



Efectos de las Tecnologías de la Información y Comunicación sobre el crecimiento económico en México

(Effects of Information and Communication Technologies on economic growth in Mexico)

Luis Antonio Espinosa Carrasco¹ y Oscar Rodríguez Medina²

¹ Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Economía, espinosaacl@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-7845-1184>

² Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Economía, rodriguezmedinaoscar@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-5839-2284>

Información del artículo revisado por pares

Fecha de aceptación: 2022

Fecha de publicación en línea: marzo-2022

DOI: <http://doi.org/10.29105/vtga8.2-215>

Resumen

Teóricamente las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) mejoran la productividad y los procesos de innovación, los cuales son considerados potenciadores del crecimiento económico. El objetivo de investigación es analizar el efecto del uso de las TICs sobre el crecimiento económico de México. La hipótesis sostiene que el crecimiento económico de México de la última década estuvo determinado de forma positiva por la adopción de tecnologías de la información y comunicación. Se estimó un modelo de crecimiento de Solow a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para evaluar los efectos de la adopción de las TICs sobre el crecimiento económico de México durante el periodo 2013-2020. El principal hallazgo es que el aumento de 1% de los accesos fijos a Internet de banda ancha generaron un incremento de 0.166% del Índice Global de Actividad Económica (IGAE).

Palabras clave: Tecnologías de la Información y Comunicación, banda ancha, productividad, crecimiento económico, Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Códigos JEL: C10, E13, O41

Abstract

Theoretically, Information and Communication Technologies (ICTs) improve productivity and innovation processes, which are considered enhancers of economic growth. The research objective is to analyze the effect of the use of ICTs on the economic growth of Mexico. The hypothesis holds that Mexico's economic growth in the last decade was positively determined by the adoption of information and communication technologies. A Solow growth model was estimated through Ordinary Least Squares (OLS) to evaluate the effects of ICTs adoption on Mexico's economic growth during the 2013-2020 period. The main finding is that the 1% increase in fixed broadband Internet accesses generated an increase of 0.166% in the Global Index of Economic Activity.

Key words: Information and Communication Technologies, broadband, productivity, economic growth, Ordinary Least Squares.

JEL Codes: C10, E13, O41

1. Introducción

El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación se ha vuelto cada vez más frecuente. Esta mayor utilización ha implicado transformaciones sociales y económicas a través de interacciones entre los agentes económicos, familias, empresas y gobierno. Es por ello que los mecanismos que se utilicen para incrementar su utilización, ya sean políticas públicas o inversiones privadas, deberán emitir señales a los agentes económicos a través de incentivos y beneficios de su utilización (Rodríguez, Torres y Alvarado, 2022). En este sentido, la incorporación de las TICs incide de forma positiva sobre el capital (inversión en infraestructura) y en la generación de empleos, siempre y cuando se trate de inversiones eficientes en infraestructura basadas en una acertada toma de decisiones (Alvarado, Rodríguez e Iturralde, 2016).

No obstante, el sector de las telecomunicaciones se asocia con el incremento de la productividad y los procesos de innovación que permite la creación de nuevos bienes y servicios (Katz, 2010), esas características convierten a este sector en una de las piezas fundamentales para el crecimiento económico de las próximas décadas (Kravchenko *et al.*, 2019). El aumento en la eficiencia mediante la mejora en el procesamiento de información, así como la reducción de costos de transacción y comunicaciones, son algunos de los canales de transmisión de las TICs a la productividad.

Al respecto de la innovación, la integración y creación de nuevos mercados aumenta la competitividad de las empresas (Katz, 2010). Sin embargo, la adopción de las TICs no ha sido inclusiva y aún existen brechas importantes entre los países a nivel mundial. En México, la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) reveló que en 2020 sólo el 50.4% de la población en zonas rurales fueron usuarios de Internet; mientras que, en las zonas urbanas, el porcentaje fue de 78.3% (INEGI, 2020).

Esta condición podría observarse como una desventaja laboral, educativa, e incluso social frente a aquellos que sí cuentan con estas herramientas tecnológicas. Es por ello que países como México aún no ha sido capaz de aprovechar todos los beneficios de estas tecnologías. Es importante destacar que las administraciones gubernamentales del país de la última década han buscado dinamizar el crecimiento de este sector.

Al respecto, podemos mencionar la Reforma en Telecomunicaciones durante la administración de Enrique Peña Nieto de 2012 a 2018, publicada en 2013, cuyo objetivo fue modificar la arquitectura institucional, regulatoria y de competencia del sector (Diario Oficial de la Federación, 2013), así como la iniciativa “Red Compartida” enfocada a impulsar la cobertura de Internet y telefonía implementada al final de esta gestión, en 2018. En el caso de la presente administración, la Coordinación de Estrategia Digital Nacional, cuyo programa insignia es “Internet Para Todos” tiene el objetivo de ampliar la cobertura de Internet en todo el territorio nacional.

En ese sentido, el ánimo de este trabajo es medir la contribución del uso de las tecnologías de la información y comunicación sobre el crecimiento económico de México en la última década. Se realizó una estimación econométrica mediante la función de producción de Solow (1957) y el uso de los accesos fijos de Internet de banda ancha (AFI) como variable *proxy* de las TICs para medir la contribución de este sector al crecimiento de México en el periodo de 2013 a 2020¹.

El trabajo está conformado por tres apartados y una sección de conclusiones. El primero de ellos corresponde al marco teórico que revisa la literatura respecto a la estimación del efecto de las telecomunicaciones, pero sobre todo del Internet de banda ancha, sobre el crecimiento económico y, de forma paralela, se estudian los principales aspectos de la importancia del factor de cambio tecnológico en la teoría de crecimiento de Solow (1957). El segundo apartado presenta las regularidades empíricas de la estrecha relación que guarda la actividad económica del país con el uso de las TICs. En seguida, se describe los aspectos metodológicos para la construcción del modelo econométrico, así como los aspectos de correcta especificación del modelo. El tercer apartado

¹ El periodo corresponde al de información disponible con frecuencia mensual, reportado por el Instituto Federal de Telecomunicaciones, IFT (2021).

contiene la discusión de los resultados de la estimación empírica y, por último, se plantean las conclusiones y se ofrecen algunas reflexiones.

2. Marco teórico

Diversos estudios han buscado estimar la contribución de las TICs al crecimiento económico. Entre los estudios contemporáneos al respecto, destaca el modelo de Röller y Waverman (2001), quienes combinan una función de producción (modelo macroeconómico) con funciones de oferta y demanda de la inversión en telecomunicaciones (modelo microeconómico) para estimar los efectos de la infraestructura en TICs sobre el crecimiento económico. Con una muestra de 21 países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para el periodo de 1971 a 1990, estiman un modelo que controla los problemas de causalidad inversa.

La causalidad inversa permite a los autores distinguir entre dos efectos: el primero se refiere al crecimiento económico atribuible a los incrementos de la infraestructura en telecomunicaciones; el segundo es respecto al incremento de la demanda de servicios de telecomunicaciones causados por el crecimiento económico (Röller y Waverman, 2001). Los resultados vislumbraron evidencia de una relación causal positiva, sobre todo cuando la infraestructura instalada permite un acceso cercano al “universal” de estos servicios.

Para el caso de países latinoamericanos, Benavides *et al.* (2011) estimaron el impacto sobre el crecimiento económico del aumento en infraestructura de telecomunicaciones replicando el modelo de Röller y Waverman (2001) para una muestra de 18 países² durante el periodo de 1980 a 2010, en el cual también se tiene un efecto causal positivo y significativo. Los autores reportan que el incremento de 1% en el índice de infraestructura de telecomunicaciones ocasiona un aumento entre 0.05 y 0.09% sobre la tasa de crecimiento del PIB *per cápita* (Benavides *et al.*, 2011).

Otro enfoque utilizado es el de la estimación del efecto de la infraestructura en telecomunicaciones mediante el uso de la variable de Internet de banda ancha como *proxy* del avance de las TICs, en el cual se calcula el impacto de la infraestructura de Internet de banda ancha en el crecimiento económico mediante una función de producción y un modelo de oferta y demanda para una muestra de 22 países de la OCDE en el periodo de 2002 a 2007 (Koutroumpis, 2009). Así como Röller y Waverman (2001) encontraron una relación causal positiva a partir de un nivel específico de infraestructura (“*critical mass*”) (Koutroumpis, 2009).

En el contexto del enfoque de variable *proxy*, el estudio de Benavides *et al.* (2011) también realiza una estimación del efecto de la penetración de Internet de banda ancha sobre el crecimiento económico para un conjunto de 16 países latinoamericanos³ entre 2002 y 2010, en el que, al igual que Koutroumpis (2009), estimó un sistema de ecuaciones que considera un modelo macro de función de producción y un modelo micro de oferta y demanda. El estudio reporta que el aumento de un punto porcentual de la penetración de banda ancha produce un aumento que entre el 0.03 y el 1.1% en el crecimiento del PIB.

Al respecto de estimaciones de conjuntos de países, Katz y Callorda (2013) analizan el caso individual de Ecuador para el periodo de 2008 a 2012. Los autores utilizan un modelo que considera una ecuación macro y una micro (como los citados más arriba) para estimar el impacto de la penetración de Internet de banda ancha en el crecimiento del PIB; y otro enfocado en el impacto de la penetración de Internet de banda ancha en la creación de empleos y cuyas variables dependientes son la tasa de ocupación y la tasa de desempleo.

Al respecto de la contribución al crecimiento del PIB, los autores reportan que, por cada 1%

² La muestra de 18 países considera a Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

³ La variable penetración de banda ancha, hace referencia al alcance que tiene cierto servicio en los hogares en un periodo determinando, y se reporta como el servicio por cada 100 hogares (IFT, 2018). Los países que no incluye la muestra del estudio, por falta de información, son: Guatemala y Honduras.

de incremento en la penetración de Internet de banda ancha, el crecimiento anual promedio del PIB fue 0.052%. En el caso de su segundo modelo, se muestra evidencia de que el incremento de 1% en la penetración de Internet de banda ancha, aumenta en 0.056% la tasa de ocupación y disminuye la tasa de desempleo en 0.105%.

Para el caso de México, el trabajo de González *et al.* (2013) fue el único disponible con respecto a la estimación de la influencia de las TICs sobre el crecimiento económico. Los autores estiman la significancia de las variables de penetración de Internet de banda ancha, telefonía móvil y telefonía fija mediante una función de producción para el periodo de 2000 a 2012. El estudio concluye que la penetración de Internet de banda ancha y de telefonía fija arrojaron coeficientes de 3.69 y de 2.83, respectivamente, sobre el desempeño del crecimiento del PIB.

Adicionalmente, el nivel de penetración de la telefonía móvil muestra efectos negativos sobre la tasa de crecimiento del PIB, lo cual no corresponde con el comportamiento teórico esperado. Esto se atribuye al elevado crecimiento de la telefonía móvil en el periodo analizado. En 1999, había 7.7 teléfonos móviles por cada 100 habitantes; sin embargo, para 2012, la relación era de 85.6 por cada 100 habitantes, lo que representó un crecimiento del orden de 500%.

Es importante resaltar que el trabajo de González *et al.* (2013) se realizó antes de 2013, lo que hace, no solo pertinente, sino necesaria, una revisión del mismo considerando los cambios estructurales por los que atravesó México en términos de reformas en telecomunicaciones. En este sentido, el presente trabajo busca analizar el periodo posterior al cambio estructural, y en donde el país reportó el nivel más elevado en términos de adopción de las TICs. Este factor, en teoría, contribuye a incrementar el efecto del acceso a Internet de banda ancha sobre el crecimiento económico.

2.1. Modelo de Crecimiento de Solow

En esta sección se plantea la teoría de referencia para la construcción del modelo econométrico. Para tal efecto, se utiliza el modelo de crecimiento económico de Robert Solow (1956), modelo exógeno de crecimiento o modelo de crecimiento neoclásico que señala los determinantes del crecimiento de la economía de un país en el largo plazo. El modelo parte de una función de producción Cobb-Douglas, donde la producción se lleva a cabo usando dos factores de producción, capital (K) y trabajo (L), la ecuación propuesta por Solow (1956) toma la siguiente forma:

$$Y = F(K, L) \quad [1]$$

En la Ecuación 1, el factor trabajo (L), es decir, el crecimiento de la fuerza laboral es dado de forma exógena⁴ y el crecimiento del *stock* de capital crece de forma continua porque el modelo establece una tasa de ahorro que se invierte en capital (Solow, 1956). Para los propósitos de este trabajo, existe interés en la introducción de cambio tecnológico en la función de producción. Tomando en cuenta que la relación capital-trabajo presenta límites (rendimientos decrecientes que llevan en el largo plazo a un estado estacionario), el cambio tecnológico nos conduciría, según Solow (1956), a que la relación capital-trabajo crezca indefinidamente.

Morettini (2009) precisa que el crecimiento económico continuo no depende solamente de la acumulación de capital, sino también de otros elementos como el cambio tecnológico. La importancia del cambio tecnológico para el crecimiento económico radica en que, de acuerdo a la teoría neoclásica, el crecimiento se detiene solamente si la innovación técnica se frena; en específico, este cambio induce a un mayor nivel de ahorro e inversión incrementando el capital *per cápita*. En ese sentido, Destinobles (2001) resume que, dentro del modelo de Solow, la tasa de crecimiento de largo plazo depende del cambio tecnológico.

En este modelo el cambio tecnológico se establece como dado, es decir, es una variable exógena al modelo. Asimismo, Solow (1956) cuantificó este cambio técnico como una forma residual

⁴ Bajo las determinantes del crecimiento de la población.

(Bernal, 2010). En la literatura económica se denomina “el residuo de Solow”, es decir, aquella parte del crecimiento económico que no se puede explicar por el crecimiento de los factores productivos (Acosta, 2012). Además, Solow (1956) habla de un cambio tecnológico neutral, entendido como el tipo de cambio tecnológico que solamente modifica la función de producción por un factor de escala creciente. De tal suerte que, añadiendo el cambio tecnológico (A) la Ecuación 1 queda:

$$Y = A(t)F(K, L) \quad [2]$$

En la Ecuación 2 la relación capital-trabajo se ve afectada ahora por $A(t)$. La conclusión de Solow (1956) es que $A(t)$ produce que el capital social de una economía aumente en el largo plazo, respecto de una donde el cambio tecnológico no está presente. De acuerdo con Solow (1956) en traducción libre: “la tasa eventual de aumento de la producción real es más rápida que en el caso donde no había cambio tecnológico” (p. 85). Es importante destacar que Solow (1957) amplió su análisis sobre el cambio tecnológico (A) cuyo propósito fue “separar las variaciones en la producción *per cápita* resultantes del cambio tecnológico de las generadas por el factor capital” (p. 312).

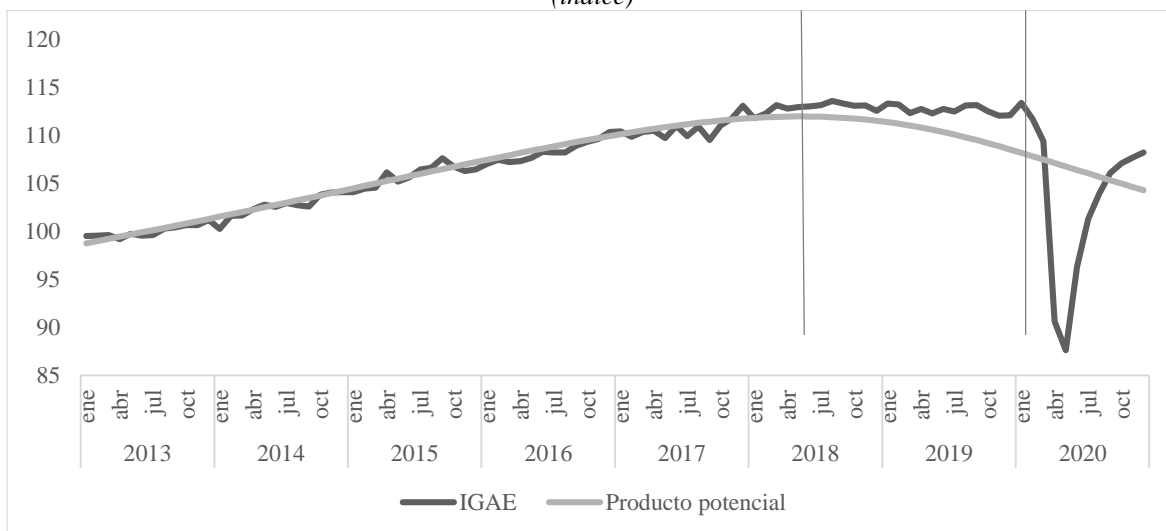
En dicho trabajo, el cálculo del residuo (cambio tecnológico) en su contribución al crecimiento fue sumamente alta, 87.2% en promedio durante el periodo de 1909 a 1949 (Solow, 1957). En síntesis, en el modelo neoclásico el crecimiento tiene un límite, debido a que hay rendimientos marginales decrecientes en el factor capital por lo que se necesita de cambios exógenos que permitan incrementar la productividad de los factores de la producción. Para la presente investigación la introducción del cambio tecnológico en su modelo permite explicar por qué un crecimiento continuo en el nivel del producto es viable.

2.2. Hechos estilizados

En este apartado se muestra el análisis estadístico que permite advertir la relación empírica que guardan el incremento de los accesos fijos a Internet de banda ancha con la productividad y , por consiguiente, con el crecimiento económico en México. La actividad económica del país observada a través del Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE) (Gráfica 1), muestra la evolución de la economía mexicana en la última década, en la cual se distinguen tres etapas: *i*) de 2013 a mediados de 2018 está marcada por una tendencia positiva; *ii*) la segunda, de la segunda mitad de 2018 a principios de 2020 se registró un estancamiento en términos de producto y ; *iii*) la tercera corresponde al resto del 2020 que contiene una de las mayores caídas en la producción de la historia reciente del país.

Si bien es cierto que a nivel mundial las economías experimentaron una crisis económica a raíz de las medidas de distanciamiento social por el Covid-19, la economía mexicana ya mostraba signos de desaceleración previos a la pandemia. El producto potencial, es decir, aquel que se refiere al nivel de producción límite que una economía puede alcanzar con el trabajo, el capital y la tecnología existentes; sin que dicho nivel no genere presiones inflacionarias de México tuvo su punto de inflexión en el mes de mayo de 2018, a partir del cual la economía inició una tendencia decreciente.

Gráfica 1. IGAE y producto potencial de México, 2013-2020.
(índice)

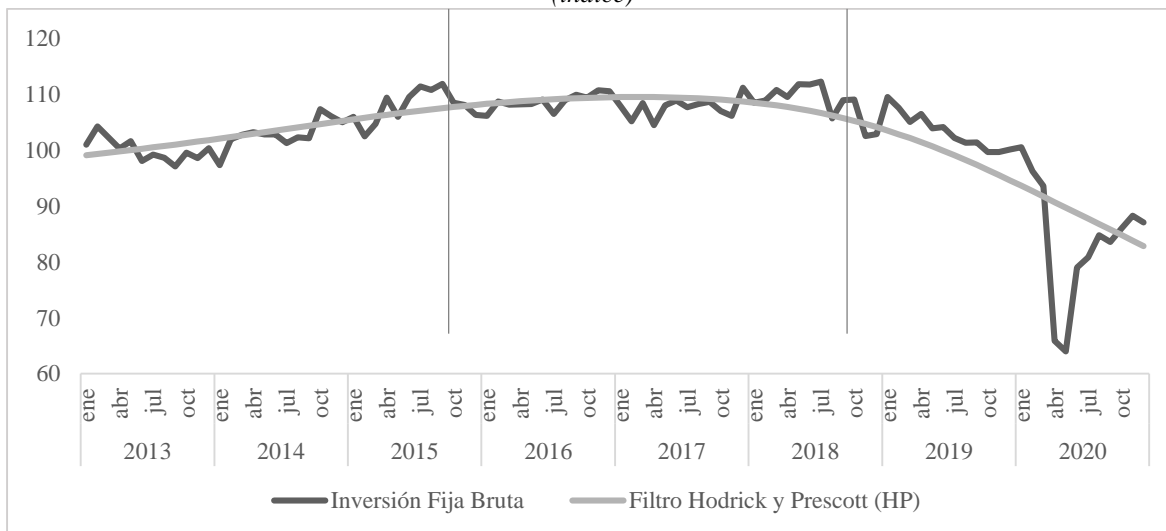


Nota: el IGAE corresponde a la serie desestacionalizada, base 2013. El producto potencial se estimó mediante el filtro Hodrick-Prescott (HP) a la serie del IGAE.

Fuente: elaboración propia con base en datos del INEGI (2021).

Desde la perspectiva de una función de producción, las variables de capital y trabajo explican en gran medida la dinámica de la económica. En el caso del capital, la Gráfica 2 muestra la evolución de la inversión fija bruta, la cual también ha tenido tres etapas distintivas en la última década. La primera de 2013 a finales de 2015 con tendencia positiva; seguida de una etapa intermedia de estancamiento hasta finales de 2018; y la última correspondiente a 2019 y 2020 de pendiente negativa.

Gráfica 2. Inversión Fija Bruta (IFB) de México, 2013-2020.
(índice)



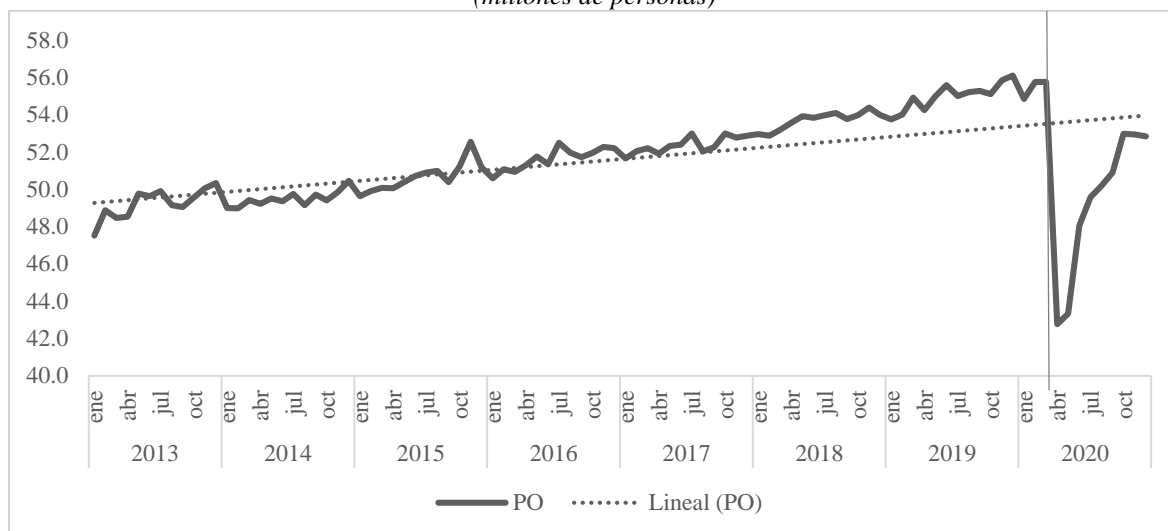
Nota: la IFB corresponde a la serie desestacionalizada, base 2013.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INEGI (2021).

Respecto del factor trabajo (Gráfica 3), se observa que la población ocupada únicamente muestra dos periodos fuertemente marcados por la línea gris, en la que la tendencia creciente de la serie es interrumpida en marzo de 2020, con el inicio de la jornada de sana distancia, momento que

corresponde con el inicio de la tendencia decreciente de la actividad económica.

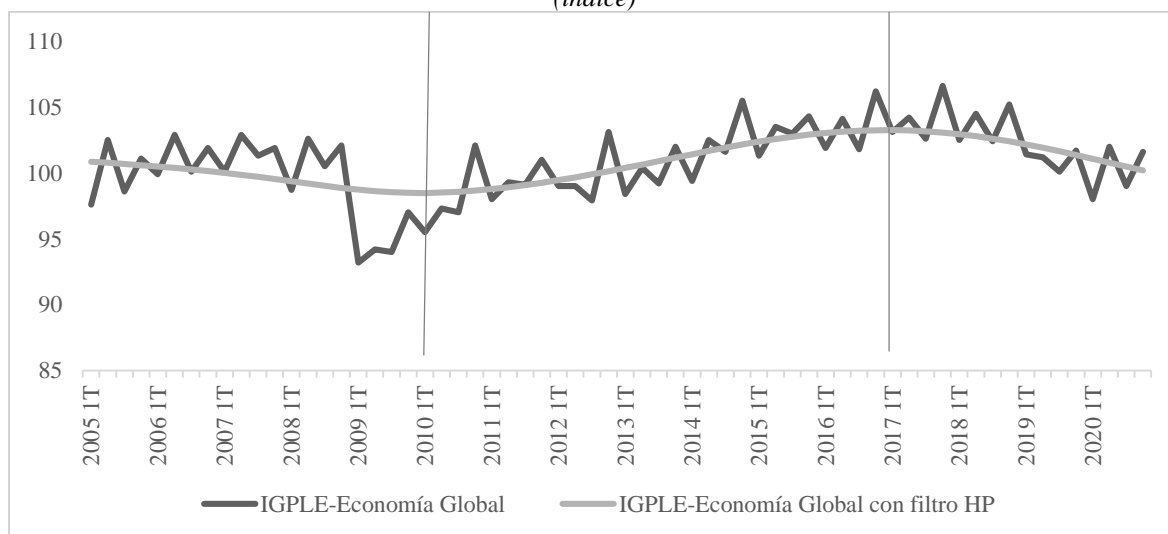
Gráfica 3. Población ocupada (PO) de México, 2013-2020
(millones de personas)



Fuente: elaboración propia a partir de datos del INEGI (2020b).

De acuerdo con el análisis descriptivo, el factor trabajo contribuyó a que la actividad económica no iniciara una tendencia decreciente desde 2015, año en que la inversión en capital dejó de tener una tendencia positiva. No obstante, con base en la Gráfica 4, la evolución de la productividad laboral en México en los últimos quince años registró tres etapas: una inicial de 2005 a 2010 que se describe como de estancamiento, seguida de una clara tendencia creciente que culmina en el primer trimestre de 2017, para iniciar una tendencia decreciente. Lo que indica que hubo una contribución positiva desde la productividad laboral creciente hacia el nivel de actividad económica en conjunto al menos durante los primeros siete años de la década pasada.

Gráfica 4. Índice Global de Productividad Laboral de la Economía (IGPLE) para México, 2005-2020
(índice)

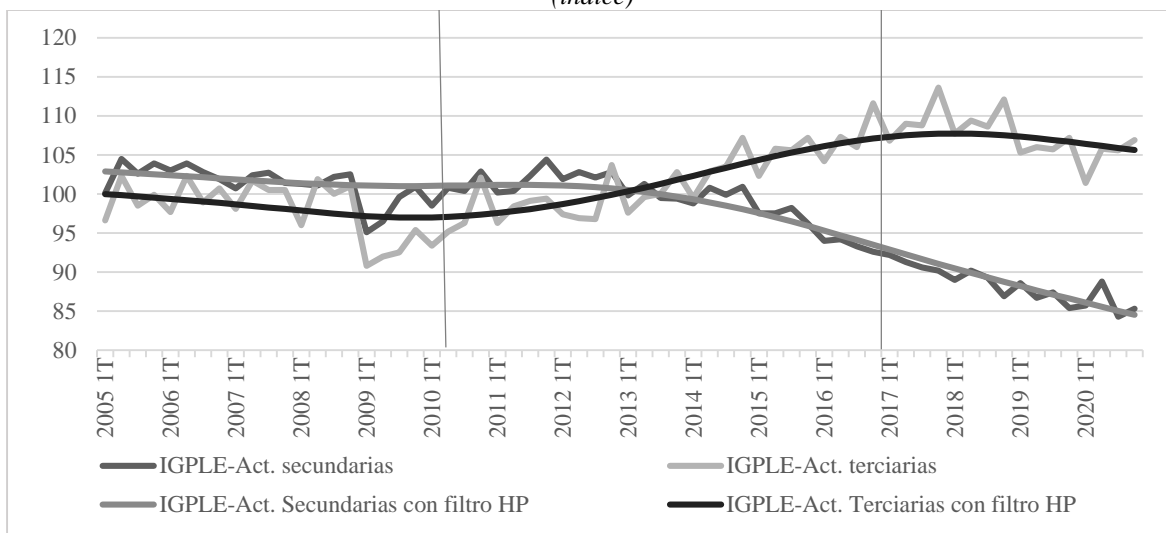


Nota: IGPLE con base en la población ocupada total (Índice Base 2013 = 100).

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INEGI (2021).

Asimismo, la Gráfica 5 muestra el IGPLE de forma desagregada, en dos de sus tres componentes para el mismo periodo, en donde se advierte que las actividades secundarias y terciarias compartieron una misma trayectoria de 2005 a 2010 para posteriormente divergir. La tendencia creciente de la productividad laboral de las actividades terciarias se estancó a partir de 2017; sin embargo, las actividades secundarias muestran una clara tendencia decreciente desde 2011. En ese sentido, el incremento de la productividad laboral de la economía tendría su fundamento en el incremento de la productividad del sector servicios.

Gráfica 5. IGPLE por actividades secundarias y terciarias en México, 2005-2021 (índice)



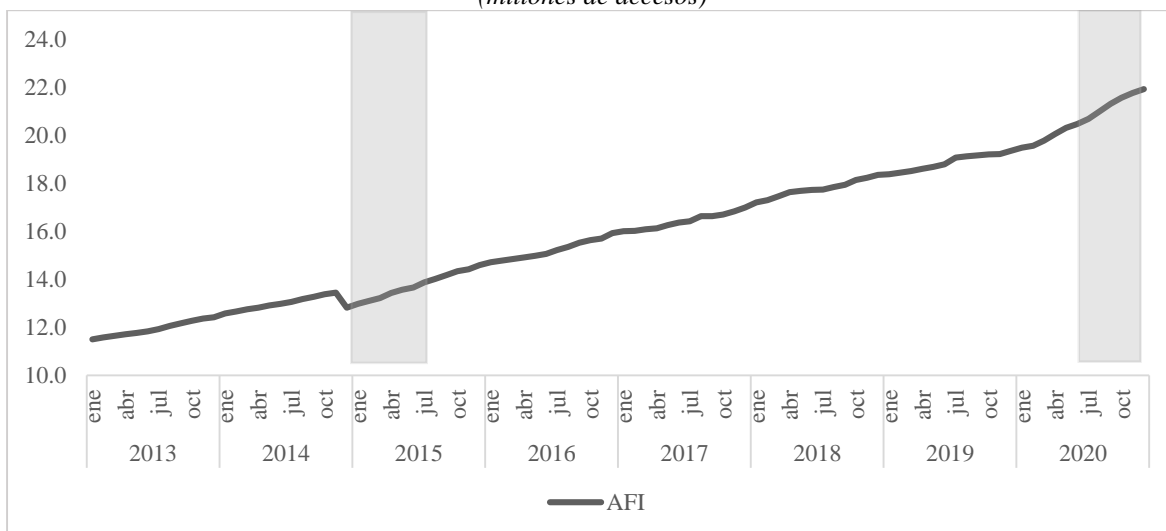
Nota: IGPLE con base en la población ocupada total (Índice Base 2013 = 100).

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INEGI (2021).

Si bien las TICs han sido adoptadas en cierta medida en las actividades primarias, secundarias y terciarias, son en estas últimas actividades en las que su adopción y aprovechamiento es mayor. Por consiguiente, el mayor avance en la productividad laboral de la economía en las actividades terciarias (con una importante presencia de las TICs) refuerza la hipótesis de que uno de los principales canales de transmisión de las tecnologías de la información y la comunicación en el crecimiento es a través del incremento de la productividad.

El estudio propone como variable *proxy* de la incorporación de las TICs a la economía (Gráfica 6), la variable de accesos fijos a Internet de banda ancha en consonancia con los trabajos que se han realizado al respecto documentados en la sección anterior. Adicionalmente, la variable tiene la virtud de ser reportada por los proveedores directos del servicio y, en consecuencia, incluye el efecto del incremento en el acceso a Internet de residenciales y no residenciales. La serie presenta una tendencia creciente en todo el periodo de estudio, con una ligera caída a inicios de 2015.

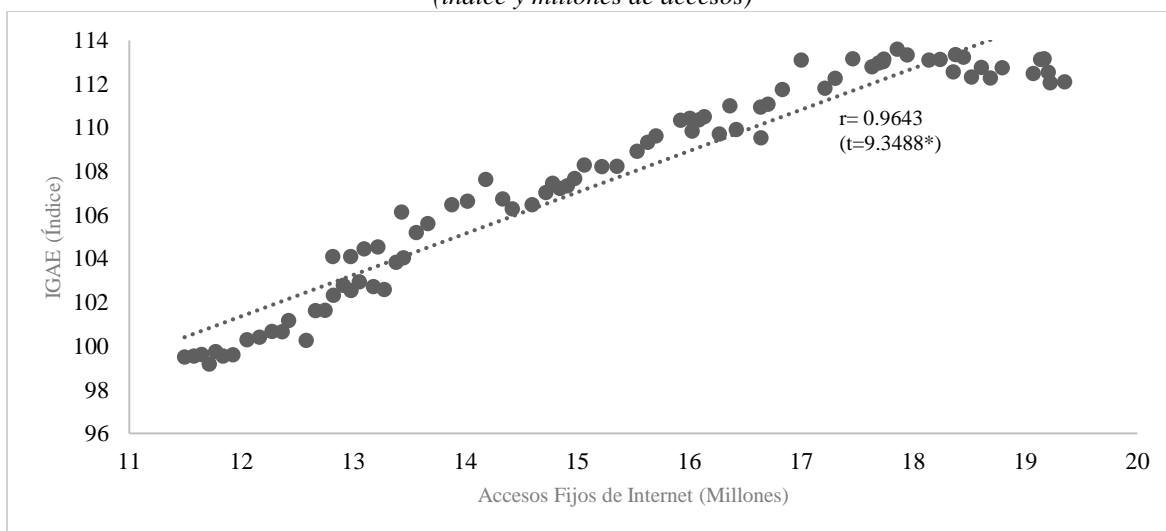
Gráfica 6. Accesos fijos de internet de banda ancha en México, 2013-2020
(millones de accesos)



Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto Federal de Telecomunicaciones IFT, (2021).

Finalmente, la Gráfica 7 apoya la hipótesis de la investigación porque muestra la correlación estadística positiva y significativa entre la actividad económica y la variable *proxy* de adopción de las TICs en la economía mexicana, la cual, para efectos de la propia investigación, se calculó solo para el periodo 2013 a 2019; puesto que, la caída de la actividad económica en 2020, producto de la coyuntura internacional, afectó el comportamiento de largo plazo y modificó el desempeño de dicha correlación.

Gráfica 7. Correlación entre IGAE y Accesos fijos a internet de banda ancha para México, 2013-2019
(índice y millones de accesos)



* Significancia estadística a 95%.

Fuente: elaboración propia con base en información del INEGI (2021) y el IFT (2021).

3. Método

En esta sección se estima un modelo econométrico para estudiar de forma rigurosa los argumentos planteados en el apartado anterior. La técnica utilizada para la elaboración del modelo econométrico es Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) porque permite estudiar la relación entre una variable

dependiente respecto otras variables consideradas como independientes y ajustadas a un modelo lineal. Este modelo permite obtener los parámetros para estudiar en qué medida afecta el comportamiento de las variaciones en las variables independientes, sobre la variable dependiente.

Partiendo del modelo de crecimiento de Solow, se utiliza MCO para estudiar la influencia de la incorporación de las TICs (entendidas como el cambio tecnológico, más relevante de la última década) sobre el crecimiento económico. Se usa el IGAE como variable dependiente y, a raíz de la información disponible y su frecuencia, se toma los AFI como variable *proxy* de la incorporación de las TICs, la Inversión Fija Bruta (IFB) y la Población Ocupada (PO) como variables de control determinadas por el modelo de crecimiento de Solow, para la economía mexicana durante el periodo de 2013 a 2020 (con frecuencia de datos mensual). Con base en lo anterior, se define el modelo econométrico de la siguiente forma:

$$\log(IGAE_t) = \beta_0 + \beta_1 \log(AFI_{t-1}) + \beta_2 \log(IFB_t) + \beta_3 \log(PO_t) + \varepsilon \quad [3]$$

Donde la variable *AFI* representa el cambio tecnológico rezagado un periodo, ya que el incremento en la productividad de los factores no surge en el mismo periodo en que se implementan las mejoras tecnológicas. Se plantea un modelo de regresión lineal de forma funcional doble logarítmica (log-log) para estimar elasticidades de las variables independientes respecto de la variable dependiente. Esta estimación precisó de la inclusión de tres variables dicotómicas (*dummy*) para corregir la presencia de observaciones atípicas en las series.

Las primeras dos variables dicotómicas corresponden a los efectos provocados por la crisis económica derivada de la pandemia en 2020, en los meses de mayo y junio. La última se añade en el mes de febrero de 2015 para compensar la caída atípica de la IFB provocada por un desempeño negativo en los gastos realizados en maquinaria y equipo tanto nacionales como de importación (-7.6%) (INEGI, 2015).

Tabla 1. Pruebas de correcta especificación de la Ecuación 3

Supuesto del modelo de regresión lineal	Estadístico	Valor (estadístico)	<i>p-value</i>
Significancia conjunta	<i>F-Statistic</i>	908.674	0.0000
Normalidad	Jarque-Bera	2.4026	0.3008
Autocorrelación	Breusch-Godfrey LM(12) <i>test</i>	1.6981	0.0835
Heterocedasticidad	Breusch-Pagan-Godfrey	0.5415	0.7753
Heterocedasticidad	White <i>cross terms test</i>	0.3869	0.9384
Linealidad (correcta especificación)	Ramsey RESET	<i>t-statistic</i> 0.6860	0.4945
		<i>F-statistic</i> 0.4706	0.4945

Notas: las pruebas CUSUM y CUSUMQ muestran que los estimadores son constantes durante todo el periodo de estudio.

Fuente: elaboración propia, a partir de la estimación del modelo econométrico.

La Tabla 1 muestra que se cumplen los supuestos del modelo de regresión lineal y, por lo tanto, se puede concluir que el modelo está correctamente especificado y que los estimadores son los mejores estimadores lineales e insesgados con mínima varianza del parámetro poblacional.

Tabla 2. Factor de Inflación de Varianza de la Ecuación 3.

Variable	VIF centrado
LAFI	4.430
LIFB	3.777
LPO	5.216
<i>Dummy1</i>	1.014
<i>Dummy2</i>	1.511
<i>Dummy3</i>	1.166

Fuente: elaboración propia, a partir de la estimación del modelo econométrico.

Por último, la Tabla 2 muestra los resultados del Factor de Inflación en la Varianza (VIF, por sus siglas en inglés) que proporciona evidencia de que el modelo no presenta problemas de multicolinealidad (<10). Por lo tanto, es adecuado realizar interpretaciones económicas sobre los coeficientes obtenidos de la regresión de MCO del modelo.

4. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados de la estimación del modelo de crecimiento económico por MCO con la variable de interés, así como su interpretación económica a partir de la inferencia estadística y el marco teórico planteado más arriba. La Tabla 3 detalla que los parámetros de las tres variables independientes [logaritmo de los accesos fijos de Internet de banda ancha (LAFI), logaritmo de la Inversión Fija Bruta (LIFB) y logaritmo de la Población Ocupada (LPO)] guardan una relación positiva con la variable dependiente (LIGAE) y son estadísticamente significativas, en concordancia con el modelo de crecimiento de Solow. Tanto el logaritmo de la IFB como el de la PO reportaron coeficientes mayores que el de AFI, situación esperada dado el peso que tienen en la determinación del crecimiento económico, como se plantea en el marco teórico.

Tabla 3. Estimación de la Ecuación 3

	Parámetro	<i>t-Statistic</i>	<i>p-value</i>
Constante	-5.014	-11.793	0.0000
β_1 (LAFI)	0.166	20.584	0.0000
β_2 (LIFB)	0.328	23.692	0.0000
β_3 (LPO)	0.305	9.363	0.0000

Nota: Significancia estadística a 95%.

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la variable independiente de interés, el signo del coeficiente es positivo, resultado que concuerda con lo encontrado en los estudios de Röller y Waverman (2001) y Koutroumpis (2009) para 21 países de la OCDE en el que se controla por causalidad inversa, lo que sugiere que existe consistencia de que los efectos de la adopción de las TICs inciden sobre la actividad económica de forma positiva entre diversos países y en México.

De acuerdo con la estimación del modelo, un incremento de 1% en los accesos fijos de Internet de banda ancha, produce un incremento de 0.166% en el IGAE de México. La contribución que muestra el modelo es más alta a la reportada por Katz y Callorda (2013) para el caso de Ecuador con la variable de penetración de banda ancha y PIB de 2008 a 2012, la cual tuvo como resultado que por cada 1% de incremento en penetración de la banda ancha, la contribución al crecimiento del PIB fue de 0.052%. Si bien la variable proxy no es la misma, y el periodo de examinación del caso ecuatoriano también difiere, se destaca que ambas estimaciones muestran una contribución positiva para dos países latinoamericanos. No obstante; una comparación rigurosa pasaría por controlar por algún

efecto de cambio estructural en los datos, que haya influenciado en que la estimación para México arrojé un resultado mayor al de Ecuador, dicho análisis de cambio estructural ayudaría a identificar cambios importantes en las políticas públicas relacionadas con la adopción de las TICs.

Para el caso de México, los resultados de la ecuación no son directamente comparables con los de González *et al.* (2013), debido a la distinta forma funcional utilizada en la estimación; no obstante, se valida la influencia positiva de la incorporación de Internet de banda ancha en la economía mexicana durante las últimas dos décadas. Adicionalmente, la estimación de otras variables proxy por parte de González *et al.* (2013) abren el panorama de las opciones posibles para captar de mejor manera el efecto de las TICs.

5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del modelo econométrico de MCO que relaciona a el uso de las TICs (mediante la variable proxy AFI) y el crecimiento económico (IGAE), se confirma que la adopción de las TICs en México ha tenido impacto positivo sobre el crecimiento económico del país durante los años de 2013 a 2020. La estimación muestra una relación positiva y estadísticamente significativa, en el que el aumento de 1% de los accesos fijos a Internet de banda ancha genera un incremento de 0.166% del IGAE.

El efecto estimado se obtiene a partir de la función de producción de Solow (1957), que permite identificar el impacto aislado de la adopción de las TICs en la economía, al controlar por las variables de inversión fija bruta y población ocupada. En ese sentido, el presente trabajo genera evidencia de que el canal de transmisión que potencia el crecimiento económico del país se asocia con el incremento de la productividad laboral a consecuencia de la adopción de estas tecnologías, mediante un impulso adicional al proporcionado por la inversión de capital o generación de empleo consecuencia de la expansión de las TICs.

Por lo tanto, de acuerdo con la teoría económica el incremento en la productividad laboral constituyó uno de factores que explican el crecimiento económico del país en este periodo. Específicamente, ese incremento en productividad laboral, se atribuye al crecimiento de la productividad laboral de las actividades terciarias puesto que, en el caso de las actividades secundarias, la tendencia de esta variable ha sido decreciente desde 2010. En el caso específico de la adopción de las tecnologías de la información y comunicación en el sector servicios, estas tienen la virtud de estar íntimamente ligadas al incremento de la productividad y los procesos de innovación que se desarrollan actualmente a nivel internacional. Lo que convierte al sector de las telecomunicaciones en uno de los factores potenciadores del crecimiento económico de un país.

El trabajo propone un modelo de crecimiento estimado mediante MCO para medir de forma rigurosa la relación entre el despliegue de las TICs y crecimiento económico de México, así como la magnitud de esa relación. Desde inicios de siglo, existen diversos trabajos que han utilizado un nuevo enfoque para estimar la contribución de este sector en los países. Dicha metodología ha sido utilizada para estudiar a los países de la OCDE y a los de América latina, entre otros.

Tomando en cuenta la magnitud del coeficiente de la variable AFI, la estimación es alta en comparación con las estimadas para Ecuador en el periodo 2008 a 2012 (Katz y Callorda, 2013). Dicha diferencia entre ambos países, sugiere dos interpretaciones. En primer lugar, la compatibilidad de la variable proxy utilizada en las estimaciones para captar el efecto de la adopción de las TICs en la economía; por lo cual habría diferencias en los efectos estimados sobre el crecimiento económico. En segundo lugar, los diferentes periodos analizados podrían insinuar un efecto mayor conforme la adopción de las TICs rebasa cierto umbral, es decir la presencia de un cambio estructural en la información. De igual manera, ambas interpretaciones no cambian el sentido positivo y significativo del efecto de las TICs sobre el crecimiento económico; más aún, permitirían ampliar las líneas de investigación a seguir para tener un mejor entendimiento del mecanismo de transmisión y la amplitud de su efecto.

Por otro lado, si bien la estimación de la influencia de las TICs en la economía por MCO cumple con los supuestos de correcta especificación del modelo (lo que genera estimadores

confiables), el modelo no controla por el efecto de causalidad inversa, elemento importante para determinar el aumento de la demanda de las TICs producto del crecimiento económico, sino que sustenta su causalidad mediante la teoría del modelo de crecimiento de Solow. En investigaciones futuras es importante contemplar una especificación que controle por la causalidad inversa, para comprender de mejor forma la relación bidireccional de las TICs y el crecimiento económico, aspecto relevante para la generación de pronósticos confiables sobre la inversión futura en TICs.

Finalmente, en el contexto actual de México, es relevante continuar generando evidencia sobre la importancia de la inversión en un sector tan relevante para el crecimiento económico y por lo tanto para sociedad, como lo es el de TICs. La ganancia potencial en productividad laboral (traducida en oportunidades laborales mejor remuneradas) hace referencia al abanico de nuevos productos y servicios que este sector podría ofrecer. En cambio, las consecuencias de no dotar a la población de estas herramientas pudiesen frenar la capacidad de crecimiento a largo plazo.

Por lo tanto, es necesario que exista un impulso desde el sector público en donde se prioricen las políticas públicas que promuevan la adopción de las TICs, no solo en los individuos sino también a nivel empresarial. En ese contexto, el programa de Internet para Todos es una apuesta necesaria, sin embargo, no es suficiente porque una vez ampliada la cobertura, es necesario dotar de las habilidades digitales mínimas a la población y las empresas para que puedan aprovechar dicha infraestructura. Es importante considerar un plan integral sobre inclusión digital, que contenga elementos de acceso como el programa Internet para Todos, pero también un componente de uso y educación, que permita aprovechar las oportunidades de esta era digital en la sociedad mexicana.

6. Referencias

- Acosta, J., Bethencourt, C., Marrero, G., y Perera, F. (2012) *Los modelos con tasa de ahorro exógena: el modelo de Solow*. Departamento de análisis económico, Universidad de La Laguna, España.
- Alvarado, E. O. Rodríguez y O. Iturralde (2016). Niveles de cobertura y accesibilidad de la infraestructura de los servicios de agua potable y de salud en Nuevo León, México. *Contexto*, X(12). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353645633005>
- Benavides J., Castro F., Devis L. y Olivera, M. (2011). Impacto de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el desarrollo y la competitividad del país, Informes de Investigación 009319, Fedesarrollo.
- Bernal, J. (2010). El Residuo de Solow revisado. *Revista de Economía Internacional*, 12(23), 347-361.
- Destinobles, A. y Hernández, J. (2001). El modelo de crecimiento de Solow. *Aportes*, 6(017), 147-152.
- Diario Oficial de la Federación (2013). Por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6º, 7º, 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones. 11 de junio de 2013.
- González, L., Ocegueda, J. y Ibarra, M. (2013). *El impacto de las tecnologías de la información y comunicación en el crecimiento económico: un análisis para México*. Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Autónoma de Baja California.
- IFT (2018). *Manual de definiciones de los indicadores estadísticos de telecomunicaciones*. Abril. Disponible en: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/estadisticas/manualdefinicionesmarzo2018.pdf>
- IFT (2021). *Banco de Información de Telecomunicaciones*. Disponible en: <https://bit.ift.org.mx/BitWebApp/> Revisado el 15 de septiembre de 2021.
- INEGI (2015). *Boletín de prensa Núm. 181/15*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=9>
- INEGI (2020a). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2020/>
- INEGI (2020b). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo*. Recuperado de

- <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/>
 INEGI (2021). *Banco de Información Económica*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/> Revisado el 15 de septiembre de 2021
- Katz, R. (2010). La contribución de la banda ancha al desarrollo económico. En Jordán, V., Galperin, H. y Peres, W. (Eds.) *Acelerando la revolución digital: banda ancha para América Latina y el Caribe*, (pp. 51-81). NU. CEPAL en Chile.
- Katz, R. y F. Callorda (2013). Economic impact of broadband deployment in Ecuador. *Regional Dialogue on the information society*, April, 1-38.
- Koutroumpis, P. (2009). The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach. *Telecommunications Policy*, 33, 471-485.
- Kravchenko, O., Leshchenko, M., Marushchak, D., Vdovychenko, Y., y Boguslavskaya, S. (2019). The digitalization as a global trend and growth factor of the modern economy. *SHS Web of Conferences*, 65, (7004), 1-5. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196507004>
- Morettini, N. (2009). El modelo de crecimiento de Solow. *Nulan*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Rodríguez, O., F. Torres y E. Alvarado (2022). Competencia y transmisión de precios en la producción de nopal en Milpa Alta y Morelos, *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, Colegio de Postgraduados.
- Rodríguez, O., J. Delgadillo y M. Sánchez (2021). Perfil del productor de nopal de Milpa Alta en el diseño de políticas sectoriales, *Argumentos. Estudios críticos de la sociedad*, 34(96), mayo-agosto, 229-253 pp.
- Röller, L. H. y Waverman, L. (2001). Telecommunications infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach. *American Economic Review*, 91(4), 909-923.
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The review of economics and statistics*, 39(3), 312-320.