

REALIDAD Y REFLEXIÓN ES UNA PUBLICACIÓN PERIÓDICA DE CARÁCTER SEMESTRAL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO GAVIDIA.
AÑO 23, N° 58, JULIO-DICIEMBRE 2023. SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA.

REALITY AND REFLECTION IS A BIENNIAL PERIODICAL PUBLICATION OF THE FRANCISCO GAVIDIA UNIVERSITY.
YEAR 23, N° 58, JULY-DECEMBER 2023. SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRAL AMERICA.

Contribución de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) al crecimiento económico en El Salvador

*Contribution of Information and Telecommunication
Technologies (ITC) to economic growth in El Salvador*

Carlos Gerardo Acevedo Flores.

Licenciatura en Filosofía, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), El Salvador.

Licenciatura en Economía, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), El Salvador.

Maestría en Economía, Duke University, Estados Unidos de América.

Ph.D. en Economía, Vanderbilt University, Estados Unidos de América.

Catedrático del Programa de Doctorado del Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP).

Investigador asociado del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación, de la Universidad Francisco Gavidia, El Salvador.

cacevedosv@yahooo.com

<https://orcid.org/0000-0001-5990-3392>

Fecha de recepción: 10 de julio de 2023.

Fecha de aprobación: 20 de agosto de 2023.

DOI: <https://doi.org/10.5377/ryr.v1i58.17398>



RESUMEN

En este trabajo se realiza un ejercicio de descomposición del crecimiento del valor agregado de la economía salvadoreña, aplicando la metodología desarrollada por el proyecto LA-KLEMS, para estimar el aporte de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) a la dinámica de inversión y crecimiento económico, en un marco de análisis comparativo con otros siete países latinoamericanos (Chile, Colombia, Costa Rica, Honduras, México, Perú y República Dominicana) para el período 1990-2018. Los resultados de ese ejercicio indican que El Salvador registró la tasa más baja de crecimiento del valor agregado entre los países de la muestra en el período considerado. En particular, la contribución del capital TIC al crecimiento de la economía salvadoreña se mantuvo por debajo del promedio regional desde mediados de los 1990. Para aprovechar las oportunidades abiertas por la llamada «Cuarta Revolución Industrial» (Foro Económico Mundial) y «Quinta Revolución Industrial» (Comisión Europea), El Salvador debe realizar una apuesta decidida por la inversión en infraestructura de TIC y trabajar para cerrar su brecha de capital humano en términos de las habilidades y competencias requeridas en el ámbito de las Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (denominadas STEM, por sus siglas en inglés).

Palabras clave: economía digital, Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), crecimiento económico, contabilidad del crecimiento.

ABSTRACT

In this paper, a decomposition exercise of the value added of the Salvadoran economy is performed, applying the methodology developed by the LAKLEMS project, to estimate the contribution of the Information and Telecommunication Technologies (ITC) to investment and economic growth dynamics, within a framework of comparative analysis with other seven Latin American countries (Chile, Colombia, Costa Rica, Honduras, México, Peru and Dominican Republic) for the 1990-2018 period. The results of this exercise show that El Salvador reported the lowest growth rate of the value added among the countries in the sample during the period defined. In particular, the contribution of ITC capital to growth of the Salvadoran economy kept below the regional average since the middle of 1990. To take advantage of the opportunities brought by the so called «Fourth Industrial Revolution» (World Economic Forum) and «Fifth Industrial Revolution» (European Commission), El Salvador must decidedly make a bet for investment in ITC infrastructure and work to close the gap in human capital in terms of the abilities and skills required in the realm of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM).

Keywords: digital economy, Information and Telecommunications Technologies (ITC), economic growth, growth accounting.

Introducción

Las transformaciones que se han suscitado en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), en los últimos veinte años han dado lugar a una revolución digital que está cambiando radicalmente el entorno global. Las tecnologías móviles, la conectividad de alta velocidad a Internet, la difusión de la banda ancha y el *cloud computing* han sido los principales catalizadores de esa transformación cuyo impacto en la economía y la sociedad ha modificado profundamente nuestra forma de vivir.

Muchos consideran que esta revolución digital representa el período de transformación económica, social y tecnológica más importante desde la Revolución Industrial de los siglos XVIII-XIX. Klaus Schwab se refirió a este fenómeno como la «Cuarta Revolución Industrial», en el contexto de la edición del Foro Económico Mundial 2016 (Schwab, 2016); mientras que, a principios de 2021, la Comisión Europea acuñó el término de «Industria 5.0» para designar una «Quinta Revolución Industrial», que «sitúa el bienestar del trabajador en el centro del proceso de producción y utiliza las nuevas tecnologías para proporcionar prosperidad más allá del empleo y el crecimiento, respetando los límites de producción del planeta» (Comisión Europea, 2021, p. 14).

La economía digital se ha constituido así en una plataforma para la provisión más eficiente de bienes y servicios, aprovechando las potencialidades de Internet y el desarrollo experimentado por las TIC en el ámbito de la telemática (*Big Data*), robótica, inteligencia artificial, nanotecnología y automatización de los procesos productivos (*smart factories*), entre otras innovaciones tecnológicas. Este desarrollo ha reducido los costos de adopción de nuevas tecnologías, mejorado los procesos de negocios y promovido la innovación en todos los sectores de la economía.

La pandemia por COVID-19 aceleró el proceso de transformación digital, sobre todo en los sectores de *e-commerce* y *e-services*, mientras que el teletrabajo y la educación a distancia mediante medios virtuales han configurado escenarios laborales y educativos novedosos. En la mayoría de países, ha aumentado la demanda de trabajadores con habilidades digitales, con un aumento del uso de las plataformas digitales para encontrar trabajo y generar ingresos.

El desarrollo de la economía digital ofrece una oportunidad invaluable para El Salvador, un país con una pobre dotación relativa de recursos naturales, cuyo modelo económico se ha caracterizado secularmente por actividades de baja productividad y bajo valor agregado. Una apuesta decidida por el desarrollo del ecosistema digital podría generar un proceso dinámico de cambios en los procesos productivos encaminados a aumentar la productividad, facilitar encadenamientos productivos entre sectores y crear ventajas comparativas que le permitan una inserción exitosa en la economía global.

En este trabajo se realiza un ejercicio de descomposición del crecimiento del valor agregado de la economía salvadoreña, aplicando la metodología desarrollada por el proyecto LA-KLEMS (2021a;

2021b), para estimar el aporte de las TIC a la dinámica de inversión y crecimiento económico, en un marco de análisis comparativo con otros siete países latinoamericanos (Chile, Colombia, Costa Rica, Honduras, México, Perú y República Dominicana) para el período 1990-2018. Los resultados de dicho análisis pueden constituir un insumo importante para el diseño de políticas económicas que le permitan al país cerrar, en un primer momento, la brecha digital que lo separa de las economías más competitivas de América Latina y, eventualmente, a nivel global en términos de acceso a infraestructura digital y desarrollo de la gobernanza digital, y aprovechar mejor el potencial de las TIC.

Definición de la economía digital

Si bien los conceptos de economía digital y ecosistema digital están cada vez más extendidos, en realidad no existe a la fecha una definición ampliamente aceptada de la economía digital o del sector digital (IMF, 2018). El IMF distingue entre el «sector digital» y la crecientemente digitalizada economía moderna, a menudo llamada «economía digital», y se centra en la medición del sector digital. Este abarca las actividades esenciales de digitalización, bienes y servicios de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), plataformas en línea y actividades habilitadas por plataformas como la economía cooperativa (*sharing economy*).

La evidencia disponible indica que el sector digital es menos del 10 % de la mayoría de economías si se mide por el valor agregado, ingreso o empleo (IMF, 2018). Por otra parte, la digitalización de la actividad económica puede definirse en sentido amplio como la incorporación de las aplicaciones de Internet en los procesos de producción y los productos, nuevas formas de consumo privado y del sector público, formación de capital fijo, flujos transfronterizos de comercio y los mercados financieros.

De acuerdo con López y Chapagain (2020), la economía digital no solo está compuesta de algunos sectores (tradicionalmente asociados al Internet), sino de la totalidad de los sectores que operan usando las comunicaciones y redes que permite el Protocolo de Internet (IP), (Lovelock, 2018). Por su parte, The World Bank Group (s.f.) subraya que el concepto de economía digital está en evolución continua debido a su naturaleza multifacética y dinámica, y al poder transformacional de las tecnologías digitales.

En este trabajo se asume la perspectiva de la CEPAL (2013), según la cual la economía digital está constituida por la infraestructura de telecomunicaciones, las industrias TIC (*software, hardware* y servicios TIC) y la red de actividades económicas y sociales facilitadas por Internet, la computación en la nube y las redes móviles, y las redes sociales y de sensores remotos. En tal sentido, la economía digital constaría de tres componentes principales: la infraestructura de redes de banda ancha, la industria de aplicaciones TIC y los usuarios finales.

Los elementos básicos de la infraestructura de redes de banda ancha son la conectividad nacional e internacional, las redes de acceso local, los puntos de acceso público y la asequibilidad. El segundo

componente esencial para generar servicios y aplicaciones para los usuarios (individuos, empresas y gobierno) es la industria de *hardware*, *software* y aplicaciones TIC que incluye también servicios facilitados por esas tecnologías.

En los otros servicios facilitados por las TIC, destacan la industria de procesos de negocios y la de procesos analíticos o de conocimiento. Los procesos de negocios incluyen aplicaciones «horizontales» como servicios financieros, contables y recursos humanos, así como procesos de negocios «verticales» asociados a actividades específicas como los servicios financieros, el sector público, la industria manufacturera, el comercio, las telecomunicaciones, el transporte y los servicios de salud. Los procesos de conocimientos se refieren a actividades de alta especialización y complejidad, como los servicios analíticos, de diseño, ingeniería y de investigación y desarrollo tecnológicos.

El tercer componente son los usuarios finales (individuos, empresas y gobierno) que definen el grado de absorción de las aplicaciones digitales mediante su demanda por servicios y aplicaciones. Estos pueden contribuir a mejorar la eficiencia de los procesos productivos en las empresas, aumentar la eficiencia y transparencia en la provisión de servicios públicos por parte del gobierno, y la calidad de vida de todos los usuarios, mediante el aprovechamiento de las aplicaciones digitales en el comercio electrónico, las compras públicas y el acceso a servicios públicos y de comunicación, entre otros.

El desarrollo de las TIC y la convergencia tecnológica, tanto a nivel global como en América Latina, han posibilitado el surgimiento de nuevos mercados de servicios y contenidos digitales, configurando un conjunto nuevo de interacciones entre los usuarios, las empresas del sector y los proveedores de dichos servicios. La masificación de las TIC ha permitido también el desarrollo y transformación del ecosistema digital en el que nuevas industrias crecen de forma muy acelerada, reconfigurando las cadenas de valor. Las TIC son tecnologías de propósito general, es decir, transversales a mercados y actividades. Ello implica de parte del Estado la articulación de sectores económicos y sociales para potenciar los efectos de derrame y la generación de externalidades positivas. Las inversiones en TIC tendrán un mayor impacto en la medida en que sean acompañadas por la adecuada dotación de factores complementarios, como el ambiente económico, la infraestructura, el capital humano y el sistema nacional de innovación (CEPAL, 2010).

Metodología: enfoque empleado para medir el impacto económico de las TIC

La contribución de la economía digital al PIB puede analizarse desde diferentes enfoques metodológicos. En la CEPAL (2013) se proponen dos metodologías para estimar esa contribución. La primera, estima la demanda agregada de la economía digital (consumo privado, inversión privada, gasto del gobierno y exportaciones netas). La segunda, estima la contribución de la economía digital al PIB utilizando la metodología de contabilidad del crecimiento, elaborada en el marco del proyecto LA-KLEMS, componente de la iniciativa WORLD-KLEMS. Este es el enfoque que se adopta en este trabajo. Esta metodología permite calcular el crecimiento de la Productividad Total de los Factores

(TFP por sus siglas en inglés) y las contribuciones al crecimiento del valor agregado que provienen de los factores de producción por tipo de insumo a nivel de sectores de actividad (<http://laklems.net/>).

A nivel internacional, el propósito principal del proyecto WORLD-KLEMS es construir una base de datos con series de tiempo (desde 1990 en adelante) sobre mediciones de crecimiento económico, productividad, empleo, formación de capital e insumos intermedios a nivel de sectores de actividad económica. Dicho proyecto ha generado información sistemática y homogénea para analizar los impactos del trabajo de alta calificación y del capital TIC en el crecimiento de la productividad a nivel de industrias y países. Las siglas provienen del uso de una función de producción que contabiliza, además de los factores de capital (K) y trabajo (L), insumos de energía (E), materiales (M) y servicios (S).

La apertura hacia América Latina y el Caribe de la iniciativa KLEMS ha llevado a la implementación del proyecto LA-KLEMS, coordinado en sus primeros años por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL). El proyecto ha generado información clave para medir el impacto de las TIC en el crecimiento económico y la productividad, para elaborar políticas de desarrollo productivo, y evaluar metas relacionadas con productividad y crecimiento económico para una muestra amplia de países latinoamericanos (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, México, Perú y República Dominicana).

En su fase actual, el proyecto LA-KLEMS está siendo financiado y coordinado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a través de una cooperación técnica regional. La base de datos incluye series temporales de ocho economías de América Latina (Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, México, Perú y República Dominicana) entre 1990 y 2018 con información detallada de indicadores a nivel de industria para nueve sectores (LA-KLEMS, 2021a).

La metodología utilizada por el proyecto KLEMS permite un ejercicio de descomposición de las fuentes del crecimiento económico, sobre la base del modelo propuesto inicialmente por Solow (1956) y posteriormente perfeccionado por Jorgenson y Griliches (1967) y Jorgenson *et al.* (2005). Específicamente, el marco de la contabilidad de crecimiento aplicado en el proyecto KLEMS se basa en varios supuestos estándar adoptados por Jorgenson *et al.* (2005): i) Los mercados de productos y factores son competitivos, de modo que los precios son iguales a los costos marginales y los precios de los factores son iguales al producto marginal; ii) Existe utilización plena de los insumos, específicamente para el capital debido a la falta de datos sobre tasas de utilización; y iii) Existen rendimientos constantes a escala.

El modelo parte de una función de producción estándar en la que el producto se obtiene de la combinación de tecnología, capital y trabajo, esto es, el crecimiento del producto se puede descomponer como la suma de los cambios en la tecnología y los factores productivos, cada uno ponderado por su producto marginal (para los detalles técnicos, véase en anexo: metodología de LA-KLEMS para la descomposición del crecimiento del valor agregado).

La metodología empleada por el modelo considera los cambios medidos en horas trabajadas y también los cambios en la composición del factor trabajo en términos de edad, género y nivel educacional. El capital físico es descompuesto en seis categorías de activos, tres de ellos directamente asociados a las TIC (*hardware*, equipos de telecomunicaciones y *software*) y tres que no lo están (maquinaria y equipo, equipo de transporte y estructuras no residenciales). Ello permite determinar los aportes de los servicios de capital al crecimiento según tipo de activo (TIC y no TIC), así como la contribución de los servicios laborales según horas trabajadas y composición del trabajo. El ejercicio de descomposición del crecimiento permite también estimar, como factor residual, el aporte de la productividad multifactorial (TFP), la cual suele interpretarse como un reflejo del nivel de eficiencia de los procesos productivos.

Resultados

En este apartado se estima el aporte de las TIC a la inversión en El Salvador en un marco de análisis comparativo con los otros siete países latinoamericanos de la muestra (Chile, Colombia, Costa Rica, Honduras, México, Perú y República Dominicana), para el período 1990-2018, utilizando la base de datos del proyecto LA-KLEMS, disponible en <http://laklems.net/>. Luego, se analiza la contribución de los servicios de capital TIC al crecimiento económico en esos países para el mismo período.

Participación de las TIC en la inversión

Uno de los aportes del proyecto KLEMS es la construcción de una serie de largo plazo de la formación bruta de capital fijo (inversión) en TIC, que consolida tres activos (equipos informáticos, telecomunicaciones y *software*). Sobre la base de esos datos, en este apartado se muestra la evolución de las tasas de inversión en activos TIC como porcentaje de la inversión total para El Salvador y los otros países latinoamericanos incluidos en la fase actual del proyecto LA-KLEMS.

En la Tabla 1 y la Figura 1 se muestra la evolución de la inversión en activos TIC como porcentaje de la inversión total o formación bruta de capital fijo (FBCF) total.

En la mayoría de países, la inversión en TIC aumentó significativamente su participación relativa dentro de la FBCF total a lo largo de todo el período 1990-2018. Las excepciones fueron Colombia y Costa Rica, donde la inversión en TIC perdió peso dentro de la inversión total; el descenso registrado por la inversión TIC en ambos países se explica por el rápido aumento de la inversión en otros sectores, más que por una disminución de la inversión en TIC.

Por otra parte, Colombia y Costa Rica fueron los países que registraron la tasa promedio más alta de inversión en TIC como porcentaje de la inversión total para todo el período 1990-2018.

En el otro extremo, México, Perú y República Dominicana fueron los países que registraron las tasas menores de inversión en TIC como proporción de la inversión total, aun cuando esto se explica por la mayor inversión relativa en sectores no TIC, más que por una deficiente inversión en las TIC.

Durante la década 2000-2009, El Salvador registró la segunda tasa más alta de inversión en TIC, después de Chile; en la década siguiente, El Salvador descendió a la quinta posición.

Con la excepción de El Salvador y República Dominicana, en todos los países de la muestra la inversión en TIC en la década de 2010 fue superior a la registrada en la década de 2000.

Tabla 1

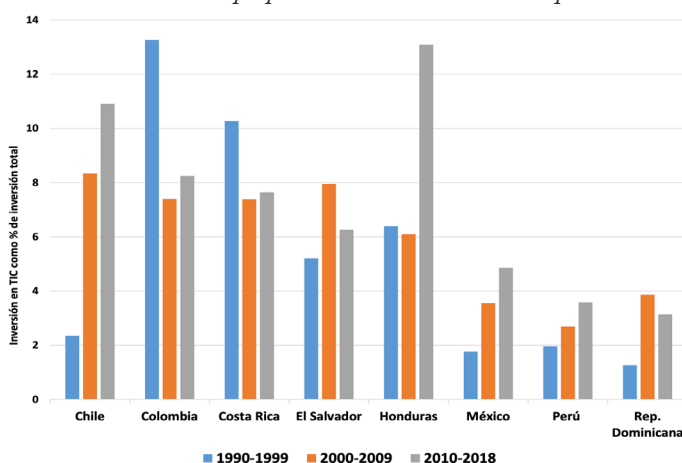
Tasa de inversión en TIC como porcentaje de la inversión total, 1990-2018.

País	1990-1999	2000-2009	2010-2018	1990-2018
Chile	2.35	8.34	10.91	6.93
Colombia	13.26	7.39	8.25	9.40
Costa Rica	10.27	7.38	7.64	8.45
El Salvador	5.21	7.95	6.25	6.48
Honduras	6.39	6.09	13.08	8.01
México	1.76	3.54	4.85	3.33
Perú	1.96	2.69	3.58	2.71
Rep. Dominicana	1.26	3.86	3.14	2.71

Nota. Fuente: elaboración propia con base en <http://laklems.net/>

Figura 1

Inversión en TIC como proporción de la inversión total, por decenios (1990-2018).



Nota. Fuente: elaboración propia con base en <http://laklems.net/>

En la Figura 2 se detalla la evolución de la inversión en TIC para cada país, desagregada por los tres componentes del sector TIC (equipos computacionales, equipos de comunicación y *software*) para el período 1990-2018. Tal como se aprecia, los componentes de la inversión TIC tienen comportamientos diferentes en cada país a lo largo del período.

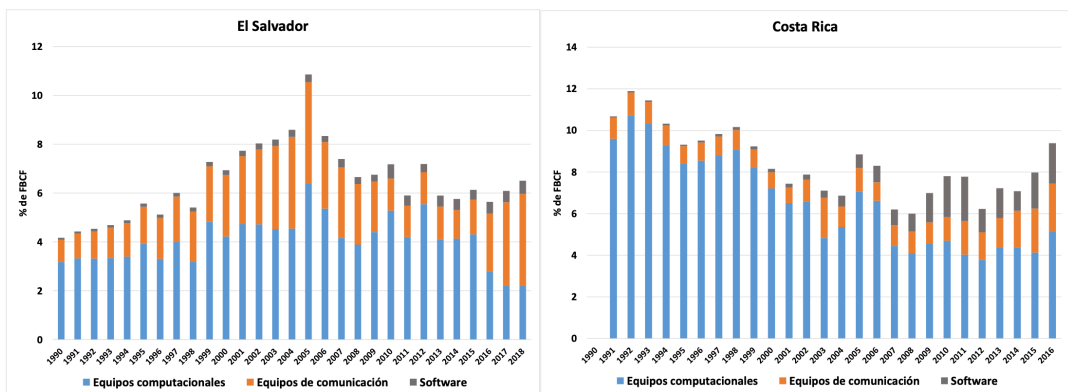
La tasa de inversión en TIC en El Salvador muestra un incremento sostenido entre 1990 y 2004, para luego experimentar un rápido descenso entre 2004 y 2014, y estabilizarse desde entonces. Desde 2005, El Salvador presenta una tendencia decreciente de la inversión relativa en equipos computacionales; desde 2015 se aprecia un aumento de la participación de los equipos de comunicación, con un peso modesto del *software* en todos los períodos.

En México se ha dado desde 2011 un aumento del peso relativo de los equipos de comunicación y una modesta participación del *software* en todo el período. En Chile, destaca el aumento del peso relativo de la inversión en *software* desde 2000, siendo el único país de la muestra en que la inversión en *software* es mayor que en otros sectores TIC.

En Colombia, desde 2009 se aprecia un sensible aumento del peso relativo de los equipos computacionales, con una modesta participación de la inversión en *software*. Costa Rica registra un descenso pronunciado de la inversión en equipos computacionales entre 1990 y 2008, seguida por una relativa recuperación de las inversiones en equipos de comunicaciones y principalmente en *software*.

Figura 2

Aporte de los componentes del sector TIC a la formación bruta de capital fijo (1990-2018).





Nota. Fuente: elaboración propia con base en <http://laklems.net/>

Contribución de las TIC al crecimiento económico

Los principales resultados del análisis comparativo de los factores de contribución al crecimiento se describen a continuación.

El Salvador registró la tasa promedio más baja de crecimiento del valor agregado (2.21 %) entre los países de la muestra en el período 1990-2018 (Tabla 2). Perú, República Dominicana y Chile fueron los países que registraron las tasas más altas de crecimiento del valor agregado en dicho período. En promedio, la tasa de crecimiento económico registrada por los países de la muestra fue 3.6 %.

Tabla 2

Contribución al crecimiento del valor agregado, período 1990-2018. Promedio anual de crecimiento en puntos porcentuales.

Variable*	Costa Rica	El Salvador	Honduras	República Dominicana	México	Colombia	Perú	Chile
Valor agregado (1+2+3)	3.97	2.21	3.88	4.24	2.59	3.27	4.47	4.13
Contribuciones de:	2.22	1.21	1.88	1.82	0.88	1.46	1.82	2.20
1. Servicios laborales								
Horas trabajadas	1.67	0.96	1.56	1.64	0.67	0.82	1.12	1.35
Composición del trabajo	0.55	0.25	0.32	0.18	0.22	0.64	0.69	0.85
2. Servicios del capital	1.53	0.59	1.06	2.92	1.61	1.40	1.46	2.15
Capital TIC	0.08	0.03	0.10	0.26	0.10	0.09	0.05	0.33
Capital no TIC	1.45	0.56	0.96	2.66	1.51	1.30	1.41	1.82
3. TFP	0.22	0.40	0.94	-0.50	0.09	0.41	1.20	-0.21

* Período cubierto para Costa Rica, Honduras y República Dominicana es 1990-2016; Chile, 1990-2017; El Salvador, México, Colombia y Perú, 1990-2018.

Nota. Fuente: estimaciones propias con base en <http://laklems.net/>

En general, el aporte de los servicios de capital TIC al crecimiento económico de los países fue muy modesto. Ese aporte fue de 0.13 puntos porcentuales, equivalente a 3.7 % de la tasa de crecimiento. En el caso de El Salvador, el capital TIC aportó 0.03 puntos porcentuales a la tasa de crecimiento¹, esto es, 1.5 % del crecimiento registrado.

La principal contribución al crecimiento económico provino de los servicios laborales, con un aporte de 1.69 puntos porcentuales, equivalente al 47 % del crecimiento registrado. En El Salvador, los

¹ Hay que distinguir entre el aporte de un factor al crecimiento en puntos porcentuales y la contribución de dicho factor como porcentaje del crecimiento total. Un aporte de 0.13 puntos porcentuales a una tasa de crecimiento de 3.6 puntos porcentuales equivale al 3.7 % del crecimiento, esto es, $(0.13/3.6) \times 100 = 3.7\%$.

servicios laborales aportaron 1.21 puntos porcentuales a la tasa de crecimiento, equivalente al 55 % del crecimiento registrado.

Los servicios de capital no TIC aportaron en promedio 1.46 puntos porcentuales (40.5 %) a la tasa de crecimiento de los países de la muestra. En El Salvador, el capital no TIC contribuyó con 0.56 puntos porcentuales al crecimiento del valor agregado, esto es, el 25 % del crecimiento económico se basó en la acumulación de capital tradicional no TIC.

La productividad multifactorial (TFP) aportó en promedio 8.9 % del crecimiento de los países de la muestra (0.32 puntos porcentuales de la tasa de crecimiento del valor agregado). En El Salvador, el aporte de la TFP fue de 0.4 puntos porcentuales, equivalente al 18.3 % del crecimiento.

La desagregación del análisis por subperíodos permite matizar algunas de las características más relevantes identificadas para el período completo 1990-2018.

La tasa promedio de crecimiento del valor agregado para la muestra de países disminuyó de 3.9 % en la década 1990-1999 a 3.3 % en la década 2000-2009, para luego subir a 3.7 % en el período 2010-2018. En El Salvador, la tasa de crecimiento se redujo de 3 % en 1990-1999 a 1.3 % en 2000-2009, para luego recuperarse a 2.4 % en 2010-2018.

El Salvador registró las tasas más bajas de crecimiento del valor agregado en la década de 2000-2009 (Tabla 4) y en 2010-2018 (Tabla 5), y la segunda más baja en la década de 1990-1999 (Tabla 3).

El mayor aporte al crecimiento de los países provino de los servicios laborales en las décadas de 1990-1999 (2.1 puntos porcentuales, equivalente a 54 %) y 2000-2009 (1.52 puntos porcentuales o 47 %). Esa contribución disminuyó a 1.34 puntos porcentuales en 2000-2018, equivalente al 36 % del crecimiento. En todos los subperíodos, las horas trabajadas fueron el principal componente de los servicios laborales que contribuyó al crecimiento.

En El Salvador, la contribución de los servicios laborales al crecimiento promedió 2.14 puntos porcentuales en 1990-1999 (70 % del crecimiento del valor agregado), 0.06 puntos porcentuales en 2000-2009 (4.9 % del crecimiento) y 1.56 puntos porcentuales (65.3 %) en 2010-2018. El principal componente dentro de los servicios laborales fueron las horas trabajadas, que contribuyeron con el 62 % del crecimiento del valor agregado en 1990-1999 y 52 % en 2010-2018. En 2000-2009, el aporte de las horas trabajadas fue negativo: -0.12 puntos porcentuales (equivalente a -9.2 %).

La contribución promedio de la composición del trabajo fue de 0.56 puntos porcentuales en la década de 2000 y 0.25 puntos porcentuales en la década siguiente para la muestra de países. Aunque este valor es pequeño, su signo positivo indica una transformación de la fuerza laboral hacia

actividades que requieren mayores capacidades. Una mayor contribución de este factor reflejaría que los nuevos entrantes en el mercado de trabajo lo hicieron con más escolaridad promedio que la fuerza laboral existente (mayor calidad de los recursos humanos). En el caso de El Salvador, esa contribución fue de 0.27, 0.18 y 0.31 puntos porcentuales en las décadas de 1990-1999, 2000-2009 y 2010-2018, respectivamente.

Tabla 3

Contribución al crecimiento del valor agregado, período 1990-1999. Promedio anual de crecimiento en puntos porcentuales.

Variable*	Costa Rica	El Salvador	Honduras	República Dominicana	México	Colombia	Perú	Chile
Valor agregado (1+2+3)	4.42	3.04	3.05	4.49	3.57	2.68	3.95	5.82
Contribuciones de:								
1. Servicios laborales								
Horas trabajadas	3.72	2.14	2.19	2.19	1.27	1.11	1.28	2.92
Composición del trabajo	2.82	1.88	1.68	2.33	0.93	0.28	1.07	1.75
2. Servicios del capital								
Capital TIC	1.56	0.80	1.29	3.06	1.56	1.29	1.03	2.13
Capital no TIC	0.10	0.07	0.03	0.28	0.07	0.20	0.03	0.32
3. TFP								
	1.46	0.73	1.26	2.78	1.49	1.09	1.00	1.80

Nota. Fuente: estimaciones propias con base en <http://laklems.net/>

Como se indicó previamente, la contribución de los servicios de capital TIC al crecimiento del valor agregado fue en general muy modesta. En la década de 2000-2009, Chile y República Dominicana registraron las contribuciones mayores del capital TIC al crecimiento de sus economías. Esas contribuciones fueron 0.46 y 0.39 puntos porcentuales, respectivamente (Tabla 4). En el período 2010-2018, las contribuciones más altas de capital TIC al crecimiento económico fueron las registradas por Honduras (0.23), Chile (0.19) y Colombia (0.16). Empero, incluso en esos casos dicho aporte fue bajo comparado con la contribución de los servicios laborales y capital no TIC.

La contribución del capital TIC al crecimiento económico en El Salvador se mantuvo por debajo del promedio regional desde mediados de los 1990. Desde 2007 hasta 2018, esa contribución fue negativa, con excepción de los años 2012 y 2018. El Salvador fue el único país en la muestra en el que el aporte del capital TIC al crecimiento fue en promedio negativo (-0.03 puntos porcentuales) en el período 2010-2018.

En promedio, el capital no TIC aportó el 37 % del crecimiento del valor agregado de los países de la muestra en 1990-1999, el 45 % en 2000-2009 y 38 % en 2010-2018. En El Salvador, esa contribución promedió 25.2 %, 24 % y 43.5 % en los tres subperíodos, respectivamente.

La contribución promedio de la productividad multifactorial (TFP) al crecimiento del valor agregado en la muestra de países fue de 4.8 % en 1990-1999 y 3.7 % en 2000-2009, para luego saltar a 22.4 % en 2010-2018. Destaca la productividad negativa en Chile, México y República Dominicana en 2000-2009 y en Chile en 2010-2018.

En El Salvador, la productividad contribuyó con el 3.4 % del crecimiento en 1990-1999 y 20.3 % en 2010-2018. En 2000-2009, ese aporte fue de 47 % pero sobre un crecimiento muy modesto del valor agregado (la TFP aportó 0.6 puntos porcentuales de una tasa de crecimiento de 1.28 %).

Tabla 4

Contribución al crecimiento del valor agregado, período 2000-2009. Promedio anual de crecimiento en puntos porcentuales.

Variable*	Costa Rica	El Salvador	Honduras	República Dominicana	México	Colombia	Perú	Chile
Valor agregado (1+2+3)	3.70	1.28	4.80	3.31	1.44	3.45	4.86	3.24
Contribuciones de:								
1. Servicios laborales								
Horas trabajadas	2.37	0.06	2.54	1.15	0.67	0.97	2.75	1.68
Composición del trabajo	1.72	-0.12	1.35	0.88	0.41	0.93	1.44	1.05
2. Servicios del capital								
Capital TIC	1.49	0.62	1.14	3.23	1.75	1.25	1.13	2.33
Capital no TIC	0.05	0.06	0.07	0.39	0.15	-0.06	0.06	0.46
3. TFP	1.44	0.56	1.06	2.84	1.61	1.31	1.07	1.87

Nota. Fuente: estimaciones propias con base en <http://laklems.net/>

Tabla 5

Contribución al crecimiento del valor agregado, período 2010-2018. Promedio anual de crecimiento en puntos porcentuales.

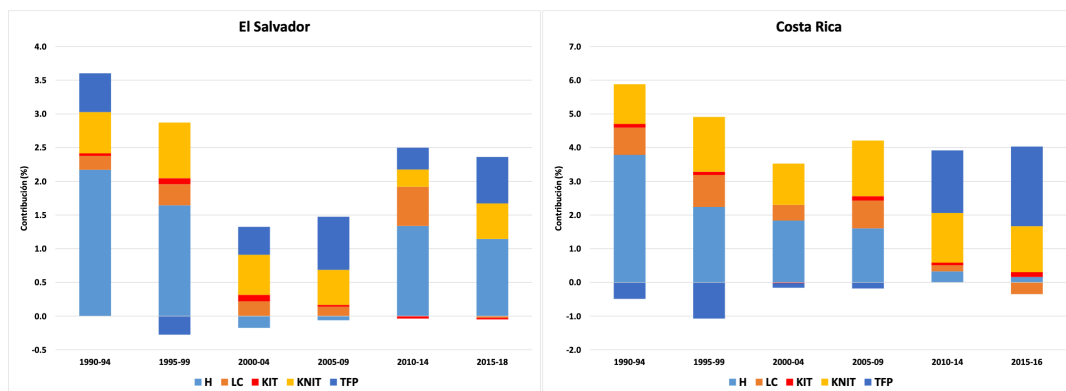
Variable*	Costa Rica	El Salvador	Honduras	República Dominicana	México	Colombia	Perú	Chile
Valor agregado (1+2+3)	3.85	2.40	3.63	5.23	2.88	3.56	4.56	3.35
Contribuciones de:								
1. Servicios laborales								
Horas trabajadas	0.31	1.56	0.54	2.29	0.73	1.93	1.32	2.03
Composición del trabajo	0.28	1.25	1.70	1.84	0.69	0.86	0.82	1.27
2. Servicios del capital								
Capital TIC	1.54	0.35	0.66	2.28	1.51	1.59	2.26	1.96
Capital no TIC	0.10	-0.03	0.23	0.04	0.08	0.16	0.07	0.19
3. TFP								
	1.44	0.38	0.43	2.24	1.44	1.43	2.19	1.77

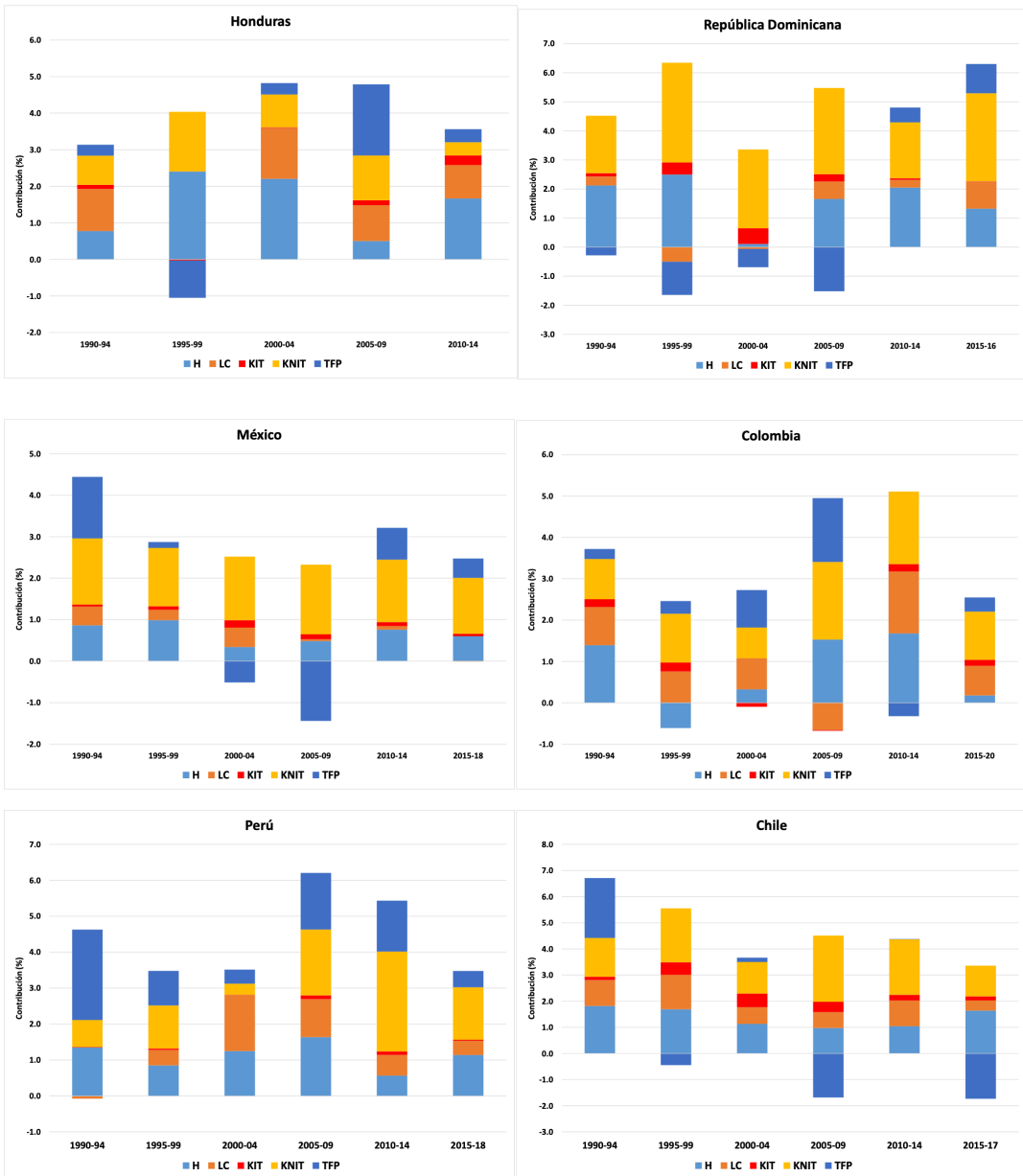
* El período cubierto para Costa Rica, Honduras y República Dominicana es 2010-2016; Chile, 2010-2017; El Salvador, México, Colombia y Perú, 2010-2018.

Nota. Fuente: estimaciones propias con base en <http://laklems.net/>

Figura 3

Descomposición de las fuentes del crecimiento del valor agregado por promedios quinquenales para 1990-2018.





Nota. Fuente: estimaciones propias con base en <http://laklems.net/>

El panorama general que surge del ejercicio de descomposición del crecimiento utilizando la base de datos del proyecto KLEMS, sugiere que los países latinoamericanos considerados en la muestra no han logrado un cambio estructural con convergencia de productividad como consecuencia del proceso de desarrollo y difusión de las TIC en sus economías. Esto a pesar de que los datos también

indican que se ha dado una cierta evolución de la estructura productiva hacia sectores más intensivos en conocimiento y digitalización, como lo son algunos sectores de servicios, por ejemplo, la industria financiera, las grandes cadenas comerciales y las telecomunicaciones.

Este resultado es consistente con la heterogeneidad del proceso de difusión de las TIC en diversas partes del mundo, y con la existencia de barreras al aprovechamiento de las TIC como fuente de aumento de productividad y crecimiento en varias economías en desarrollo. De hecho, las diferencias de productividad entre países se explican no solo por el desarrollo y la difusión de las nuevas tecnologías, sino también por factores complementarios a nivel de la firma, la industria y el entorno institucional que, al interactuar con el desarrollo de las TIC, generan externalidades positivas, tales como derrames tecnológicos hacia otros sectores y aumentos de productividad en el conjunto de la economía (CEPAL, 2013).

Entre esos factores complementarios destacan, a nivel de la firma, el cambio organizacional reflejado en mejores prácticas de gestión y estructuras de gestión más eficientes y, a nivel institucional, la formación de recursos humanos, la modernización de la infraestructura productiva, particularmente la relacionada con activos TIC, y la inversión en investigación y desarrollo tecnológicos. La necesidad de identificar y potenciar esas complementariedades ante la presencia de fallas de mercado y de coordinación, constituye una oportunidad invaluable para el diseño e implementación de políticas públicas encaminadas a impulsar los procesos de generación de conocimiento, que permitan ir cerrando la brecha digital y agilizar la transición de las economías en desarrollo hacia la sociedad de la información.

Discusión: implicaciones de política económica

Por su carácter de tecnologías de propósito general, las TIC generan importantes derrames tecnológicos que se difunden en diversas áreas y son fuente de externalidades positivas para el conjunto de la economía. A partir del aumento de la productividad total de los factores y su contribución a la innovación, la digitalización ejerce un efecto positivo sobre el crecimiento económico y la productividad de las empresas en términos de crecimiento de la producción, nuevas estrategias de mercado, reconfiguración de las cadenas de valor y mayor eficiencia en las operaciones. El ecosistema digital puede contribuir también a la generación de empleos como resultado del impulso a nuevos emprendimientos y la atracción de inversión hacia nuevas industrias.

Con el propósito de aprovechar esos beneficios, muchos países de América Latina han promovido activamente la formulación e implementación de estrategias digitales cada vez más integrales.

Las primeras iniciativas de política pública para la promoción y adopción de las TIC surgieron a fines de los años 1990 y principios de la década de 2000. La generación de agendas digitales fue estimulada

por iniciativas internacionales, como las dos Cumbres Mundiales para la Sociedad de la Información (CMSI) de 2003 y 2005, la inclusión de las TIC en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)² y la formulación de sucesivos planes regionales de acción sobre la sociedad de la información en América Latina y el Caribe, sobre todo a partir de 2005, año de inicio del proceso eLAC (eLAC 2007, eLAC 2010 y eLAC2015)³.

Las agendas digitales recientes han incorporado nuevas áreas de intervención, aumentando su complejidad e integralidad. En varios países, el énfasis de las políticas se ha concentrado en el desarrollo de la infraestructura y el acceso a redes. Las estrategias de e-educación y e-gobierno han sido la modalidad más desarrollada de estrategias sectoriales. Entre las políticas públicas más recientes para promover la adopción de las TIC destacan las orientadas a mejorar la conectividad en banda ancha en las instituciones públicas, y las iniciativas de conexión entre la ciudadanía, instituciones de educación y salud, y gobiernos locales. Recientemente, han adquirido creciente importancia otros campos de aplicación, como e-salud, justicia y medio ambiente.

Para cerrar la brecha digital, El Salvador debe realizar una apuesta decidida por la inversión en infraestructura de TIC y, particularmente, apostar por la universalización de la banda ancha móvil. Sobre ello, la reducción de la brecha de asequibilidad (costo relativo del acceso a servicios TIC como porcentaje del ingreso per cápita) debe plantearse como un objetivo prioritario de política pública, que requiere de políticas regulatorias para aumentar la competencia e incentivar la inversión en la prestación de servicios de banda ancha para reducir sus costos y mejorar la calidad de la conectividad.

Paralelamente, El Salvador debe también trabajar para cerrar la brecha de capital humano en términos de las habilidades y competencias requeridas para aprovechar el potencial de las TIC. Esta segunda brecha tiene dos dimensiones: i) La producción limitada de graduados en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (disciplinas denominadas STEM por sus siglas en inglés: *Science, Technology, Engineering and Mathematics*); y ii) La falta de masa crítica en capacidades necesarias para trabajar en la innovación digital (Katz, 2015).

En sus dos dimensiones, la brecha refleja la desconexión existente entre las competencias y habilidades requeridas por el aparato productivo y las desarrolladas por el sistema educativo. Una de las manifestaciones más visibles de esta desconexión es el déficit de ingenieros que se reporta en América Latina comparado con países como EUA, Alemania y Rusia. Según Katz (2015), América Latina debería incrementar el número de graduados en ingeniería en un 48 % para atender las necesidades del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones.

2 Particularmente el ODS 9, sobre «Industria, innovación e infraestructura».

3 La Agenda Digital para América Latina y el Caribe (eLAC) es una estrategia con miras a 2024, que tiene como misión promover el desarrollo del ecosistema digital en América Latina y el Caribe. En 2005, se adoptó el Compromiso de Río que instituye el Plan de Acción de la Sociedad de la Información en América Latina y el Caribe, conocido como eLAC2007. En 2008, en El Salvador, se aprobó el segundo Plan de Acción, eLAC2010; el tercer Plan de Acción, eLAC2015, fue aprobado en Lima en 2010.

Adicionalmente a las necesidades de más ingenieros, la región enfrenta también una brecha de capacidades en términos del perfil de los profesionales que trabajan en el ámbito de las TIC: un déficit de técnicos y profesionales con el perfil curricular requerido para trabajar en la innovación digital.

De acuerdo con el reporte del Banco Mundial, «At a Crossroads: Higher Education in Latin America and the Caribbean», el 44.7 % de las personas que se integran a la Educación Superior en la región, lo hacen en estudios relacionados con las Ciencias Sociales, las leyes y los negocios, mientras que solamente el 5.5 % se enfoque en la ciencia, y un 21.3 % en ingeniería, manufactura y construcción (Ferreyra *et al.*, 2017).

El creciente giro que se está dando a nivel global hacia la automatización y robotización de los procesos productivos tiene importantes implicaciones para los mercados laborales. En su informe sobre «El futuro del trabajo 2020», el Foro Económico Mundial anticipaba que, en los próximos años, el 45 % de las posiciones de trabajo que hay actualmente serán automatizadas parcial o totalmente. Para 2025, según dicho informe:

... la automatización y la nueva división del trabajo entre humanos y máquinas afectará a 85 millones de puestos de trabajo en todo el mundo, creándose 97 millones de nuevas funciones, a través de la creciente demanda de trabajadores para puestos de trabajo en la economía verde y digital (relacionados con la economía de datos, inteligencia artificial, computación en la nube...)... (World Economic Forum, 2020, p. 5).

Aunque el cambio de paradigma laboral está ya en curso, se acentuará más en los integrantes de la generación Z, conformada por jóvenes que nacieron entre 1995 y 2005; alrededor de 65 % de ellos se integrarán a puestos de trabajo que aún no existen.

Según el Foro Económico Mundial, las profesiones en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) dominan la lista de los 10 empleos que tendrán mayor demanda laboral en los próximos cinco años. De acuerdo con una encuesta de escasez de talento conducida por Manpower Group en México, el 40 % de los empleadores tenían problemas para cubrir posiciones, y las posiciones más difíciles para cubrir tenían que ver con las disciplinas STEM: ingenieros mecánicos, eléctricos y de ingeniería civil, personal de tecnología de la información, líderes y gerentes de TI, y técnicos de producción y mantenimiento (Navarro, 2017).

En El Salvador, como en la mayoría de países latinoamericanos, los contenidos curriculares de las universidades continúan estando muy sesgados hacia las Ciencias Sociales y las Humanidades, produciendo pocos graduados en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Esto plantea a las universidades el desafío inexorable de graduar profesionales con perfiles más especializados, con mayores conocimientos para enfrentar los constantes cambios científicos y tecnológicos del nuevo entorno global, y proveer el acervo de capital humano requerido para aprovechar plenamente las

oportunidades de la economía digital. Siendo El Salvador una economía predominantemente tradicional y con escasos recursos naturales, la transición hacia una economía digital se constituye en una apuesta estratégica imperativa para insertarse competitivamente en la economía global, y generar mayores niveles de bienestar para su población en el marco de un desarrollo inclusivo y sostenible.

Referencias

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2010). *Las TIC para el crecimiento y la igualdad: renovando las estrategias de la sociedad de la información* (LC/G.2464). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/2971-tic-crecimiento-la-igualdad-renovando-estrategias-la-sociedad-la-informacion>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2013). *Economía digital para el cambio estructural y la igualdad*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/35408-economia-digital-cambio-estructural-la-igualdad>
- Comisión Europea. (2021). *Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Research and Innovation Paper Series. Policy Brief. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en
- Ferreira, M., Avitabile, C., Botero Álvarez, J., Haimovich Paz, F. y Urzúa, S. (2017). *At a crossroads: Higher Education in Latin America and the Caribbean*. Directions in Development—Human Development, World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/26489>
- International Monetary Fund [IMF]. (2018). *Measuring the Digital Economy*. IMF Staff Report. Washington, D.C. <https://www.imf.org/en/Publications/Policy-Papers/Issues/2018/04/03/022818-measuring-the-digital-economy>
- Jorgenson, D. W. y Griliches, Z. (1967). The explanation of productivity change. *The Review of Economic Studies*. Vol. 34, No. 3 (Jul., 1967), pp. 249-283. <https://doi.org/10.2307/2296675>
- Jorgenson, D. Ho, M.S. y Stiroh, K. J. (2005). *Productivity – Information Technology and the American Growth Resurgence*. Cambridge: MIT Press.
- Katz, R. (2015). *El ecosistema y la economía digital en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Fundación Telefónica. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/38916-ecosistema-la-economia-digital-america-latina>

- LA-KLEMS. (2021a). *LAKLEMS: crecimiento económico y productividad en América Latina*. Julio de 2021. Base de datos disponible en: <http://www.laklems.net/>
- LA-KLEMS. (2021b). América Latina y el Caribe KLEMS (LAKLEMS). *Resumen de la metodología y la base de datos*. Versión 30 de septiembre de 2021. Proyecto LAKLEMS. <http://laklems.net/docs/Documento Metodologia y base de datos - LAKLEMS.pdf>
- López Ramírez, A. y Chapagain, R. (2020). *La riqueza digital: oportunidades y desafíos de la economía digital para la gestión pública*. Innova ICAP Newsletter N° 3. <https://icap.ac.cr/wp-content/uploads/2020/12/Newsletter-3-Lopez-A-y-Chapagain-R.-2020.pdf>
- Lovelock, P. (2018). *Framing policies for the digital economy. Towards policy frameworks in the Asia-Pacific*. National University of Singapore and The Global Centre for Public Service Excellence. <https://www.undp.org/publications/framing-policies-digital-economy>
- Navarro, M. (2017, 18 de julio). Los jóvenes no están eligiendo las profesiones del futuro. *Forbes México*. <https://www.forbes.com.mx/los-jovenes-no-estan-eligiendo-las-profesiones-del-futuro/>
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1 (Feb., 1956), pp. 65-94.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Barcelona: Editorial Debate.
- World Bank Group. (s.f.). *Digital economy concept, trends and visions: towards a future-proof strategy*. Discussion paper for international seminar #1.
- World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/>

Anexo: metodología de LA-KLEMS para la descomposición del crecimiento del valor agregado

Este anexo retoma la metodología utilizada por el proyecto LA-KLEMS (2021b) para calcular el crecimiento de la Productividad Total de los Factores (TFP, por sus siglas en inglés) y las contribuciones al crecimiento de los factores de producción por tipo de insumo a nivel de sectores de actividad.

Las mediciones de los insumos engloban cinco categorías: capital (K), trabajo (L), energía (E), materiales (M) y los insumos de servicios (S). El modelo parte de una función de producción estándar en la que el producto se obtiene de la combinación de tecnología, capital y trabajo. Es decir, el crecimiento del producto se puede descomponer como la suma de los cambios en la tecnología y los factores productivos, cada uno ponderado por su producto marginal. Suponiendo la existencia de mercados de factores completos y eficientes, y rendimientos constantes a escala, el pago de los factores productivos es igual a su productividad marginal.

Se asume que la productividad multifactorial (TFP) es un indicador de la eficiencia con la que la economía combina trabajo y capital para generar valor agregado.

El punto de partida del marco de la contabilidad del crecimiento es una función de producción f del valor agregado dada por:

$$V_j = f_j(K_j, L_j, A_j)$$

Donde V_j es la medición del valor agregado (real), y los insumos son los servicios laborales L_j y de capital K_j . A_j señala el nivel de productividad o productividad total de los factores (no observada). El subíndice j indica la industria.

Suponiendo una forma funcional translog de la función de producción, el crecimiento de la productividad total de los factores del valor agregado de una industria puede derivarse como:

$$\Delta \ln A_j = \Delta \ln V_j - \bar{v}_{K,j} \Delta \ln K_j - \bar{v}_{L,j} \Delta \ln L_j$$

Donde $\Delta \ln x_t = \ln x_t - \ln x_{t-1}$ indica la tasa de crecimiento logarítmica de cada una de las variables. La proporción nominal de la producción (costos) en el valor agregado del trabajo y del capital se indica con $v_{L,j}$ y con $v_{K,j}$ respectivamente. Las proporciones corresponden a las variables LAB y CAP, según se deriva más abajo.

Las variables $\bar{v}_{f,j} = 0.5(v_{f,j,t} + v_{f,j,t-1})$ indican las proporciones medias del período (índice Divisia). Por definición, se obtiene que $\sum_f v_{f,j} = 1$ debido a la suposición de rendimientos constantes a escala; esto también implica que $\sum_f \bar{v}_{f,j} = 1$.

Al disponer de mediciones para el valor agregado y los insumos (primarios), así como para las respectivas proporciones nominales de la remuneración del trabajo y el capital, las tasas de crecimiento de la TFP (basadas en el valor agregado) se pueden calcular como un residuo, esto es, como la diferencia entre el crecimiento del valor agregado y las tasas de crecimiento de los factores primarios (trabajo y capital), ponderados por su participación nominal media en el valor agregado.

Las tasas de crecimiento de los insumos primarios se miden construyendo servicios de capital y laborales, en lugar de utilizar mediciones de personas empleadas u horas trabajadas o un *stock* de capital total.

Proporción de ingresos laborales y de capital

Para estimar la proporción de ingresos laborales y de capital en el valor agregado en términos nominales en cada industria, se procede como sigue: como en los datos de las cuentas nacionales solo se registra la remuneración de los trabajadores asalariados por industria, REM_j , esta medición debe ajustarse para tener en cuenta el ingreso laboral de los trabajadores por cuenta propia (incluyendo a todos los trabajadores no incluidos formalmente como asalariados). El ingreso laboral (LAB) se calcula como:

$$LAB_j = \frac{H_EMP_j}{H_EMPE_j} REM_j$$

Donde H_EMP_j indica las horas trabajadas de todos los trabajadores empleados y H_EMPE_j son las horas trabajadas de los trabajadores asalariados. Este cálculo supone que el ingreso por hora de los trabajadores por cuenta propia es igual al de los trabajadores asalariados.

El ingreso de capital se calcula como la diferencia entre el valor agregado y el ingreso laboral:

$$CAP_j = V_j - LAB_j$$

Utilizando estas aproximaciones a los ingresos laborales y de capital, las proporciones correspondientes a los ingresos laborales y de capital se calculan como:

$$v_{K,j} = \frac{CAP_j}{V_j} \quad y \quad v_{L,j} = \frac{LAB_j}{V_j}$$

Los índices salariales de los trabajadores por cuenta propia se ajustan por un factor $0 < \lambda_j \leq 1$, evitando así que la proporción del ingreso laboral sea mayor a uno, esto es:

$$LAB_j = REM_j + \lambda_j \frac{(H_EMP_j - H_EMPE_j)}{H_EMPE_j} REM_j$$

Donde (H_EMPj-H_EMPEj) es el número de horas trabajadas de los trabajadores por cuenta propia y λ_j es una relación entre la remuneración por hora de estos trabajadores por cuenta propia y la de los trabajadores asalariados.

Servicios laborales

El siguiente paso es calcular el crecimiento de los servicios laborales y de capital. Para calcular el crecimiento de los servicios laborales hay que disponer de datos de horas trabajadas (alternativamente, número de personas empleadas) según diversas características (edad, sexo, educación). Teniendo estos datos, el insumo de trabajo del tipo l (edad, sexo, educación) en la industria j medido en horas trabajadas es indicado por $H_{l,j}$. Además, hay que disponer de datos sobre los salarios por hora de estos grupos, indicados por $p_{L,l,j}$.

La medición de la tasa de crecimiento logarítmico de los servicios laborales en la industria j , $\Delta \ln L_j$, se calcula como un índice de volumen Törnqvist del crecimiento de las horas trabajadas del tipo l ponderado por su proporción nominal en el costo de producción (promedio del período). Esto se especifica como:

$$\Delta \ln L_j = \sum_l \bar{v}_{L,l,j} \Delta \ln H_{l,j}$$

Donde $\bar{v}_{L,l,j} = (v_{L,l,j,t} - v_{L,l,j,t-1})/2$ indica el índice Divisia de las proporciones del valor nominal del tipo de trabajo l . Para el tipo de trabajo l en la industria j estas se definen como:

$$v_{L,l,j} = \frac{p_{L,l,j} H_{l,j}}{\sum_l p_{L,l,j} H_{l,j}} * \frac{p_{L,l,j} H_{l,j}}{\sum_k p_{L,l,j} H_{l,j}}$$

Por definición, se obtiene que $\sum_l v_{L,l,j} = 1$ (y por lo tanto $\sum_l \bar{v}_{L,l,j} = 1$). La evolución del índice de volumen Törnqvist de los servicios laborales puede desglosarse en (i) un efecto composición del trabajo, y (ii) un efecto de cambio en las horas trabajadas, como sigue:

$$\begin{aligned} \Delta \ln L_j &= \sum_l \bar{v}_{L,l,j} \Delta \ln H_{l,j} - \Delta \ln H_j + \Delta \ln H_j \\ &= \left(\sum_l \bar{v}_{L,l,j} \Delta \ln H_{l,j} - \sum_l \bar{v}_{L,l,j} \Delta \ln H_j \right) + \Delta \ln H_j \\ &= \sum_l \bar{v}_{L,l,j} \Delta \ln \frac{H_{l,j}}{H_j} + \Delta \ln H_j \end{aligned}$$

Esto da lugar a la ecuación:

$$\Delta \ln L_j = \Delta \ln LC_j + \Delta \ln H_j$$

El primer término muestra la contribución del efecto composición del trabajo al crecimiento de los servicios laborales; el segundo término muestra la contribución de los cambios en las horas trabajadas. Si el total de horas trabajadas no cambiara, es decir $\Delta \ln H_j = 0$, solo un aumento de las horas trabajadas de los trabajadores que obtienen una proporción relativamente mayor del ingreso laboral en esta industria produciría un aumento de los servicios laborales. En segundo lugar, si no hay cambios en la composición de insumos laborales medidos en horas trabajadas, es decir, $\Delta \ln(H_{i,j}/H_j) = 0$ para todos los tipos de trabajo, el crecimiento de los servicios laborales correspondería a la tasa de crecimiento global de las horas trabajadas en la industria j .

En tercer lugar, la variación de los servicios laborales se ve afectada por los precios (relativos) de los factores (es decir, los salarios por hora trabajada) en cada momento del tiempo. Esto refleja el supuesto de que las tasas salariales son iguales a su producto marginal (dados los precios).

Servicios de capital

Para el cálculo de los servicios de capital, se necesitan datos (por industria y tipo de activo) de los deflatores de precios de la formación bruta de capital fijo (FBCF) y datos sobre los *stocks* de capital en volúmenes (encadenados) por industria y tipo de activo.

Como no se dispone de datos sobre los *stocks* de capital, estos se estiman utilizando la serie temporal de la formación bruta de capital fijo en volúmenes aplicando el método del inventario permanente. Para ello se calcula primero un *stock* de capital inicial en el momento 1 para cada tipo de activo k en cada industria j , es decir $K_{k,j,1}$. Esto se hace calculando la media de la FBCF (por industria y tipos de activos) durante los cinco primeros años, indicada por $\bar{J}_{k,j}$ y la tasa media de crecimiento logarítmico de la FBCF (por industria) a largo plazo, indicada por $\bar{g}_{j,k,j}$. El *stock* inicial se calcula como:

$$K_{k,j,1} = \frac{\bar{J}_{k,j}}{(\delta_{k,j} + \bar{g}_{j,k,j})}$$

Donde $\delta_{k,j}$ indica la tasa de depreciación anual del tipo de activo k en la industria j . La serie temporal de los *stocks* de capital se calcula entonces como:

$$K_{k,j,t+1} = K_{k,j,t}(1 - \delta_{k,j}) + J_{k,j,t}$$

El *stock* de capital de la economía total por tipo de activo se calcula como la suma de las industrias.

Derivación del costo de uso del capital

El cálculo de los costos de uso del capital requiere, en primer lugar, calcular la tasa de rendimiento nominal por industria, $i_{j,t}$, dada por:

$$i_{j,t} = \frac{p_{k,j,t}K_{j,t} + \sum_k (p_{l,k,j,t} - p_{l,k,j,t-1})K_{k,j,t} - \sum_k \delta_{k,j} p_{l,k,j,t} K_{k,j,t}}{\sum_k p_{l,k,j,t-1} K_{k,j,t}}$$

Donde $p_{k,j,t}K_{j,t} = CAP_{j,t}$ (es decir, el ingreso de capital) y $K_{k,j,t}$ es el stock de capital para los tipos de activos k en volúmenes reales. La tasa de rendimiento nominal puede llegar a ser negativa, en cuyo caso se fija en cero.

Para calcular el costo de uso del capital (precio de los servicios de capital o «precio de alquiler») para cada tipo de activo se aplica el «enfoque de costo de uso del capital». Este es el precio al que el inversionista le da lo mismo comprar o alquilar el bien de capital durante un año. La ecuación del costo de uso del capital es dada por:

$$p_{K,k,j,t} = p_{l,k,j,t-1}i_{j,t} + \delta_{k,j}p_{l,k,j,t} - (p_{l,k,j,t} - p_{l,k,j,t-1})$$

En donde $p_{l,k,j,t}$ es el precio de inversión del tipo de activo k en la industria j y δ_k es la tasa de depreciación (geométrica).

Crecimiento de los servicios de capital

De forma análoga a los servicios laborales, la entrada de servicios de capital se mide como un índice de volumen Törnqvist de varios tipos de activos dado por:

$$\Delta \ln K_j = \sum_k \bar{v}_{K,k,j} \Delta \ln K_{k,j}$$

Donde $K_{k,j}$ indica el stock de capital real (en volúmenes encadenados) del tipo de activo k en la industria j y $\bar{v}_{K,k,j}$ señala las proporciones nominales (Divisia) de la participación de este tipo de activos. Estas proporciones nominales se definen como:

$$v_{K,k,j} = \frac{p_{K,k,j}K_{k,j}}{\sum_k p_{K,k,j}K_{k,j}} = \frac{p_{K,k,j}K_{k,j}}{p_{K,j}K_j}$$

Donde $p_{K,k,j}$ es el costo de uso del activo de capital k en la industria j . Se cumple (por definición) que $\sum_k v_{K,k,j} = 1$. Las variables $\bar{v}_{K,k,j} = (v_{K,k,j,t} + v_{K,k,j,t-1})/2$ indican las proporciones de Divisia para las cuales también se verifica que $\sum_k \bar{v}_{K,k,j} = 1$.

La tasa de crecimiento de los servicios de capital, $\Delta \ln K_j$, también puede dividirse en dos grupos: crecimiento de servicios de capital vinculado a las TIC y del capital no vinculado a las TIC.

La tasa de crecimiento de los servicios de capital vinculado a las TIC viene dada por:

$$\Delta \ln K_{TIC,j} = \frac{\bar{v}_{TI,j} \Delta \ln K_{TI,j} + \bar{v}_{TC,j} \Delta \ln K_{TC,j} + \bar{v}_{BD,j} \Delta \ln K_{BD,j}}{\bar{v}_{TI,j} + \bar{v}_{TC,j} + \bar{v}_{BD,j}}$$

Es decir, las tasas de crecimiento de los tres tipos de activos vinculados a las TIC (tecnología de la información, tecnología de la comunicación y *software*, y bases de datos). Para su uso posterior se define:

$$\bar{v}_{TIC,j} = \bar{v}_{TI,j} + \bar{v}_{TC,j} + \bar{v}_{BD,j}$$

De forma análoga, el crecimiento de los servicios de capital no vinculado a las TIC es dado por:

$$\Delta \ln K_{NTIC,j} = \frac{(\bar{v}_{RES,j} \Delta \ln K_{RES,j} + \bar{v}_{CON,j} \Delta \ln K_{CON,j} + \bar{v}_{TRA,j} \Delta \ln K_{TRA,j} + \bar{v}_{MAQ,j} \Delta \ln K_{MAQ,j} + \bar{v}_{CUL,j} \Delta \ln K_{CUL,j} + \bar{v}_{RD,j} \Delta \ln K_{RD,j} + \bar{v}_{API,j} \Delta \ln K_{API,j})}{(\bar{v}_{RES,j} + \bar{v}_{CON,j} + \bar{v}_{TRA,j} + \bar{v}_{MAQ,j} + \bar{v}_{CUL,j} + \bar{v}_{RD,j} + \bar{v}_{API,j})}$$

De nuevo, para su uso posterior se define:

$$\bar{v}_{NTIC,j} = \bar{v}_{RES,j} + \bar{v}_{CON,j} + \bar{v}_{TRA,j} + \bar{v}_{MAQ,j} + \bar{v}_{CUL,j} + \bar{v}_{RD,j} + \bar{v}_{API,j}$$

Por definición: $\bar{v}_{TIC,j} + \bar{v}_{NTIC,j} = 1$

La tasa de crecimiento de los servicios de capital de todo el sector puede escribirse como:

$$\Delta \ln K_j = \bar{v}_{TIC,j} \Delta \ln K_{TIC,j} + \bar{v}_{NTIC,j} \Delta \ln K_{NTIC,j}$$

El crecimiento global de los servicios de capital se calcula de la misma manera utilizando estadísticas a nivel agregado.

Contribuciones al crecimiento del PIB o del valor agregado

Por definición, el crecimiento del valor agregado viene dado por:

$$\Delta \ln V_j = \Delta \ln A_j + \bar{v}_{K,j} \Delta \ln K_j + \bar{v}_{L,j} \Delta \ln L_j$$

Es decir, la tasa de crecimiento de la TFP más las tasas de crecimiento de los servicios laborales y de capital ponderadas por su proporción en el valor agregado. Si se insertan las expresiones de los servicios laborales y de capital derivadas anteriormente, se obtiene:

$$\Delta \ln V_j = \Delta \ln A_j + \bar{v}_{K,j}(\bar{v}_{TIC,j} \Delta \ln K_{TIC,j} + \bar{v}_{NTIC,j} \Delta \ln K_{NTIC,j}) + \bar{v}_{L,j}(\Delta \ln LC_j + \Delta \ln H_j)$$

Donde los insumos laborales se diferencian por la composición y el efecto de las horas trabajadas. En la práctica, esta ecuación se utiliza para calcular el crecimiento de la TFP, $\Delta \ln A_j$, como un residuo, esto es:

$$\Delta \ln A_j = \Delta \ln V_j - \bar{v}_{K,j}(\bar{v}_{TIC,j} \Delta \ln K_{TIC,j} + \bar{v}_{NTIC,j} \Delta \ln K_{NTIC,j}) - \bar{v}_{L,j}(\Delta \ln LC_j + \Delta \ln H_j)$$

La expresión también se puede utilizar para calcular las contribuciones al crecimiento de los servicios de capital vinculado a las TIC ($\bar{v}_{K,j} \bar{v}_{TIC,j} \Delta \ln K_{TIC,j}$), servicios de capital no vinculado a las TIC ($\bar{v}_{K,j} \bar{v}_{NTIC,j} \Delta \ln K_{NTIC,j}$), composición del trabajo ($\bar{v}_{L,j} \Delta \ln LC_j$), y contribución de horas trabajadas ($\bar{v}_{L,j} \Delta \ln H_j$).