de operadores: fijos, móviles y satelitales. La media se calcula sobre el período de 12 meses del año de referencia. En caso de que el tráfico resulte asimétrico para cada enlace internacional individual, se proporciona el valor más alto de entrada o de salida, según corresponda. Este indicador es estimado por el ITU (2021), obtenido de su *ICT Data Portal*.

Hogares con computadora en casa (computadora, X_3): hace referencia al porcentaje de hogares con una computadora en casa. La palabra computadora engloba a una computadora de escritorio, un ordenador portátil o una tableta (o cualquier ordenador de mano que se le parezca). Este concepto no incluye equipos con capacidades informáticas integradas, como pueden ser televisores inteligentes, tampoco dispositivos cuya función principal es la telefonía (teléfonos inteligentes). Este indicador es estimado por el ITU (2021), obtenido de su *ICT Data Portal*.

Gasto en investigación y desarrollo (gasto I+D, X_4): representa el gasto interno bruto destinado a investigación y desarrollo (I+D), expresado como porcentaje del producto interno bruto (PIB). Dicho gasto incluye tanto gasto corriente como de capital en cuatro sectores principales: empresas, Gobierno, educación superior y privado sin ánimo de lucro. Mientras que la I+D engloba a la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental. Este indicador es estimado por el Instituto de Estadística de la Unesco, obtenido del portal del Banco Mundial (2021).

Tabla 2.
Estadística descriptiva de las variables 2009-2018

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Media	414,98	395,41	411,48	52,11	1 467 793,79	42,58	0,49
Desv. Est.	21,14	17,89	20,38	15,57	1 523 050,29	12,89	0,37
Mín.	369,70	365,11	369,35	26,34	45 000,00	19,74	0,06
Máx.	458,57	422,67	447,47	82,33	5 031 230,00	65,96	1,34
N	24	24	24	24	24	24	24

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 2, durante el período de análisis (2009-2018), la puntuación media en lectura fue 414,98; si se revisan a detalle los datos es posible constatar que el mejor resultado lo obtuvo Chile en 2015 (458,57) mientras que la puntuación más baja la obtuvo Perú en 2009 (369,70). El puntaje promedio en matemáticas fue de 395,41; de nuevo Chile se destacó con el mejor puntaje en 2015 (422,67) y, en contraste, Perú tuvo el puntaje más bajo en 2009 (365,11). En ciencias el puntaje medio fue de 411,48; donde Chile obtuvo el mejor resultado en 2009 (447,46) y Perú, el peor en 2009 (369,35). En general, en promedio, el 52,11% de los individuos utilizan Internet, el ancho de banda promedio es de 1 467 793,79 Mbit/s; hay un 42,58% de hogares con un ordenador en casa y el 0,49% del PIB se gasta en I+D.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta investigación se analiza el desempeño de seis países latinoamericanos: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú entre 2009 y 2018, a través de la estimación del HMTFP bajo el supuesto de retornos variables a escala y con orientación al *output*. Para la estimación del HMTFP se han reescalado los datos (cambio en las unidades de medida) con la finalidad de que todas las variables de *input* y *output* tengan medias unitarias, con esto se evitan dificultades numéricas al tener diferentes magnitudes entre cada variable. La evidencia empírica es analizada para descomponer los cambios en la productividad del uso de las TIC en los logros educativos.

El criterio para interpretar los resultados de los CPTF es que aquellos valores mayores (menores) a la unidad reflejan una ganancia (pérdida) en los CPTF de cada país de un período a otro. Esto mismo aplica tanto para el componente de tecnología como para el componente de eficiencia. A partir de aquí, para leer e interpretar los resultados mostrados en la evidencia empírica (tablas 3 y 4), se toma cada una de las cifras, se le resta la unidad y posteriormente se multiplica por 100, de tal modo que esta queda expresada como un porcentaje.

De la estimación del HMTFP se observa que, los seis países en conjunto, a lo largo del período de análisis 2009-2018 (tabla 3) se presenta una pérdida promedio de -28,93% en los CPTF. Se vislumbra una caída en la cuantía de la pérdida de productividad período tras período, la mayor se observa de 2009 a 2012 con un CPTF de -40,68% ocasionado por un retroceso en el componente de tecnología por -60,86% a pesar de un avance en el componente de eficiencia por 67,39%, la variación en el *output* fue menor que 1, mientras que la variación en el *input* llegó a 76,40%.

Por el contrario, la menor pérdida se observa de 2015 a 2018 con un CPTF de -7,71% derivado de un deterioro en el componente tecnológico de -12,25% y una ganancia de 5,56% en el componente de eficiencia. Aquí se estimó una variación en el *output* de -0,91%, mientras que la variación en el *input* fue la más pequeña de todo el período de estudio (8,10%).

Tabla 3.

Índice HMTFP por año de 2009 a 2018

Período	ΔQ	ΔX	HMTFP	Tecnología	Eficiencia
2009-2012	0,9981	1,7640	0,5932	0,3914	1,6739
2012-2015	1,0273	1,7968	0,6158	0,5433	1,1931
2015-2018	0,9909	1,0801	0,9229	0,8775	1,0556
Media	1,0054	1,5469	0,7107	0,6041	1,3075

Fuente: elaboración propia.

La evidencia empírica presentada en esta investigación coincide con el trabajo de Rueda y Franco-Avellaneda (2018), a pesar de la existencia de experiencias, programas y proyectos educativos que han resultado innovadores en el uso y la implementación de las TIC, ninguno de los países latinoamericanos se encuentra en una etapa de transformación pedagógica, situación que se ve reflejada en su desempeño.

En la tabla 4 se muestran los resultados de las estimaciones del HMTFP por país. En promedio a lo largo de todo el período de estudio destaca Brasil con la menor pérdida de productividad (-13,98%), mientras que en el otro extremo se encuentra Chile con la mayor pérdida de productividad (-40,66%). Se destaca que en el caso de todos los países el mejor desempeño observado en términos de productividad se consiguió de 2015 a 2018.

En el caso de Brasil, donde se observa la menor pérdida de productividad (ver tabla 4), esta se debe a una ganancia media en el componente de eficiencia (11,01%) aunque por el contrario se presentó un deterioro medio en el componente tecnológico (-22,23%). Además, a lo largo de todo el período de análisis se tuvo una pérdida media en el *output* de -0,12%, mientras que la variación en el *input* fue de 17,05% en promedio. La mayor caída en los CPTF se dio de 2009 a 2012 con -22,20%, debido al deterioro del componente tecnológico (-34%). La menor caída

en los CPTF se observó de 2015 a 2018 con -2,45%, esta ocasionada por un incremento de 11,55% en el componente de eficiencia. Solo se vislumbra un incremento en el *output* de 1,38% de 2015 a 2018.

El desempeño de Brasil puede explicarse por la inversión de grandes recursos para la promoción de la alfabetización digital en las últimas décadas. A pesar de esto, hay dificultades con respecto a una formación inadecuada o insuficiente de los profesores que propicie el desarrollo de habilidades y la innovación de prácticas pedagógicas a partir del uso de nuevas tecnologías (Tomczyk y Oyelere, 2019).

Le sigue Perú con una pérdida promedio de productividad de -23,28% (ver tabla 4), derivado de un incremento medio de eficiencia de 72,09% (el mayor, en promedio, a lo largo de todo el período de análisis), a pesar de una pérdida media en el componente de tecnología (-46,06%). La caída más grande en la productividad se observó de 2012 a 2015 con -37,02%, ocasionada por un deterioro en el componente de tecnología de -59,76% en promedio, aunque por otro lado se presentó una ganancia media de eficiencia por 56,52%. Ha sido el único país con cambios positivos en las variaciones del *output* a lo largo de todo el período de estudio, el mayor se obtuvo de 2012 a 2015 por una cuantía de 4,89%.

Desde la implementación del programa *Una laptop por niño* se ha incrementado la dotación de infraestructura al sistema educativo peruano; sin embargo, esto no ha sido suficiente, de acuerdo al trabajo de Malamud *et al.* (2019), el acceso a Internet no muestra efectos estadísticamente significativos en el rendimiento de lectura y matemáticas; por lo que se requieren instrumentos adicionales, tanto tecnológicos como educativos, para fortalecer y materializar los resultados en la implementación de las TIC en la educación.

En el tercer puesto del *ranking* se encuentra México con una pérdida promedio de productividad de -28,31% (ver tabla 4), derivada de una pérdida media en el componente de tecnología de -30,77%, aunque con una ganancia promedio en el componente de eficiencia de 23,98%. La pérdida de productividad más pronunciada se manifestó de 2009 a 2012 con -53,83%, aunque aquí se presentó la mayor ganancia de eficiencia para este país con 88% y una variación positiva en el *input* de 114,98%.

Al inicio del período de estudio se observaba un bajo nivel en el uso de las TIC en México, así como una falta de formación y actualización docente para incorporar la tecnología a través de propuestas pedagógicas, escaso uso de los equipos y el cese del financiamiento destinado a programas de esta naturaleza, como fue el caso de Enciclomedia (López de la Madrid *et al.*, 2021). A pesar de lo anterior, se destaca que los proyectos instaurados por el Gobierno federal han conseguido importantes avances en términos de inclusión de las TIC en la educación, así como en la creación de infraestructura de telecomunicaciones, sobre todo en la educación básica, así como el acceso de banda ancha en los espacios públicos del país a través del Programa México Conectado, esto en conjunto se ve reflejado en la mejora del desempeño a lo largo del tiempo.

Tabla 4.

Índice HMTFP por país, de 2009 a 2018

Argentina					
Período	ΔQ	ΔX	PTF	Tecnología	Eficiencia
2009-2012	1,0064	1,6120	0,6243	0,5793	1,0777
2012-2015	1,0593	1,7846	0,5936	0,4063	1,4610
2015-2018	0,9370	1,0919	0,8582	0,7881	1,0889
Media	1,0009	1,4962	0,6920	0,5912	1,2092
Brasil					
Período	ΔQ	ΔX	PTF	Tecnología	Eficiencia
2009-2012	0,9890	1,2711	0,7780	0,6600	1,1789
2012-2015	0,9935	1,2012	0,8271	0,7985	1,0358
2015-2018	1,0138	1,0392	0,9755	0,8746	1,1155
Media	0,9988	1,1705	0,8602	0,7777	1,1101
Chile					
Período	ΔQ	ΔX	PTF	Tecnología	Eficiencia
2009-2012	0,9929	2,2475	0,4418	0,2602	1,6976
2012-2015	1,0193	1,8971	0,5373	0,4063	1,3225
2015-2018	0,9894	1,2348	0,8012	0,7385	1,0849
Media	1,0005	1,7931	0,5934	0,4683	1,3683
Colombia					
Período	ΔQ	ΔX	PTF	Tecnología	Eficiencia
2009-2012	0,9843	1,9230	0,5119	0,3176	1,6115
2012-2015	1,0480	2,8985	0,3616	0,4095	0,8829
2015-2018	0,9822	0,9544	1,0291	0,9389	1,0961
Media	1,0048	1,9253	0,6342	0,5553	1,1968

(Continúa)

México					
Período	ΔQ	ΔX	PTF	Tecnología	Eficiencia
2009-2012	0,9926	2,1498	0,4617	0,2456	1,8800
2012-2015	0,9946	1,3340	0,7455	0,8365	0,8912
2015-2018	1,0024	1,0626	0,9434	0,9949	0,9482
Media	0,9965	1,5155	0,7169	0,6923	1,2398
Perú					
Período	ΔQ	ΔX	PTF	Tecnología	Eficiencia
2009-2012	1,0235	1,3803	0,7415	0,2855	2,5974
2012-2015	1,0489	1,6654	0,6298	0,4024	1,5652
2015-2018	1,0208	1,0974	0,9302	0,9302	1,0000
Media	1,0311	1,3810	0,7672	0,5394	1,7209

Fuente: elaboración propia.

Argentina se ubica en la cuarta posición por la media global en sus TFPC, con una pérdida de -30,80% (ver tabla 4), ocasionado por un deterioro en el componente de tecnología (-40,88%), a pesar de su ganancia promedio en el componente de eficiencia por 20,92%. Su mayor pérdida de productividad se presentó de 2012 a 2015, derivado del mayor deterioro en el componente tecnológico (-59,37%), aunque en ese período se consiguió la mayor ganancia de eficiencia (46,1%) así como la mayor variación en el *input* (78,46%). Con la creación del programa *Conectar en igualdad* en 2010 se comenzó la promoción del acceso y el uso de las TIC en Argentina a través de la distribución de *netbooks* a estudiantes y profesores de educación secundaria, educación especial e institutos de formación docente (Alderete y Formichella, 2016). Pero, aunque se consiguió un acercamiento de las TIC a la comunidad educativa, este efecto positivo puede desaparecer o volverse negativo cuando no hay acceso a las TIC en el hogar (Alderete y Formicella, 2020).

La quinta posición la ocupa Colombia al observar una pérdida promedio de -36,58% en la productividad (ver tabla 4), originada por el deterioro medio en el componente tecnológico de -44,47% y una ganancia de eficiencia de 19,68%. La mayor pérdida observada en dicha nación se obtuvo de 2012 a 2015 con -63,84%, donde tanto el componente de tecnología como el de eficiencia sufrieron retrocesos de -59,05% y -11,71%, respectivamente. Pese a esto, Colombia fue el único país que obtuvo un cambio positivo en la productividad a lo largo de todo el período de análisis, con una ganancia de productividad de apenas 2,91% de 2015 a 2018.

A principios de los 2000, Colombia impulsó programas nacionales para incorporar TIC, tal es el caso de la entrega de computadoras y conexión a Internet a las instituciones educativas. De igual forma, el Internet era conmutado, a partir del 2010 pasó a ser fijo (DSL y cable) y luego móvil. Pese a lo anterior, la dotación de equipos en las zonas rurales no pudo ser aprovechada, debido al precario estado de los servicios de electricidad y de líneas telefónicas aunado a la falta de condiciones que permitieran su mantenimiento (Rueda y Franco-Avellaneda, 2018). Esto explica su desempeño a lo largo del período de análisis.

Por último, se encuentra Chile con el peor desempeño promedio a lo largo del período de estudio, con una pérdida media de -40,66% en los TFPC (ver tabla 4), eso ocasionado por el deterioro promedio del componente de tecnología por -53,17%, a pesar de cuantificarse una ganancia de 36,83% en el componente de eficiencia. Fue el país con la pérdida promedio más grande en el componente tecnológico durante todo el período de análisis.

A través del programa *Enlaces* (descontinuado en 2018), Chile introdujo infraestructura, conectividad y recursos digitales en el sector educativo, hasta alcanzar una cobertura del 92% de las escuelas públicas en 2006. No obstante, el desarrollo de habilidades digitales de los estudiantes, como la capacidad de resolver problemas de información y comunicación en entornos digitales, se encuentra en niveles medio-bajos (Claro y Jara, 2020), esto podría explicar el bajo desempeño en el análisis de los cambios de productividad.

De acuerdo con lo aquí expuesto, la hipótesis planteada al inicio de esta investigación: las naciones con una mayor dotación de TIC conseguirían el mejor desempeño a lo largo del tiempo es rechazada. De acuerdo con la evidencia empírica (tabla 4), todas las naciones mantienen en promedio cambios positivos en los *inputs* (dotación de TIC), con lo que consiguen un desempeño promedio negativo (pérdida de productividad) a lo largo del período de estudio. Esto ocurre en mayor cuantía en Colombia y Chile.

Los patrones de uso de las TIC en las escuelas no son neutrales, dependen del sistema educativo (Herrera *et al.*, 2018), así como del nivel educativo; en los niveles superiores hay una mayor propensión a brindar posibilidades de uso de las TIC de acuerdo al desarrollo de los planes de estudio por parte de los profesores.

Es evidente que, en el caso de América Latina, sin considerar los diferentes niveles de desarrollo de las TIC entre las naciones (Hinostroza, 2018), la tecnología ha avanzado a mayor velocidad que el desarrollo de las prácticas educativas (Herrera *et al.*, 2018). Como afirmó Aristovnik (2012, 2013), contar con una infraestructura TIC sólida y utilizarla mejora la eficiencia, sin embargo, no es garantía de lograr un buen desempeño educativo, existe una brecha visible entre las políticas y programas educativos que han llevado a la masificación del uso de las TIC sin transformar por completo las prácticas educativas en los diferentes niveles (Rueda y Franco-Avellaneda, 2018).

REFLEXIONES FINALES

Dentro de esta investigación se presentaron algunas limitaciones. Es importante destacar que la selección de los países a estudiar fue delimitada por la disponibilidad de la información. Asimismo, es relevante mencionar que el período de análisis abarca los años comprendidos entre 2009 y 2018, esto implica que las estimaciones muestran evidencia empírica del desempeño latinoamericano un año previo al inicio de la pandemia por el virus SARS-CoV-2 (Covid-19) en el contexto mundial, con lo cual podrían haber cambios en la dotación tanto de insumos como de productos a raíz de la instauración de un modelo de aprendizaje remoto de emergencia propiciado por las restricciones en las actividades presenciales.

Adicionalmente, no se obtuvo información sobre el gasto público que se invirtió en TIC por lo que dicha variable quedó fuera de la estimación del índice, sin embargo, se incorporó como *proxy* el gasto en I+D a nivel país. Tampoco fue posible integrar la información sobre el profesorado en el conjunto de *inputs* debido a la poca disponibilidad de datos.

Se observa una tendencia en el contexto latinoamericano, por parte de los gobiernos centrales, de repartir y contabilizar el número de equipos entregados a través de sus programas orientados en la promoción de las TIC. Sin embargo, se presentan algunos problemas para la consolidación de las TIC, como la mala calidad en la infraestructura de los centros educativos (baja disponibilidad de ordenadores y mala conexión a Internet), la falta de capacitación del profesorado en el uso de las TIC, el escaso apoyo en la promoción de inclusión digital, entre otros.

Del análisis de CPTF, en promedio a lo largo de todo el período de estudio, Brasil se destaca con la menor pérdida de productividad (-13,98%), mientras que en el otro extremo se ubica a Chile con la mayor pérdida de productividad (-40,66%). Cabe señalar que en todos los países el mejor desempeño observado en términos de productividad se dio entre 2015 y 2018.

Por ende, la hipótesis de la investigación donde se plantea que aquellos países que cuenten con una mayor dotación de TIC (*inputs*) alcanzarían el mayor desempeño a lo largo del tiempo es rechazada. Ello no ocurre, pese a que se observa un incremento promedio en los insumos, las estimaciones muestran pérdidas de productividad a lo largo del período de análisis. Por ejemplo, Chile que encabeza con el mayor cambio promedio (positivo) en el *input* es la nación con la mayor pérdida de productividad promedio durante el período de análisis (2009-2018).

Una mejora en la productividad del uso de las TIC puede contribuir de forma significativa a un mayor desarrollo y crecimiento de las naciones latinoamericanas, por lo cual el fortalecimiento de la infraestructura de las TIC y su uso dentro de las aulas debe situarse entre las prioridades de la agenda pública, además de realizar un aumento del gasto en TIC.

En este sentido, y para maximizar los beneficios que ofrecen las TIC en la educación, es necesario reforzar las medidas existentes para proporcionar acceso a

Internet de banda ancha a precios asequibles y continuar con el equipamiento de los centros educativos.

Además de lo anterior, las políticas educativas deben centrarse en la actualización de la formación de los docentes, con el fin de promover el uso efectivo de las TIC por parte de los profesores en el proceso de enseñanza-aprendizaje, de modo que se generen las habilidades necesarias para que los estudiantes consigan explotar las TIC, lo que se reflejará en los resultados educativos a medio y largo plazo, así como en la formación del capital humano.

A pesar de las limitaciones anteriormente mencionadas, se destaca la relevancia de esta investigación ya que es necesario contar con indicadores que evalúen el desempeño del uso de los recursos en sectores como el educativo, sobre todo por el potencial de las TIC para influir de manera positiva en el crecimiento y desarrollo económico de las regiones.

Asimismo, y como futura línea de investigación, es factible ampliar el análisis de la productividad dentro de los países, al considerar a los gobiernos subnacionales como unidad de análisis, lo que podría aportar resultados complementarios para entender el desempeño de las naciones y así obtener conclusiones más sólidas en términos de una comparativa en el contexto nacional. En este escenario, podría resultar factible contar con información desagregada a nivel subnacional sobre la inversión pública (gasto) destinada a infraestructura TIC e incorporarla al conjunto de *inputs*, información relacionada con el profesorado y la capacitación de este con relación al desarrollo de competencias digitales.

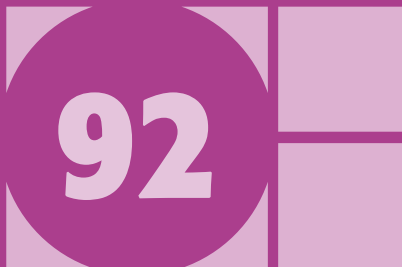
REFERENCIAS

1. Aghion, P., & Howitt, P. (2009). *The Economics of Growth*. MIT Press.
2. Alderete, M. V., & Formichella, M. M. (2016). Efecto de las TIC en el rendimiento educativo: el programa Conectar igualdad en la Argentina. *Cepal Review*, 2016(119), 89-107. <https://doi.org/10.18356/c7045fd1-es>
3. Alderete, M. V., & Formicella, M. M. (2020). Análisis de la primera brecha digital y su vínculo con el fracaso escolar en la Provincia de Buenos Aires. *Anales de la Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política*.
4. Aparicio, J., López-Torres, L., & Santín, D. (2018). Economic crisis and public education. A productivity analysis using a Hicks-Moorsteen index. *Economic Modelling*, 71, 34-44. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.11.017>
5. Aristovnik, A. (2012). The impact of ICT on educational performance and its efficiency in selected EU and OECD countries: A non-parametric analysis. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11(3), 144-152. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2187482>

6. 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. <https://doi.org/10.1108/10650741311330401>
7. Aristovnik, A. (2014). Development of the information society and its impact on the education sector in the EU: Efficiency at the regional (NUTS 2) level. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(2), 54-60.
8. Becerra-Peña, D. L. (2018). *Análisis de la productividad del gasto público en educación primaria por entidad federativa en México durante el periodo 2006 a 2013*. Universidad de Guadalajara.
9. Becerra-Peña, D. L., Rodríguez Ruiz, J. G., & Gutiérrez Moreno, P. (2023). TIC y educación superior en México: un análisis de productividad a nivel estatal. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 13(26). <https://doi.org/10.23913/ride.v13i26.1379>
10. Becerra-Peña, D. L., & Santín, D. (2021). Measuring public primary education productivity across Mexican states using a Hicks-Moorsteen index. *Applied Economics*, 53(8), 924-939. <https://doi.org/10.1080/00036846.2020.1819951>
11. Bjurek, H. (1996). Total Factor Productivity The Malmquist Index. *The Scandinavian Journal of Economics*, 98(2), 303-313. <https://doi.org/10.2307/3440861>
12. Bjurek, H., Førsund, F. R., & Hjalmarsson, L. (1998). Malmquist Productivity Indexes: An Empirical Comparison. En R. Färe, S. Grosskopf, & R. R. Russell (Eds.), *Index Numbers: Essays in Honour of Sten Malmquist* (pp. 217-239). Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4858-0_6
13. Claro, M., & Jara, I. (2020). The end of enlases: 25 years of an ICT education policy in Chile. *Digital Education Review*, 37, 96-108. <https://doi.org/10.1344/DER.2020.37.96-108>
14. De Witte, K., & López-Torres, L. (2017). Efficiency in education: A review of literature and a way forward. *Journal of the Operational Research Society*, 68(4), 339-363. <https://doi.org/10.1057/jors.2015.92>
15. Diewert, W. E. (1992). Fisher ideal *output* , *input*, and productivity indexes revisited. *Journal of Productivity Analysis*, 3(3), 211-248. <https://doi.org/10.1007/BF00158354>
16. 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, 245-259. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)
17. Grifell-Tatjé, E., & Lovell, C. A. K. (1995). A note on the Malmquist Productivity Index. *Economics Letters*, 47, 169-175.

18. Gülbahar, Y. (2008). ICT usage in higher education: A case study on pre-service teachers and instructors. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7(1), 32-37.
19. Herrera, M. A., Fernández, D. C., & Seguel, R. C. (2018). Percepción de los profesores sobre integración de TIC en las prácticas de enseñanza en relación a los marcos normativos para la profesión docente en Chile. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 26(98), 163-184. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362017002501119>
20. Hicks, J. R. (1961). The Measurement of Capital in Relation to the Measurement of Other Economic Aggregates. En F. A. Lutz & D. C. Hague (Eds.), *The Theory of Capital* (pp. 18-31). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1007/978-1-349-08452-4_2
21. Hinostroza, J. E. (2018). ICT-Supported Innovations in Small Countries and Developing Regions. In I. Lubin (Ed.), *ICT-Supported Innovations in Small Countries and Developing Regions. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations* (pp. 99-119). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67657-9>
22. ITU (2021). *ICT Data Portal*. ICT Eye. <https://www.itu.int/net4/ITU-D/icteye/#/>
23. Kerstens, K., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.009>
24. López de la Madrid, M. C., Flores Guerrero, K., & Tejeda Mercado, C. (2021). Las TIC en el diseño de las políticas educativas. El caso de México. *Education Policy Analysis Archives*, 29, 32. <https://doi.org/10.14507/epaa.29.4408>
25. Malamud, O., Cueto, S., Cristia, J., & Beuermann, D. W. (2019). Do children benefit from Internet access? Experimental evidence from Peru. *Journal of Development Economics*, 138, 41-56. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2018.11.005>
26. Mimbi, L., & Bankole, F. O. (2016). ICT Efficiency in Creating Public Value, 2005-2014: A Cross-National Enquiry of BRICS Countries. *Proceedings Annual Workshop of the AIS Special Interest Group for ICT in Global Developm, December, 2005-2014*. <https://aisel.aisnet.org/globdev2016/9/>
27. Moorsteen, R. (1961). On Measuring Productive Potential and Relative Efficiency. *The Quarterly Journal of Economics*, 75(3), 451-467. <https://doi.org/10.2307/1885133>
28. O'Donnell, C. J. (2008). *An aggregate quantityprice framework for measuring and decomposing productivity and profitability change* (Working Paper Series WP072008). School of Economics, University of Queensland, Australia.

29. O'Donnell, C. J. (2010). Measuring and decomposing agricultural productivity and profitability change. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54(4), 527-560. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2010.00512.x>
30. O'Donnell, C. J. (2012). An aggregate quantity framework for measuring and decomposing productivity change. *Journal of Productivity Analysis*, 38(3), 255-272. <https://doi.org/10.1007/s11123-012-0275-1>
31. OECD (2019). *Pisa 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
32. OECD (2021). *Pisa en español*. Pisa in Focus. <https://www.oecd.org/pisa/pisa-en-espanol.htm>
33. Oyerinde, Y., & Bankole, F. (2018). Influence of Constant Returns to Scale and Variable Returns to Scale Data Envelopment Analysis Models in ICT Infrastructure Efficiency Utilization. *Proceedings of the 11th Annual Pre-ICIS SIG GlobDev Workshop*, December, 158-181. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-8229-8.ch007>
34. Oyerinde, Y., & Bankole, F. O. (2019). Creating Public Value Using ICT: An Efficiency And Productivity Assessment AIS Electronic Library (AISEL).
35. Oyerinde, Y., & Bankole, F. (2021). Influence of Constant Returns to Scale and Variable Returns to Scale Data Envelopment Analysis Models in ICT Infrastructure Efficiency Utilization. In *Empowering Businesses With Collaborative Enterprise Architecture Frameworks* (pp. 158-181). IGI Global.
36. Rueda, R., & Franco-Avellaneda, M. (2018). Políticas educativas de TIC en Colombia: entre la inclusión digital y formas de resistencia-transformación social. *Pedagogía y Saberes*, 48, 9-25. <https://doi.org/10.17227/pys.num48-7370>
37. Spiezia, V. (2010). Educational Achievements ? Student-level Evidence from Pisa. *OECD Journal: Economic Studies*, 2010(1), 1-22. https://doi.org/10.1787/eco_studies-2010-5km33scwlvkf
38. Tomczyk, Ł., & Oyeler, S. (2019). *ICT for learning and inclusion in Latin America and Europe. Case of study from countries: Bolivia, Brazil, Cuba, Dominican Republic, Ecuador, Finland, Poland, Turkey, Uruguay*. Pedagogical University of Cracow. <https://doi.org/10.24917/9788395373732>
39. Tondeur, J., Van Braak, J., & Valcke, M. (2007). Towards a typology of computer use in primary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(3), 197-206. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00205.x>
40. World Bank (2021). *Research and development expenditure (% of GDP). Sustainable Development Goals*. <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>



CUADERNOS DE ECONOMÍA

ISSN 0121-4772

ARTÍCULOS

- WILLMER GUEVARA-RAMÍREZ, TAMARA GONZÁLEZ-SOTELLA, CONSTANZA LAGUNAS-ALVARADO,
JOSÉ RADMAN-VARGAS Y AITOR RUIZ-DE-LA-TORRE-ACHA
Análisis de la competitividad de Chile en el mercado mundial del litio 383
- RAFAEL SALVADOR ESPINOSA RAMIREZ
Kidnapping and investment: A theoretical model 413
- MARÍA PAULA BONEL
Combination of theoretical models for exchange rate forecasting 437
- DIANA LIZETTE BECERRA PEÑA
Logros educativos y TIC: análisis comparativo de la productividad latinoamericana 469
- RAFAEL MAC-QUHAE Y HERMES A. PÉREZ F.
Causas de la cesación de pagos de la deuda soberana de Venezuela 491
- JOSÉ CARLOS TREJO GARCÍA, HUMBERTO RÍOS BOLÍVAR Y MARÍA DE LOURDES SOTO ROSALES
Traspaso del tipo de cambio real y el índice de confianza al consumo en la inflación de México. Un modelo de análisis de cointegración con pruebas de límites ARDL 521
- WILSON PÉREZ-OVIEDO
Expectativas racionales, ergodicidad y expectativas sociales 545
- IVÁN GONZALEZ
El peso de las externalidades en la ubicación espacial de la economía 565
- MARÍA PAZ HERNÁNDEZ Y NORMA PATRICIA CARO
Principales factores de la inclusión financiera en países de América del Sur 589
- HÉCTOR FLORES MÁRQUEZ Y OMAR NEME CASTILLO
Corrupción y desigualdad de ingresos en México: análisis a nivel entidad federativa 609
- JOHN CAJAS GUJARRO
Deuda, poder y ciclos: un modelo Norte-Sur de deuda y distribución (NSDD) 639
- CRISTIAN COLTHER
El ciclo económico de Chile: análisis del período 1810-2000 675
- FREDDY DE JESÚS BATISTA GARCÍA, EDITH JOHANA MEDINA HERNÁNDEZ Y JORGE LUIS MUÑOZ OLITE
Asociación multidimensional entre el progreso social de las juventudes y las instituciones económicas inclusivas 705

ISSN 0121-4772



9 770121 477005 9 2