



**El Colegio  
de la Frontera  
Norte**

Crecimiento económico y difusión tecnológica: el caso del  
internet de banda ancha

Tesis presentada por:

**Juan Manuel González Castillo**

para obtener el grado de

**MAESTRO EN ECONOMÍA APLICADA**

Tijuana, B.C., México.  
2020

# CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de Tesis: \_\_\_\_\_  
Dr. Eliseo Díaz González

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. Dr. Eduardo Mendoza Cota, lector interno.
2. Dr. Willy Walter Cortez Yactayo, lector externo.

## **Dedicatoria:**

A los que buscamos hasta al final, a los perdidos.

## **Agradecimientos**

Agradezco primeramente al CONACYT por el apoyo económico otorgado para poder cursar la maestría en Economía Aplicada en el Colegio de la Frontera Norte.

Agradezco al Colegio de la Frontera Norte por haberme seleccionado y abierto sus puertas durante dos años de intenso trabajo y dedicación.

Agradezco infinitamente a mi esposa, mis padres y hermanas por tanto amor.

## *RESUMEN:*

Estimamos el impacto económico causal del internet implementando un modelo econométrico de crecimiento instrumentado por una función de difusión logística parametrizada por infraestructura de banda ancha para una muestra de 36 países de la OCDE desde el 2000 al 2018. El análisis entre estimaciones de panel de efectos fijos robustos y un método generalizado de momentos con programación de aprendizaje automático permite inferir efectos de correlación positiva de hasta un 11.5% en el Producto Interno Bruto per cápita al iniciar la difusión del internet y además efectos de causalidad del 4% en el PIB per cápita de los países ante un aumento de 10 puntos porcentuales en la penetración del internet. Igualmente se implementó la estimación en un nivel desagregado para 32 estados de México para el periodo del 2013 al 2018. Los resultados son robustos en sus pruebas y diagnósticos para confirmar que un aumento en la penetración del internet tiene efectos positivos en el crecimiento económico de las regiones grandes y chicas.

**Palabras clave:** crecimiento endógeno, internet, difusión tecnológica.

**JEL:** O33, O41, O47, O54, L96

## *ABSTRACT:*

We estimate the economic Granger-causal impact of the internet implementing an econometric growth model instrumented by a parametric logistic diffusion function of the broadband infrastructure for a sample of 36 OECD countries for a period since 2000 to 2018. The analysis among robust fixed effects panel estimates and a generalized method of moments with machine learning programming allows to infer positive correlation effects observe positive correlation effects of up to 11.5% in countries' Gross Domestic Product per capita when internet diffusion starts; and a granger-causality effect of 4% in countries' GDP per capita the case of an increase of 10 percentage points in internet penetration. We also implemented an estimate for 32 states of Mexico for the period from 2013 to 2018 in a more disintegrated level. The results are robust in their tests and diagnostics to confirm that an increase in Internet penetration has positive effects on economic growth in greater or smaller regions.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I HECHOS ESTILIZADOS: EL CASO DEL INTERNET.....	6
1.1. Acercamientos a la medición de la economía digital a través del internet .....	9
1.2. Regionalización del contexto del crecimiento y la tecnología.....	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	21
2.1. Crecimiento económico neoclásico.....	24
2.2. Optimización simultánea y vacío del mercado para un estado estacionario.....	25
2.3. Ecuación fundamental del modelo Solow-Swan.....	29
2.4. Endogenizar inversión y capital humano.....	31
2.5. Importancia del progreso tecnológico que aumenta el trabajo.....	32
2.6. Solow-Swan extendido.....	34
2.7. El problema del progreso técnico neoclásico.....	35
2.1. Difusión del cambio tecnológico dirigido y sesgado.....	38
CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO .....	43
3.1. Modelos para estimar .....	45
3.2. Modelo de variables instrumentales.....	46
3.1. Las variables.....	49
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	52
4.1. Análisis exploratorio .....	52
4.2. Estimaciones para la muestra de 36 economías integrantes de la OCDE .....	54
Modelo A Estimación de Panel -Mankiw, Romer y Weil (1992).....	54
Modelo B Estimación de Panel- Gruber y Verboven (2001) .....	56
Modelo C Una Variable Instrumental para la difusión de la tecnología.....	60
Modelo D Mínimos cuadrados de dos etapas para (4).....	60

Modelo E	Mínimos cuadrados de dos etapas para modelo (6)	62
4.3.	Análisis sobre las 32 economías estatales de México	65
Modelo A	Estimación de Panel -Mankiw, Romer y Weil (1992)	65
4.4.	Apuntes a los demás modelos esperados	67
CONCLUSIONES		69
ANEXOS		71
4.5.	Anexo 1: La función de producción Neoclásica según Robert Barro y Xala-i-Martin	71
4.6.	BIBLIOGRAFÍA	73

## ÍNDICE DE GRÁFICAS Y TABLAS:

TABLA IV-A DESCRIPTIVOS DEL INTERNET PARA LOS 36 PAÍSES. ....	53
TABLA IV-B DESCRIPTIVOS DEL INTERNET PARA LOS 32 ESTADOS DE MÉXICO.....	54
TABLA IV-C ESTIMACIÓN MODELO A (4) PARA 36 PAÍSES DE LA OCDE. ....	56
TABLA IV-D ESTIMACIÓN MODELO B (6) PARA 36 PAÍSES DE LA OCDE. ....	58
TABLA IV-E ESTIMACIÓN CURVA DE DIFUSIÓN LOGÍSTICA .....	60
TABLA IV-F ESTIMACIÓN MODELO D (4) EN LA SEGUNDA ETAPA DE VARIABLE INSTRUMENTAL.....	62
TABLA IV-G ESTIMACIÓN MODELO E (6) EN LA SEGUNDA ETAPA DE VARIABLE INSTRUMENTAL.....	63
TABLA IV-H ESTIMACIÓN MODELO A (4) PARA LOS 32 ESTADOS DE MÉXICO. ....	67
FIGURA I-A VALOR AGREGADO DE LA ECONOMÍA DIGITAL.....	7
FIGURA I-B INDIVIDUOS USANDO INTERNET DEL 2001 AL 2009.....	8
FIGURA I-C. EL INTERNET EN EL 2018 EN LOS 36 PAÍSES DE LA OCDE .....	11
FIGURA I-D EL INTERNET EN 2018 EN MÉXICO.....	19
FIGURA IV-A PENETRACIÓN DEL INTERNET POR PAÍS, REALES VS PREDICCIÓN. ....	59

## INTRODUCCIÓN

Explicar las fuentes de crecimiento económico es de los estudios más importantes para los economistas desde sus inicios<sup>1</sup>. El trabajo de Paul M. Romer (Romer, 1986) arrancó un set de análisis teóricos y modelos empíricos enfocados en la endogeneidad del proceso de crecimiento económico de largo plazo, a través del conocimiento, con la incorporación de teorías de R&D<sup>2</sup> y competencia imperfecta; en comparación de los tradicionales modelos de crecimiento neoclásicos del tipo Solow-Swan enfocados a la agregación de toda la producción de la economía en una función que asume cambios tecnológicos exógenos en el proceso de crecimiento económico de largo plazo, con retornos constantes a escala y decrecientes en cada factor de su función de producción (R. M. Solow, 1956). Desde entonces la ciencia económica buscó comprobar que el dinamismo convergente a un estado estacionario de equilibrio balanceado exista dentro de un ambiente de competencia perfecta estilo Walras lo que complica la estimación de la tecnología no exógena a los modelos.

El amplio uso de las tecnologías de la información y la comunicación han facilitado el flujo de información en la red. Sí en el modelo neoclásico la tecnología es no rival, el internet la volvió una tecnología realmente gratuita, disponible para todos y penetrante a los factores de producción al hacer que “la información sea libre, abundante y omnipresente” (Schmidt et al., 2014). Este estudio propone analizar como las nuevas formas de "hacer negocios" que la digitalización impuso y la intensidad en la generación de riqueza se realizan a través de conectarse mediante banda ancha a la red. Ello exige explorar modelos donde las tasas de crecimiento puedan permanecer constantes o hasta crecientes pues mientras "la tecnología cambia, las leyes económicas no lo hacen" (Varian, 1999) y por más avanzada la penetración del internet en las economías el abordaje económico será analizado en ambientes de competencia perfecta e imperfecta.

Hipotetizamos que la expansión del internet, como progreso técnico, estimado a través del incremento de las conexiones de banda ancha, es causal del crecimiento económico de las

---

<sup>1</sup> Los economistas clásicos Adam Smith, David Ricardo, Thomas Malthus, John Stuart Mill y Karl Marx estudiaron las fuentes de riqueza.

<sup>2</sup> Por sus siglas en inglés de Research and Development, en español Investigación y Desarrollo.

naciones. Lo comprobamos mediante en un modelo de Variables Instrumentales y un modelo de Difusión Tecnológica. A través de los dos momentos de una regresión con variables dummy comprobamos la causalidad dinámica entre la penetración del internet, justificada por su efecto en la difusión de las TIC y la intensidad en R&D, para incrementar la contabilidad PIB per cápita en dos muestras. La primera correspondiente a los 36 países de la OCDE<sup>3</sup> de 1995 a 2018 y en un nivel desagregado, trabajamos también la información económica las 32 entidades federativas de la República Mexicana para los años 2013 a 2018.

En el Capítulo I, exploramos el caso del internet. Un país es considerado competitivo, según el Foro Económico Mundial (WEF)<sup>4</sup>, cuando presenta altos grados de crecimiento sostenido de su producción per cápita y este está ligada estrechamente al propio uso y aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación, TIC. En el mismo capítulo, se analiza cómo las economías en desarrollo, como México, debieran haber puntualizado sus esfuerzos de inversión evaluando sus diferencias económicas en ingreso interno bruto per cápita a partir de su capacidad instalada para conectar a toda su población económicamente activa a la red.

Además dedicamos un apartado a explorar las mediciones empíricas de vanguardia que buscan capturar las externalidades positivas traídas por la *knowledge spillover* (Arrow, 1962) en la inversión; en la acumulación de capital humano que enriquece a la intensidad de los sectores económicos; a la competitividad tanto por medio de la Innovación y Desarrollo (R&D)<sup>5</sup> (Kafouros, 2006); ya los de difusión de la innovación y la tecnología (Bayraktar Sağlam, 2016; Choi y Hoon Yi, 2009; Chu, 2013; Harb, 2017; Meijers, 2014; Saidi et al., 2015; Salahuddin y Gow, 2016).

Este trabajo es sobre la difusión de tecnología, constata mediante la estimación de dos muestras de panel al aumento de la penetración del internet y de la conectividad de los individuos como causales del incremento de la actividad productiva de las económicas

---

<sup>3</sup> Colombia, el país número 37 se agregó el 28 de Abril de 2018 y quedó fuera de las estimaciones.

<sup>4</sup> WEF por sus siglas en inglés: World Economic Forum

<sup>5</sup> R&D por sus siglas en inglés: Research and Development

alterando positivamente a la productividad de los factores como capital y trabajo y el ingreso de las familias.

Para estudiar la digitalización de la economía y su impacto, en el Capítulo II nos avocamos a revisar los tratados de la economía neoclásica sobre el progreso tecnológico para llevar la discusión hacia la observancia y la crítica en modelos de crecimiento endógeno y de tecnología sesgada. Analizaremos como la asunción de la tecnología exógena de los modelos de crecimiento económico neoclásico que explican el crecimiento económico a largo plazo (R. M. Solow, 1957) son de base explicativa, pero padecen de su propio límite para satisfacer la competencia perfecta al teorizar mantener al progreso técnico como ajeno al modelo. Estas tradicionales asunciones explicarán porqué empleamos un análisis al cambio tecnológico dirigido. Un planteamiento moderno, pero sesgado en sus asunciones económicas, que es capaz de capturar cómo es que las economías aprovechan el internet, la presente y cuarta revolución industrial de nuestra era (Graham, 2019) a través de las bases teóricas del crecimiento endógeno (Aghion y Howitt, 1992; Lucas Jr., 1988; Romer, 1986, 1990) instrumentando su causalidad con modelos de crecimiento dirigido de difusión tecnológica (Griliches, 1957).

En el Capítulo III, presentamos la metodología seguida de una presentación de hechos y discusiones en la medición de la conexión a internet de alta velocidad a través de la infraestructura de banda ancha facilita la distribución espacial de grandes lotes de información que antes tenían que ser colocados [y transportados] de manera física. Lo que sucede a través de internet a su vez permite nuevos modelos de negocio, actividades empresariales y la colaboración de empresas productoras de insumos especializados lo que ayuda a reducir las barreras de entrada y aumentar la transparencia del mercado, aumentando tanto la productividad laboral (también mediante una mejor adecuación de los puestos de trabajo) como la competencia en el mercado y, en última instancia, el crecimiento económico (Czernich et al., 2011).

A través de una amplia literatura económica, abordaremos al internet distintos enfoques:

(1) como digitalizador de sectores clave de la contabilidad nacional, como en el comercio en México como porcentaje del Valor Agregado Bruto del Comercio Electrónico que en

2017 fue de 4.6 del valor del PIB, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020a);

(2) tecnología que ha permitido reducir los costos de los factores económicos como en menores (i) costos de búsqueda, (ii) de réplica, (iii) de transportación, (iv) de seguimiento y (v) de verificación (Goldfarb y Tucker, 2019);

(3) Estar conectados a la red incrementa visiblemente las inversiones relacionadas con los sectores de innovación y desarrollo, R&D<sup>6</sup>, y tiene efectos en el emprendimiento de las empresas (Kafouros, 2006);

(4) La rápida acumulación de capital de las empresas digitales ha propuesto la revisión a la contabilidad del crecimiento por las implicaciones que tiene el cambio tecnológico en la utilidad-bienestar del consumidor sin incrementos en el Producto Interno Bruto (Brynjolfsson et al., 2019; Hulten y Nakamura, 2018), es decir un crecimiento del bienestar no medido a través del índice de la producción per cápita.

(5) La difusión es medible en la calidad de las inversiones en infraestructura para la industria de las TIC, el R&D y el comercio (Bayraktar Sağlam, 2018; Shahiduzzaman y Alam, 2014);

(6) Históricamente, al internet se le puede catalogar, por su impacto en distintas áreas socioeconómicas, como una tecnología multipropósito (GPT)<sup>7</sup> hace referencia a una economía de progreso técnico (Harris, 1996; Helpman y Trajtenberg, 1996) Hicks-neutral;

(7) Al considerar la tecnología del internet como un factor del crecimiento, este puede observarse de manera endógena en el largo plazo y positivamente balanceada con aumentos en los retornos a escala por difusión de conocimientos (Romer, 1986) y desarrollando alto capital humano por lo que puede facilitar al desarrollo y la adopción del proceso de innovación (Romer, 1990).

---

<sup>6</sup> I+D en español o R&D por sus siglas en inglés de Research and Development.

<sup>7</sup> General Purpose Technology en sus siglas en inglés.

En el capítulo IV se evalúan los efectos en el crecimiento mediante diversos métodos de estimación: a) mínimos cuadrados ordinarios, b) efectos aleatorios individuales, c) efectos fijos individuales, d) efectos fijos en el tiempo, e) efectos aleatorios individuales y en el tiempo, y e) estimación del método generalizado de momentos (GMM) o mínimos cuadrados de dos etapas. Los resultados son robustos en sus pruebas y significativos en sus parámetros, ya que confirmamos un efecto de causalidad positiva entre el internet y el crecimiento económico como lo hicieron para otros países diversos autores<sup>8</sup>.

Finalmente, en el último apartado de este trabajo, se presentan las reflexiones finales sobre la investigación realizada del crecimiento económico y el cambio tecnológico; así como recomendaciones para futuras investigaciones en el mismo sentido. Se incluye un solo anexo sobre la función de producción neoclásica y la bibliografía consultada para esta elaboración.

---

<sup>8</sup> Bayraktar Sağlam, 2016; Choi y Hoon Yi, 2009; Chu, 2013; Harb, 2017a; Meijers, 2014; Saidi, Hassen and Hammami, 2015; Salahuddin and Gow, 2016

# CAPÍTULO I HECHOS ESTILIZADOS: EL CASO DEL INTERNET

En un sentido amplio, si todas las actividades que usan información digital son partes de la economía digital, en la economía moderna, es la economía entera (IMF, 2018). Una investigación de la economía de la información lo es también de la economía digital, y consiste en analizar el cómo y de qué manera la tecnología digital, la distribución manejo y proceso de información, condiciona a las actividades económicas. La tecnología digital es la abstracción de la información generada, almacenada y procesada en bytes y así es ampliamente distribuida a través del internet. Existe una transición de la economía tradicional a la *digital* que representa, según el Banco Mundial, a 11.5 billones de USD, es decir, al 15.5% del producto interno bruto mundial con prospectiva a llegar al 25% en menos de una década (The World Bank, 2020) . Con la sinergia de la creación, manejo y distribución de la información los países están además acelerando su desarrollo socioeconómico.

La digitalización de la actividad económica es ampliamente definida como la incorporación de datos y el internet en los procesos de producción y de mercancías, nuevas formas de consumo de las familias y las empresas, formación de capital fijo, finanzas y mayores flujos internacionales (IMF, 2018). La información en el mundo hoy es intercambiada entre servidores a través de un protocolo de control de transmisión o (protocolo de internet (TCP/IP)) desarrollado por los científicos Robert Kahn and Vinton Cerf, para ARPANET<sup>9</sup> del gobierno de los EEUU en enero de 1983 para su posterior incorporación a la WWW (World Wide Web) en 1989 por el científico Inglés Tim Berners (Roser et al., 2015) en la página, aún hoy pública en <http://info.cern.ch/>, del CERN<sup>10</sup>. Lo que fue “simplemente” intercambiar un paquete de datos de 32 bits (4 bytes) creció con una voracidad exponencial que hoy trafica a más de 26 mil gigabytes por segundo a nivel mundial en la red.

---

<sup>9</sup> del inglés: *Advanced Research Projects Agency Network* y creada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en la década de 1960 (Andrews, s/f)

<sup>10</sup> Acrónimo de la Organización Europea para la Investigación Nuclear.

La posibilidad de interconectar hospedajes de información y ordenadores a una “red de redes” a través de todo el mundo y fuera de él, desde la estación espacial de la NASA en la estratósfera hasta las poblaciones más alejadas del planeta, brindó la oportunidad de acceso a cantidades inconmensurables de información de manera gratuita y a un rápido declive de los costos de almacenaje, transformación y transmisión de datos. Además, esta interconexión posibilitó retornos de inversión crecientes que premian la agilidad, la rapidez y la oportunidad del momento: de aceptar trabajos a distancia, matricularse a sistemas educativos e inclusive acceso a oportunidades de telemedicina y dinero móvil (Goldfarb et al., 2015). El internet se volvió la tecnología que cambió a la forma en que los mercados, los individuos y las empresas interactúan económicamente entre sí (Tecnología de propósito general) en la última década del siglo XX y ha marcado el desarrollo de lo que va del presente siglo XXI. Se percibe una sociedad cada vez más conectada con beneficios a la innovación y desafíos complejos; sin embargo, "la tecnología cambia, las leyes económicas no lo hacen" (Varian, 1999).

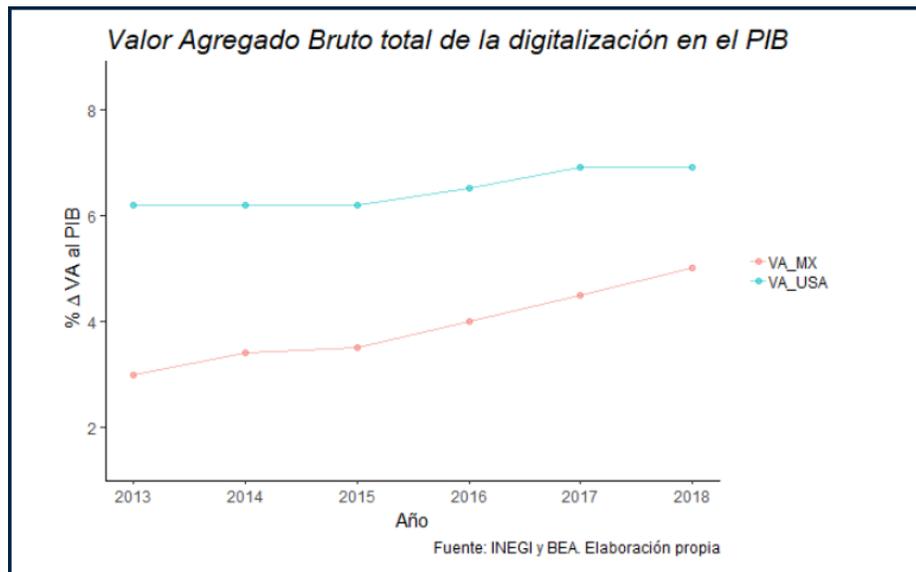


Figura I-A Valor agregado de la economía digital  
 Valor agregado bruto del comercio electrónico total en el Producto Interno Bruto de México con valores constantes a 2013. Elaborado con datos del Sistema de cuentas nacionales a partir una nueva metodología. Valor agregado bruto de la economía digital en el Producto Interno Bruto de Estados Unidos.

La digitalización y su medición a representado retos importantes a las economías. Mientras la digitalización de la economía estimada por parte de países desarrollados como EE. UU.

contabiliza que el 6.9% del Producto Interno Bruto en 2017 según el BEA del Departamento de Comercio (Barefoot et al., 2018), para países en desarrollo como México se estima que el 5% del del valor agregado bruto del PIB nacional corresponde al comercio electrónico (INEGI, 2020a) como muestra la Figura I-A, la digitalización es cada vez mayor.

Si bien apenas poco más de la mitad de la población mundial tiene acceso a internet, la penetración de esta tecnología de propósito general en las economías es dispar. Esta denominada brecha digital podría incrementar aún más las desigualdades entre el ingreso de los países. Compartimos que lo más probable es que no estemos en medio de una "revolución tecnológica"; lo que ha cambiado no es necesariamente el ritmo general de progreso, sino los tipos de tecnologías que se están desarrollando (Acemoglu, 2002), lo que nos orienta a suponer que las relaciones entre el crecimiento y la tecnología sean aún más estrechas para la muestra que trabajaremos en la presente investigación.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU, estima que al final del 2019 53.6% de la población mundial, es decir unos 4.1 mil millones de habitantes, están usando el internet (ITU, 2020) como lo muestra la Figura I-B .

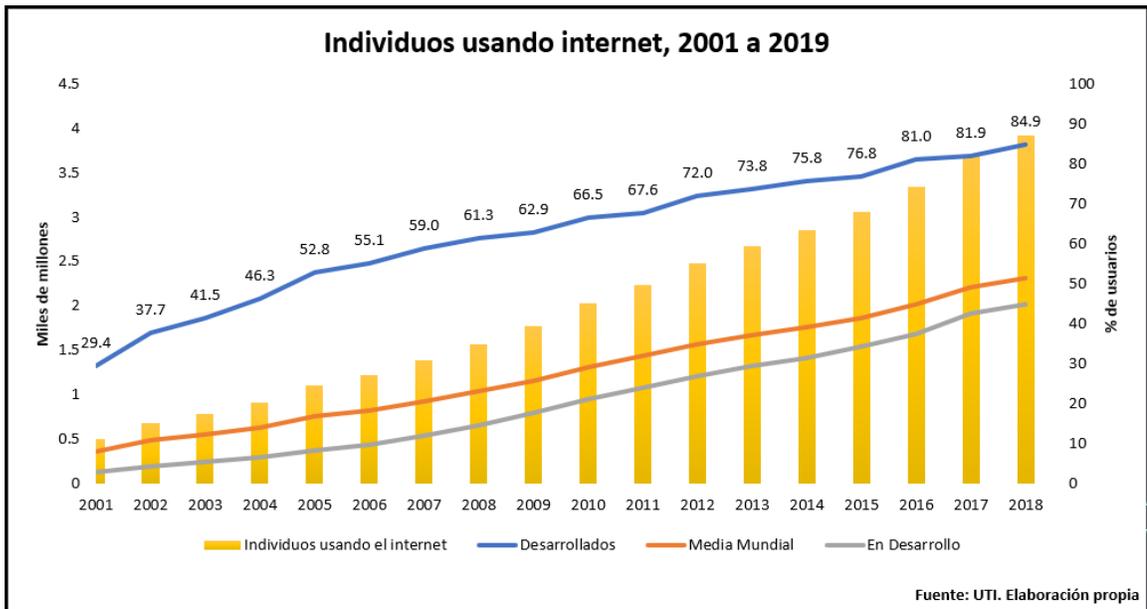


Figura I-B Individuos usando internet del 2001 al 2009

Nota: El lado izquierdo el estimado en miles de millones de usuarios en el mundo y del lado derecho el porcentaje de uso de la población mundial.

La digitalización conlleva, con el gran atiborro de información, a la aparición de nuevos excedentes del consumidor en las plataformas en línea, por ejemplo, mapas de GPS, redes sociales, sistemas *opensource* y demás servicios y productos gratuitos, pero el consumo registrado en el PIB, no lo hace. Los cambios en los mercados fuera de los límites de la estadística del PIB ha creado una discusión entre sí la medición del PIB, la productividad y la era digital están actualizados, lo que ha llevado a modernos modelos de estimación del bienestar total de la digitalización a través de modelos de elección discreta de la demanda de productos online (Brynjolfsson et al., 2019) o inclusive una nueva teorización de modelos de crecimiento clásicos de acumulación de datos (Farboodi y Veldkamp, 2020) con un comportamiento similar al capital.

Es preciso puntualizar los efectos positivos de la digitalización en el crecimiento económico a través de modelos que permitan observar las desigualdades en los ingresos de las economías según los esfuerzos que hagan, o dejen de hacer los países, de intensificar y asegurar el acceso universal de banda ancha a sus pobladores y así dotarlos de los recursos y habilidades para participar plenipotenciariamente en la digitalización económica son limitados (Kenny, 2003). Los límites de la ciencia económica para explorar el panorama de la digitalización se encuentran en la disponibilidad de la información, ya heterogénea entre las economías. La falta de uniformidad ha limitado el análisis de las diferentes repercusiones económicas en los distintos países utilizando un marco común que para medir lo digital (Minges, 2016). No es casualidad que la comparación hecha entre México y EEUU en cuanto a la economía digital tenga marcos de medición distinta.

### **1.1. Acercamientos a la medición de la economía digital a través del internet**

Para definir las transacciones digitales la OCDE ha recomendado la alternativa de definir un sector digital en la contabilidad del PIB. Ante ello, los esfuerzos de México fueron integrar el valor agregado bruto del comercio electrónico, presentado como un primer acercamiento a la medición de la Economía Digital, a través del comercio electrónico, entendido como el proceso de compra, venta o intercambio de bienes, servicios e información a través de las redes informáticas, cuyo pago puede o no ser hecho en línea, y su participación en el PIB (INEGI, 2020a).

Por otro lado, el BEA de los estados unidos estimó de 2006 a 2016 que el valor añadido real de la economía digital creció a una tasa media anual del 5,6%, superando la tasa media anual de crecimiento de la economía general del 1,5%. En 2016, la economía digital contribuyó notablemente a la economía general: representó el 6,5% del PIB en dólares corrientes, el 6,2% de la producción bruta en dólares corrientes, el 3,9% del empleo y el 6,7% de la remuneración de los empleados (Barefoot et al., 2018).

Es por ello que el estudio del Internet de alta velocidad por medio de una infraestructura de banda ancha facilita aún más la comprensión del crecimiento macroeconómico al acelerar la distribución de ideas e información, fomentar la competencia por nuevos productos y procesos, y su desarrollo; así como facilitar la introducción de nuevas prácticas de trabajo, actividades empresariales y una mejor adecuación de los puestos de trabajo (Czernich et al., 2011). No es que la digitalización y el internet sean sinónimos, pero sí complementos y dependientes.

En la Figura I-C podemos observar la tasa de Penetración de internet y el PIB per cápita para 36 economías de la OCDE. La penetración del internet por cada 100 habitantes, en la extensión de las barras horizontales acomodadas de mayor a menor, muestran a países considerados en desarrollo como México, Polonia, Turquía y Chile en los últimos lugares de penetración de internet entre sus habitantes. Al final de cada barra se muestra el PIB per cápita en valores de 2013, mientras que la intensidad del color rojo muestra el bajo nivel de producción por habitante. Es posible observar que los países con los más bajos niveles de PIB per cápita están a su vez con los valores más bajos de penetración del internet; lo que, adelantando a la muestra un análisis de correlación de los datos, asciende a 42.40% en un intervalo de confianza del 99%.

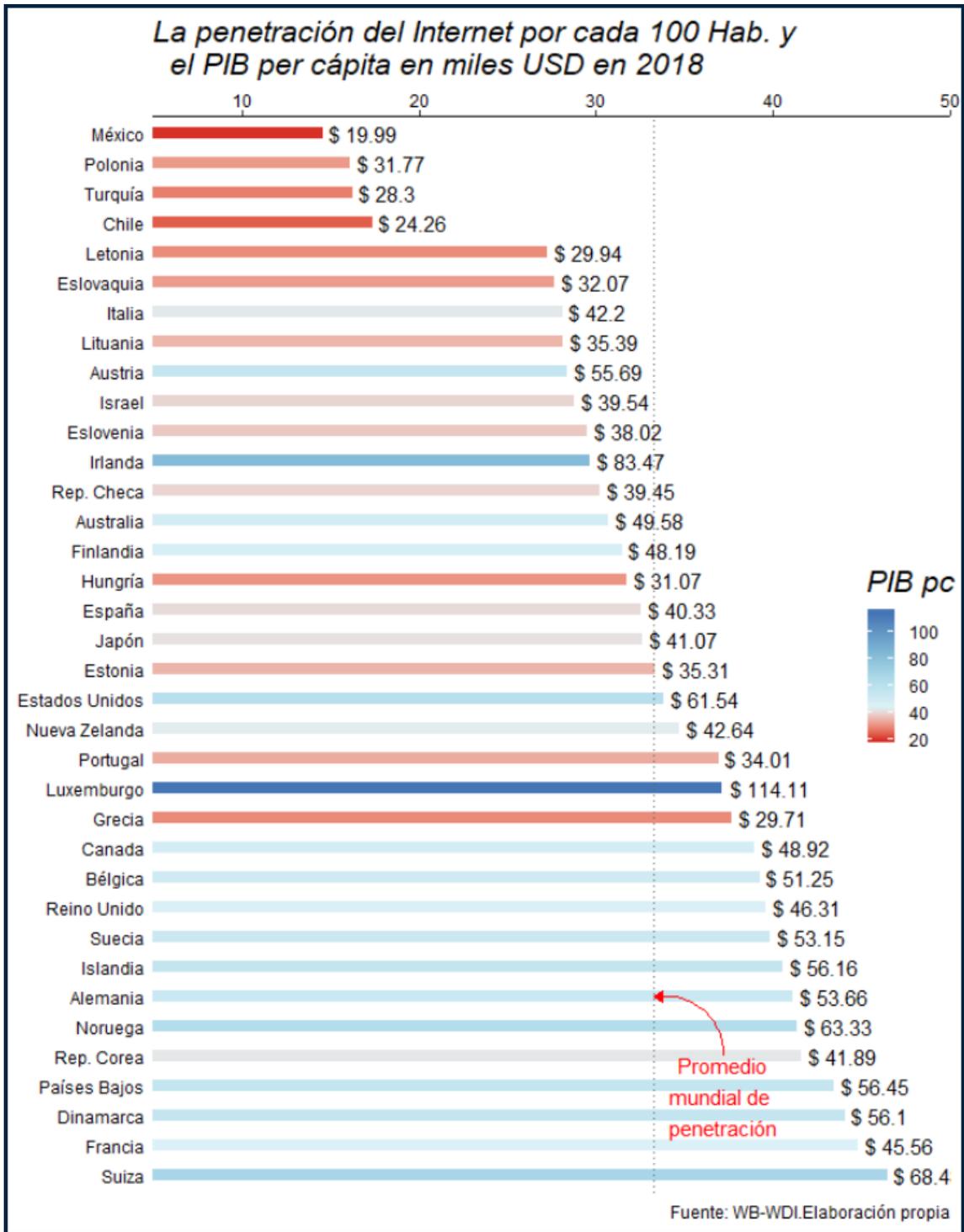


Figura I-C. El Internet en el 2018 en los 36 países de la OCDE  
 Gráfica de barras por país indicando la tasa de penetración por cada 100 habitantes. Se muestra la media mundial de la tasa de penetración a los 33.20. El valor de PIB per cápita está en miles de dólares (2013) e indica su tamaño el color de la barra. Rojo para bajo, azul para alto.

De lo anterior no se puede aún asumir relaciones de causalidad o alguna inferencia, solo son exploratorios para ver las relaciones. Sin embargo, las relaciones de causalidad entre la penetración del internet y distintas variables han sido ampliamente analizadas. Arvin (2014) desafió ir más allá de documentar una correlación para demostrar la causalidad entre el internet y el crecimiento económico. Es decir, la penetración de la banda ancha no sólo va de la mano del crecimiento económico, sino que lo causa de forma demostrable. Alternativamente, la causalidad puede proceder en la dirección opuesta: puede darse el caso de que la penetración de la banda ancha sea simplemente una consecuencia del crecimiento económico. Pero la existente relación causales de Granger entre la penetración de la banda ancha y el crecimiento económico utilizando un conjunto de datos de panel existen y han sido ampliamente comprobadas.

Algunos autores analizan la importancia del internet desde las inversiones en ICT, implementando análisis de crecimiento a las variables de inversión en ICT relacionándolas como sinónimo del propio internet. Es decir, asumen al aumento en inversión de ICT como el incremento de la penetración de las redes de banda ancha que conectan al internet a los hogares y las empresas.

Medir el impacto del incremento de la tasa de penetración del internet hipotetizando que es un factor positivo a los retornos de la inversión y del crecimiento observado en el indicador del PIB (GDP) per cápita de las economías principalmente empleaba la combinación de inversiones públicas o privadas en Tecnologías de la Información y la Comunicación<sup>11</sup> tienen relación con la productividad de las economías y un crecimiento endógeno al considerar dirigir las inversiones de cambio tecnológico en ICT. Así sucedió en el trabajo seminal sobre las ICT de Röller y Waverman (2001), donde encuentran que alrededor de un tercio del crecimiento en los países de la OCDE durante el período 1971-90 puede atribuirse directa o indirectamente a las telecomunicaciones.

En un estudio para 21 países de la OCDE en las décadas de 1970 y 1980 sobre cómo la infraestructura de telecomunicaciones de voz, o sea telefonía, afecta el crecimiento

---

<sup>11</sup> ICT por sus siglas en inglés de Information and Communication Technology

económico, utilizando un modelo simultáneo para integrar la oferta y la demanda en el sector de las telecomunicaciones a la economía agregada, Röller y Waverman identificaron que la superficie de un país y su déficit de gobierno identifican el lado de la oferta del modelo. Encontraron que la superficie afecta directamente el tamaño de la red de telecomunicaciones que se va a construir y el déficit administrativo determina la capacidad financiera de los gobiernos para invertir en infraestructura de telecomunicaciones en un momento en que en la mayoría de los países predominaban los monopolios estatales en el sector de las telecomunicaciones.

Una continuación al anterior análisis fue seguida por Cznerich, Falck, Ketschmer y Woessmann (2011), quienes observan que un aumento de 10 puntos porcentuales en la penetración de la banda ancha elevó el crecimiento anual per cápita entre 0.9-1.5 puntos porcentuales en las economías de la OCDE. Especificaron un modelo de difusión de tecnología con resultados sólidos para un panel anual de 25 países de la OCDE de 1996-2007 en cuanto a los efectos fijos por país y por año, así como del número de variables de control y selección de países, y del control de los efectos lineales de segundo grado de las variables instrumentales. Además, verificaron que sus instrumentos predicen la penetración de la banda ancha pero no la difusión de tecnologías contemporáneas (Czernich et al., 2011) como lo son hoy los datos móviles para celulares, las tabletas, el internet de las cosas, entre otras tecnologías contemporáneas.

Otros estudios investigan como el impacto del internet en el crecimiento económico tiene un efecto significativo durante las recesiones, las cuales refieren a un periodo de estancamiento o crecimiento negativo en el producto interno bruto de una economía, como es el caso de Shan-Ying Chu (2013). Argumentando que se carecía de innovación, pues rara vez es estudiado el progreso técnico con la observancia de las recesiones económicas. Sin embargo, al evidenciar lo popular del estudio sobre el rol del internet en el crecimiento de la economía o la productividad, construyeron una función de producción con retornos constantes a escala para un panel de 201 países con data del Banco Mundial. Adicionaron además a la tasa de penetración del internet y un término de interacción entre este y una variable instrumental para modelar la recesión y que permitan examinar el impacto del internet en el crecimiento económico y su impacto durante los periodos de estancamiento

o crecimiento negativo también. En otras palabras, el estudio demuestra que el Internet puede resolver la recesión esparciendo la información, reduciendo los costos de transacción y mejorando los resultados económicos a través de la mejora del mercado laboral y el fortalecimiento de la competencia en el mercado. Así, estima mediante un modelo de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) que un incremento del 10% en la tasa de penetración del internet eleva el PIB real per cápita en un 0.63% cuando la economía no está en recesión, y un 0.52% cuando está en recesión.

Otros autores como Georges Harb (2017) endogenizaron variables independientes para estimar el impacto de la tasa de penetración del internet al impacto económico de las naciones. Empleando un modelo aumentado de Solow en un análisis de 93 países de la región Árabe y Oriente Medio (AME) durante 1995-2014, Harb instrumenta un estimador por el Método Generalizado de Momentos (GMM), con el cual muestra que el Internet ha sido un factor determinante del crecimiento significativo en la región de la AME y en particular en los países de ingresos altos; la penetración de Internet en los países de ingresos medios de la AME parece estar por debajo de la tasa de impacto del crecimiento (Harb, 2017). En su estudio, las inversiones en telecomunicaciones no afectaron el crecimiento de la región AME, lo que pone de relieve la naturaleza tecnológica general de dichas inversiones y el período de ajuste necesario para que estas últimas den sus frutos.

Otro esfuerzo por analizar los impactos regionales del internet fue conducido para Sur África mediante un análisis de series de tiempo instrumentando pruebas de Cointegración Autorregresivos de Distribución Rezagada (ARDL) y la de Johansen para examinar la relación a largo plazo entre las variables para un modelo dinámico de mínimos cuadrados ordinarios (DOLS). Dando como resultados la descomposición de la varianza en un estudio que le permitió pronosticar un horizonte de previsión a 22 años. Curiosamente, en el horizonte de previsión quinquenal, alrededor del 79% de la variación prevista de un solo paso en el PIB real per cápita se debe a sus propias innovaciones y, en total, el 21% corresponde a los usuarios de Internet por cada 100 personas y al desarrollo financiero. Demostró que después de un período de 22 años la respuesta a las propias perturbaciones innovadoras disminuye drásticamente a sólo el 15%, mientras que la respuesta del PIB real

per cápita a las perturbaciones de los usuarios de Internet por cada 100 personas aumenta drásticamente hasta el 74% (Salahuddin y Gow, 2016).

Es importante resaltar estudios empíricos que contrasan la hipótesis en cuanto al crecimiento económico y el internet. Changkyu Choi y Myung Hoon Yi (2009) habían aportado evidencia de que Internet juega un papel positivo y significativo en el crecimiento económico junto a la tasa de inversión, la tasa de consumo del gobierno y la inflación que utilizaron como variables de control en la ecuación de crecimiento de Barro (1997) que mediante diversos métodos de estimación: a) mínimos cuadrados ordinarios combinados (CLSA), b) efectos aleatorios individuales, c) efectos fijos individuales, d) efectos fijos en el tiempo, e) efectos aleatorios individuales y efectos fijos en el tiempo, y e) estimación del Método Generalizado De Momentos (GMM), con data para 207 países desde 1991 a 2000 de los Indicadores del Desarrollo Mundial del Banco Mundial (WB-WDI), estimaron que cuando el *ratio* de Usuario-Internet incrementa un 1%, la tasa de crecimiento crece 0.057 puntos porcentuales.

Sin embargo, en contraste a lo anterior, los hallazgos de Huub Meijers (2014) afirman que el uso per cápita de Internet tiene un impacto positivo en el crecimiento económico. Este discrepa con los hallazgos de Choi & Hoon Yi (2009), y hace replica al trabajo en el modelo que reportaba un impacto positivo y significativo del uso de Internet en el crecimiento económico. Implementando una versión extendida del modelo de Choi & Hoon Yi (2009) pero incluyendo variables explicativas estándar que se encuentran en la literatura empírica sobre el crecimiento en por ejemplo, Barro (Barro et al., 1991) y (Barro, 2003) encuentra que el uso de Internet desaparece como un factor significativo al emplear un modelo VAR de efectos fijos. Dicho modelo es consistente con los hallazgos de la literatura de que la tasa de crecimiento del PIB per cápita depende negativamente del PIB per cápita rezagado, negativamente tanto del gasto público como de la inflación y positivamente de la relación de inversión, de la apertura y de la educación. A partir de ello, concluye que el uso de Internet no impacta el crecimiento económico, al menos no de manera directa, sin embargo, argumentos teóricos y el apoyo empírico proporcionado confirman que una mayor penetración de Internet conduce a un mayor comercio internacional. Así, Meijers estima que un aumento de 10 puntos porcentuales de Internet per cápita llevará a un aumento de

3,9 puntos porcentuales de la tasa de apertura, lo que a su vez llevará a un aumento de 0,17 puntos porcentuales del crecimiento económico implementando una estimación mímica de GMM explorando una regresión aparentemente no relacionada como la de mínimos cuadrados de 3 etapas (3SLS).

Más recientemente Bayraktar Sağlam (2016) emplea un modelo estacionario de Vectores Autorregresivos (VAR), con datos dinámicos de panel para los países de la OECD, para examinar la existente causalidad bidireccional entre las ICT y el crecimiento económico a pesar emplear variable aproximada como *dummy* para la tasa de penetración de las ICT. La inversión en las ICT, Internet y los usuarios de teléfonos móviles provoca un crecimiento económico con efectos de retorno. Es decir, la difusión de las ICT tiene una influencia positiva en el crecimiento económico y el crecimiento económico ha facilitado la difusión de las ICT. Sin embargo, tanto las ICT como la investigación y el desarrollo (R&D), se han convertido en importantes motores del crecimiento económico y el crecimiento económico ha promovido la expansión de las ICT y el R&D en los países de la OCDE (Bayraktar Sağlam, 2016), un efecto denominado causalidad bidireccional que sucede entre los usuarios de Internet (usuarios de teléfonos móviles) y el crecimiento económico y que también fue apoyado por Pradhan, Bele y Pandey (2013).

De la variedad hasta aquí presentada, es evidente la carencia de consenso encuanto al marco de trabajo más apropiado para abordar las relaciones del internet con el crecimiento económico. A pericia de los autores se imponen los datos para determinar el tipo de modelo econométrico a utilizar; mientras observamos que todos los estudios influencias positivas entre el crecimiento económico y el internet y muchos son derivaciones del modelo de crecimiento clásico con la banda ancha representando influencia tecnológica (Minges, 2016)

## **1.2. Regionalización del contexto del crecimiento y la tecnología.**

Este estudio lleva el desafío al plano regional. Para América Latina se afirman las relaciones entre el crecimiento y la tecnología a partir de pocos estudios sobre los efectos del internet en el crecimiento económico. La literatura emblemática en cuanto a las relaciones de la penetración del internet y el crecimiento económico en el contexto regional

ha destacado al trabajo de Zaballos y López-Rivas (2012) que utilizando modelos no lineales estima que en países de América Latina y el Caribe el incremento del 10% en la penetración de banda ancha genera un impacto de aproximadamente 3.19% en el PIB y un incremento del 2.61% en la productividad. Este estudio ha sido inclusive parte formal del estado del arte empleado por el gobierno mexicano para fortalecer sus programas de fomento y esparcimiento del internet en el territorio nacional.

A partir de la ratificación de la Declaración Conjunta sobre La Libertad de Expresión e Internet de la Organización de los Estados Americanos (OEA) que señala que los Estados “tienen la obligación de promover el acceso universal a Internet para garantizar el disfrute efectivo de la libertad del derecho a la libertad de expresión”, en México se inició en el sexenio de Enrique Peña Nieto el programa “México Conectado”, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Este programa definió una estrategia de implementación y coordinación gubernamental exitosa que su informe final calificada con 3 puntos de 4 con los objetivos de fomentar la adopción y el desarrollo de las TIC e insertar a México en la Sociedad de la Información y el Conocimiento; sin embargo, en el nuevo sexenio de Andrés Manuel López Obrador este programa cambió de nombre a “Programa de Cobertura Social” que inició con la creación de una empresa pública filial a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) Telecomunicaciones de nombre “Internet para todos” con la cual el Gobierno Federal buscará asociarse con empresas privadas para retomar los objetivos del anterior programa. Aunque el nuevo plan atiende a las debilidades presentadas en el diagnóstico del plan anterior, los nuevos lineamientos y cambios estructurales para su ejecución y evaluación aún no son publicados, ya que se planea su implementación total hasta el año 2022<sup>12</sup>.

La literatura en mexicana rescata un estudio de 2016 relacionado con las tecnologías de la información y la comunicación donde Guillermo Velázquez y Josué Salgado (2016), empleando como base una perspectiva de la economía del desarrollo, elaboran un análisis a la política de innovación tecnológica, en el encuadre neoclásico de la derrama de conocimientos iniciado por Lucas (1988), aplicada durante el periodo 2002-2012 que

---

<sup>12</sup> <https://www.gob.mx/sct/acciones-y-programas/programa-de-cobertura-social>

aseguran ha tenido como principal efecto el estancamiento del crecimiento económico del país en 2.5% anual promedio. Este nivel de crecimiento se debe principalmente a los bajos resultados obtenidos en el rubro de inversión tecnológica y registro de patentes (Velázquez y Salgado, 2016).

Ante la escasez de pruebas empíricas regionales que respalden la importancia de invertir en el desarrollo de las tecnologías de la información y así esparcir el acceso a internet a una mayor cantidad de población, se puede estar negando la posibilidad de incrementar la disponibilidad de información y con ello limitando la interconectividad entre los actores económicos en detrimento de un crecimiento económico sostenido. México aún sufre de estancamiento en el crecimiento de la productividad con una contribución al crecimiento económico, cuando medido de 1991 a 2018 es de apenas -0.32%. (INEGI, 2020b) y muy por debajo del promedio de su región.

La importancia de estos estudios es fortalecer en la política pública la inversión en la expansión de las TIC y alcanzar una cobertura cada vez más amplia, sobre todo en países con menor desarrollo como México. Si bien, hay una penetración de hasta dos dígitos en una de las variantes de la actividad económica traída por el internet, como lo es el comercio electrónico, para México este aún no alcanza su máximo potencial puesto que queda más del 31% de la población sin capacidad de interconectarse a la red (ENDUTI, 2018) y desaprovechando las ventajas del progreso tecnológico.

En la Figura I-D podemos observar la tasa de Penetración de internet y el PIB per cápita para 32 estados de México. La penetración del internet por cada 100 habitantes, en la extensión de las barras horizontales acomodadas de mayor a menor, muestra a los estados con menor acceso a internet en la parte superior y los que tienen mayor acceso en la parte inferior. Al final de cada barra se muestra el PIB per cápita en valores de 2013, mientras que la intensidad del color rojo muestra el bajo nivel de producción por habitante. A diferencia de la muestra de países de la OCDE, no posible a simple vista observar que los estados con los más bajos niveles de PIB per cápita están a su vez con los valores más bajos de penetración del internet, lo que adelantando a la muestra un análisis de correlación de los datos, este es de -9.960% en un intervalo de confianza del 99%.

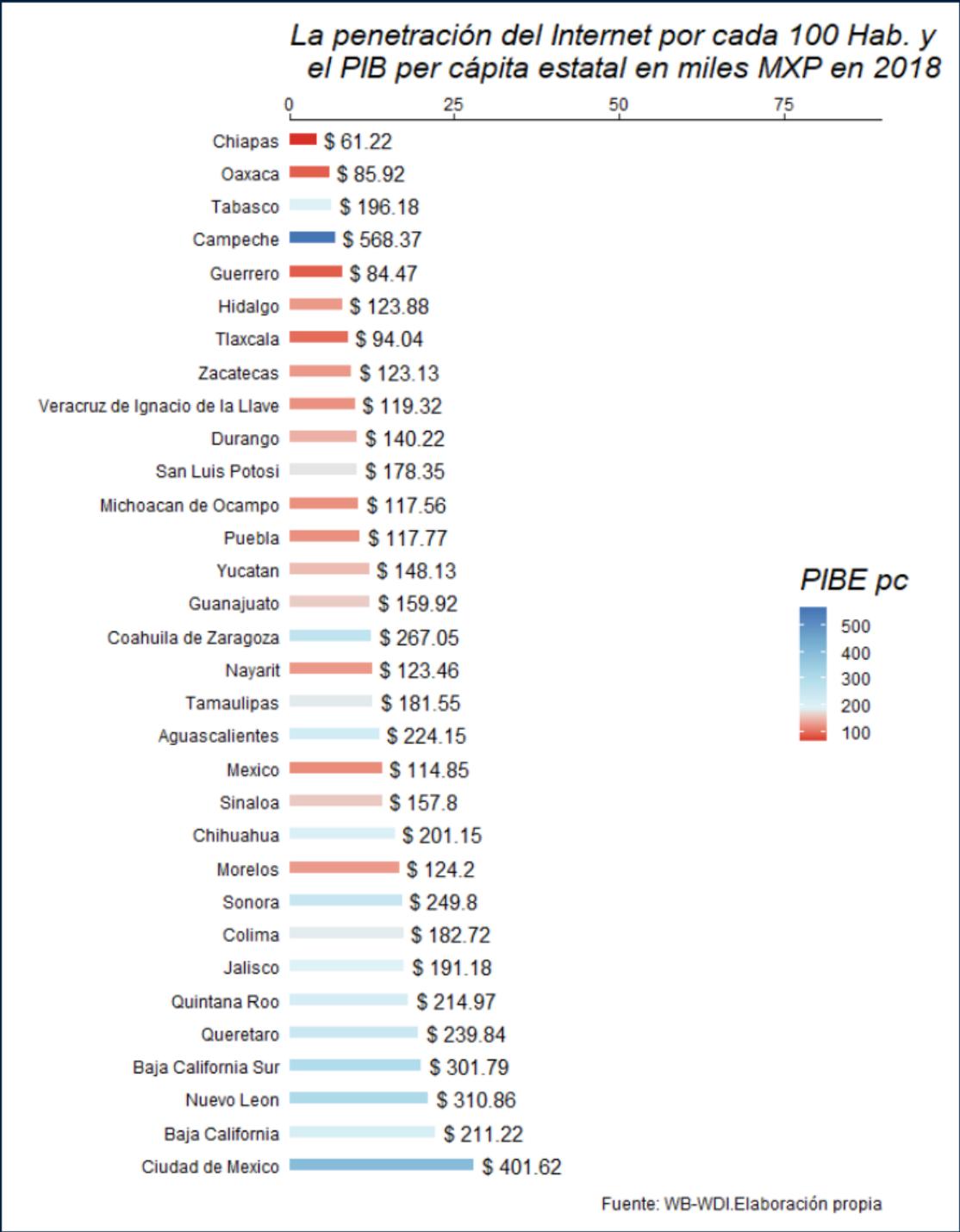


Figura I-D El internet en 2018 en México  
 Gráfica de barras por estado indicando la tasa de penetración por cada 100 habitantes. El valor de PIB per cápita está en miles de pesos (2013) e indica su tamaño el color de la barra. Rojo para bajo, azul para alto.

Sin embargo, no se puede aún asumir relaciones de causalidad o alguna inferencia, solo son exploratorios para ver las relaciones. Creemos que el fomento de una mayor adopción del uso de Internet en los países menos desarrollados puede afectar a su capacidad innovadora de la economía a través de la formación de conocimientos, el desarrollo de nuevos productos y procesos, y los modelos de negocio capaces de promover el crecimiento de las empresas. Como concluye Paul M. Romer, la implicación positiva más interesante del modelo de crecimiento endógeno es que una economía con un mayor stock total de capital humano experimentará un crecimiento más rápido (Romer, 1990). Por otro lado, cabe señalar que la falta de conectividad está negando esa posibilidad a la población nacional.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.**

Los inicios de la función relativa para estimar el crecimiento de las naciones comenzó simultáneamente entre varios economistas de finales del siglo XIX al albor de las críticas, por un lado, a la teoría clásica del valor de la propiedad y la distribución de las mercancías ya con dificultades para reflejar el valor en los precios (la gente a menudo está dispuesta a pagar más de lo que un objeto vale) y por otro lado, a la herencia marginalista que sentó el valor en los cambios subjetivos de la oferta y la demanda. Estos principios fueron base en los inicios de la metateoría neoclásica en el estudio científico de la economía del crecimiento cuyo centro de pensamiento (neoclásico) es simplemente resumido en que el comportamiento optimizador de las familias y las empresas, compradoras y vendedoras, ofertantes y demandantes es la de maximizar su utilidad y sus rendimientos del capital y el trabajo.

Desde entonces, se fortaleció la científicidad de la economía a través de la importación de herramientas de otras ciencias exactas como el cálculo estadístico-matemático y la optimización de fluidos fisicoquímicos en los análisis del flujo de la producción ante la oferta y la demanda para ofrecer un enfoque de optimalidad en las ganancias. La productividad marginal marcó a las teorías de crecimiento neoclásico modernas, que cronológicamente ordenadas fueron iniciadas por Ramsey (1924) permitiendo que el ahorro y por tanto el consumo y el ingreso se optimicen (a diferencia de asumirlos constantes) durante su interacción con los mercados competitivos.

Posteriormente, el trabajo de Roy Harrod (1939) y Evsey Domar (1946) de integración de los análisis keynesianos con elementos del crecimiento económico, en una función de producción con poca sustituibilidad entre los factores, generó un modelo inestable defendido como inherente al sistema capitalista, tal vez de la época. Este modelo al igual que el siguiente asumen a todas las familias y empresas como idénticas y sin preferencias ni dotaciones (funciones de utilidad).

Finalmente, los modelos exógenos de crecimiento, conocidos también como modelos de producción neoclásica del tipo Solow-Swan, por los economistas Robert M. Solow (1956) y Trevor Swan (1956), aportaron a la economía por medio de simples modelos matemáticos

de equilibrio general para estimar la producción de las economías. Esto se lograba con importantes supuestos exógenos en el ahorro  $S_t$  y la tecnología  $A_t$  para fijar en el capital el impacto de la inversión en el crecimiento económico y permitir que las mejoras en el “saber” de las economías sea accesible para todos popularizó el análisis del crecimiento neoclásico.

Desde entonces, el estudio neoclásico de crecimiento económico sobre análisis de las fuerzas económicas y su convergencia ha sido tema central. Sin embargo, se reconocen sus deficiencias y limitaciones al persistir asumiendo que ocurre un progreso tecnológico favorable a la producción que reconcilia la teoría con el crecimiento positivo y constante de la tasa de crecimiento per cápita en el PIB de largo plazo. En la ausencia de mejoras continuas en la tecnología, el crecimiento per cápita debe eventualmente cesar, como señalan la herencia Malthusiana y Ricardiana en los modelos de equilibrio general. De modo que, a pesar de la robusta científicidad que describiremos en lo que resta del capítulo, la deficiencia tautológica en la tasa de crecimiento per cápita en el largo plazo es determinada por un solo elemento que está fuera del modelo y es la tasa de progreso tecnológico.

Cass (1965) y Koopmans (1965) elevaron el análisis iniciado por Ramsey sobre optimización del consumidor al endogenizar la tasa de ahorro en el modelo de crecimiento neoclásico y permitir optimización del consumidor. Su popularidad se extendió a muchas áreas de la macroeconomía; sin embargo, siguió continuando con la dependencia para explicar el crecimiento de largo plazo de las economías en una tasa de crecimiento per cápita dependiente, nuevamente, de un progreso tecnológico exógeno. El equilibrio de Cass-Koopmans para el análisis de crecimiento neoclásico completaba al modelo básico de Solow, dando fuerza a la robustez científica que, aunque a veces excesivamente técnica y sin contacto con las aplicaciones empíricas, soportaba un ambiente competitivo en que los factores productivos capital y trabajo eran satisfechos en su productividad marginal para vaciar así los mercados con ingresos óptimos en el sentido de Pareto.

La teoría del cambio tecnológico en el marco de pensamiento neoclásico es complicada ya que los supuestos de competitividad son difíciles de mantener. Los retornos crecientes

conflictúan con la competencia perfecta. Por otro lado, es incuestionable que los individuos, las empresas y las economías en general aprenden con el tiempo, mejoran sus procesos y su ciencia. La dicotomía de querer capturar estos cambios y que el comportamiento monopólico no es factible en una tecnología asumida no rival genera inestabilidad en la estructura general de crecimiento balanceado por lo que en un análisis de crecimiento neoclásico siempre deberán asumirse restricciones y dotaciones de insumos que permitan conservar un patrón de crecimiento consistente con los hechos estilizados de Kaldor<sup>13</sup>; es decir, un análisis donde la producción per cápita, la proporción entre capital e ingreso, la tasa de interés y la distribución del ingreso entre capital y trabajo permanezcan constantes.<sup>14</sup> Con en una tecnología dada solo se requieren nuevos mismos insumos de K y L para replicar y obtener los retornos constantes de estos bienes rivales. Pero estos retornos a escala solo tienden a incrementarse si las ideas no rivales, la tecnología, el conocimiento, y el progreso técnico, son incluidas como factor o insumo de la producción.

Como solución para las tasas de crecimiento positivas que aportaba la evidencia empírica, una parte de los economistas se concentró en considerar a la acumulación de capital, ya sea del capital físico o en su interpretación amplia la del humano, en un ambiente competitivo con retornos constantes y convergencia en el largo plazo (Jones and Manuelli, 1990; King and Rebelo, 1990; Rebelo, 1991); otros consideraron a la derrama o influencia del conocimiento que el capital físico (Arrow, 1962; Romer, 1986)<sup>15</sup> o capital humano (Lucas, 1988)<sup>16</sup> crea sobre las inversiones que inadvertidamente contribuyen a la productividad; mientras un tercero atribuyó la innovación industrial al verdadero motor del crecimiento (Aghion y Howitt, 1992; Grossman y Helpman, 1991; Romer, 1990) incorporando teorías de R&D y competencia imperfecta con rendimientos constantes en la acumulación de capital.

---

<sup>13</sup> Hechos de Kaldor (Kaldor, 1963): La proporción de la producción que reciben el trabajo y el capital es aproximadamente constante durante largos períodos de tiempo.

<sup>14</sup> Ver Anexo, 2 Condiciones de Inada.

<sup>15</sup> Learning by doing

<sup>16</sup> Knowledge spillovers

Antes de seguir extendiendo el estado del arte en la difusión tecnológica que resuelven las deficiencias de la teoría de crecimiento económico neoclásico de las naciones, es preciso describir la transversalidad y dinamisos de ecuación fundamental del modelo de crecimiento *Solow-Swan*, las implicaciones de agregar al cambio tecnológico neoclásico, la endogeneidad de los modelos de crecimiento de “Aprender haciendo” (*Learning by doing*) y “Los derrames de conocimientos” (*Knowledge spillovers*) para posteriormente analizar la difusión de una tecnología de propósito general tan importante como el internet dentro de la teoría económica de difusión tecnológica.

### **2.1. Crecimiento económico neoclásico.**

El centro del análisis del crecimiento económico neoclásico y el progreso técnico exógeno arranca en el enmarque de la función de producción agregada de Robert M. Solow (1956), lo cual nos permite, por un lado, proyectar un modelo dinámico de equilibrio general con sustituibilidad entre los factores a una estructura matemática que explica por qué y cómo cambia el nivel o flujo de la producción  $Y_t$  en el tiempo, en función de los insumos rivales de capital  $K_t$  y de trabajo  $L_t$  con un factor no rival que es el conocimiento  $A_t$  que poseen las empresas a manera de receta o fórmula para generar la producción sobre el capital y el trabajo, y obtener de ello un ingreso y un consumo constante. El modelo da cuenta de la experiencia de la economía mundial en el crecimiento a largo plazo mediante el comportamiento microeconómico de los factores Capital y Trabajo, por lo que es puente científico para la modelación de la información económica y su constatación empírica con los datos, al suponer que los avances o cambios tecnológicos de influencia exógena (ajenos al modelo) explican el crecimiento a largo plazo.

En la versión completa del modelo que incorpora a la tecnología (A), la representación más simple y abstracta de la complejidad microeconómica de la oferta de bienes y servicios producidas por las empresas poseedoras de los insumos Capital, Trabajo y Tecnología, es tradicionalmente capturada en la forma matemática linealmente homogénea del tipo:

$$Y_t = F [K_t, L_t, A_t] \tag{1}$$

Para estimar la oferta de la economía a un nivel agregado, la composición de las variables es: la producción en un momento en el tiempo  $Y_t$ , en función del cambio en el tiempo de

los insumos capital y trabajo,  $K_t$  y  $L_t$  y, por último, la tecnología  $A_t$ , convencionalmente llamada “Progreso Técnico”<sup>17</sup>. El cambio en los insumos, trabajo y capital, refiere a un movimiento a lo largo de las fronteras de producción; mientras que el progreso técnico refiere a desplazamientos de la función de producción (R. M. Solow, 1957). Siendo  $K_t$  y  $L_t$  insumos rivales en una economía, es decir, no pueden ser usados a la vez en distintos lugares por las empresas, pero no así la Tecnología que como bien no rival y no excluible puede ser empleada simultáneamente en diferentes procesos de producción y no es posible limitar a nadie de su consumo.

Para que la función conserve las propiedades que la vuelven neoclásica se debe cumplir la función (1) que tenga retornos constantes a escala y retornos positivos y decrecientes de manera privada en cada insumo  $K_t$  y  $L_t$ ; satisfaga las condiciones de Inada (Barro y Sala-i-Martin, 2004). Para garantizar un resultado positivo los insumos son esenciales en su forma<sup>18</sup>.

## **2.2. Optimización simultánea y vacío del mercado para un estado estacionario.**

De este prototipo de modelo competitivo de equilibrio general, hemos iniciado el análisis con el lado de la oferta de las empresas (agregadas a una sola) que producen distintos bienes (agregados a uno solo) que pueden ya sea consumirse o invertirse en la economía. Para vaciar los mercados y que se cumpla el equilibrio general y la ley de Say, es preciso recordar que en estos modelos las familias son dueñas de todos los insumos de capital y trabajo. Por lo que, desde perspectiva de la demanda con mercados competitivos, las familias esperan obtener rentas tanto del capital y como del trabajo, este último denominado como salario real, que mediante cambios en el precio despeja a los mercados.

Las familias utilizan su ingreso, suma de las rentas de capital y trabajo o también llamados retornos y salarios, para consumo y lo que no logran consumir lo emplean para para

---

<sup>17</sup> A partir de aquí emplearemos para una mejor lectura los términos “Progreso Técnico” y “Tecnología” indistintamente como sinónimos. Algunas acepciones inclusive lo incluyen como “Conocimiento”

<sup>18</sup> La descripción completa de las condiciones para el crecimiento económico balanceado de la función de producción neoclásica está descrita en el Anexo 1.

acumular mayores activos para sus rentas. Para simplificar, hablamos de una economía cerrada<sup>19</sup> en la cual el ahorro es igual a la inversión:

$$S_t = I_t \equiv Y_t - C_t$$

Para el modelo se Solow, como lo mencionamos anteriormente, la tasa de ahorro es constante y exógena, y es una asunción que define el comportamiento de la optimización de las preferencias como fijas, y no derivado de alguna función de utilidad. Para esta economía simple, las familias ahorran una fracción de su ingreso:

$$S_t = sY_t$$

Con  $s \leq s(\cdot) = s \leq 1$  siendo la tasa de ahorro del modelo. Para una economía cerrada este representa aquella fracción de la producción interna bruta (PIB) que la economía destina a la inversión. Así, las familias concebidas como racionales escogerán la tasa de ahorro que mejor les convenga entre sus costos y beneficios de consumir hoy o mañana, quedando el consumo remanente calculado como:

$$C_t = (1 - s)Y_t$$

Las otras dos variables que el modelo va a considerar exógenas son el crecimiento poblacional y de tecnología. Simplificamos que la población crece a una tasa exógena constante:

$$\dot{L}/L = n > 0 \quad \in N \sim [0,1]$$

De modo que el trabajo crece sin consumir recursos:

$$L_t = e^{nt}$$

Y lo mismo sucede con la tecnología:

---

<sup>19</sup> Una economía abierta estaría compuesta de:  $Y_t - rD_t = C_t + I_t + G_t + NX_t$ , que es la Producción menos la tasa de interés real internacional por la deuda internacional igualada al Consumo, la inversión, gasto público y las exportaciones netas.

$$\dot{A}/A = \delta > 0 \quad \in N \sim [0,1]$$

$$A_t = e^{\delta t}$$

Brevemente dejamos fuera el bien no rival para explicar que las familias, dueñas del trabajo, lo ofrecen a las empresas de la economía de manera inelástica; es decir, hay pleno empleo sin problemas de demanda efectiva y es ofertado independientemente de su precio (siempre y cuando sea positivo). Esta condición permite elaborar una condición de vacío de mercado de trabajo del tipo:

$$L_t = \bar{L}_t$$

Donde la demanda de trabajo  $L_t$  es igual a la población  $\bar{L}_t$ . Por lo que el precio de renta del trabajo o la tasa salarial en el tiempo,  $w_t$ , es clave para que la condición se cumpla.

$$L_t \leq \bar{L}_t, w_t \geq 0,$$

$$[L_t - \bar{L}_t]w_t = 0$$

Igualmente, el precio de renta del capital en el tiempo  $R_t$ , tiene condiciones de vaciado similares para que  $K^S = K^D$ . Por el contexto dinámico de las economías para este modelo los precios son normalizados a 1 para todos los periodos permitiendo que, para todos los periodos, la tasa de interés,  $r_t$ , pueda ser observada. Así, el capital se deprecia exponencialmente a una tasa dada,  $\delta$ , para que, de 1 unidad de capital en el periodo actual, solo quede  $1 - \delta$  para el siguiente periodo.

De esta manera, el incremento neto en el insumo (*stock*) de capital físico en un punto en el tiempo equivaldrá a la inversión total menos la depreciación:

$$\dot{K}_t = I_t - \delta K_t = s \cdot F[K_t, L_t, A_t] - \delta K_t \quad (2)$$

A partir de ahora, estaremos anotando las diferenciaciones con respecto al tiempo para las variables empleando el punto por encima. Es decir,  $\dot{K}_t \equiv \partial K_t / \partial t$  determina la dinámica del capital en el tiempo con una tecnología dada y un trabajo establecido.

Volviendo a los mercados, la pérdida de una parte del stock de capital de las familias que afecta a la tasa de interés (tasa de retorno de los ahorros) implica una relación donde en el tiempo, las familias van a recibir la renta del capital del siguiente periodo menos la depreciación del mismo capital.

$$r_t = R_t - \delta$$

Sumando lo anterior expuesto es posible describir a la economía en un problema de optimización asumiendo que la economía agregada está representada en la maximización de la utilidad para una función de producción a la que se le resta la renta del trabajo, es decir el salario, y la renta del capital:

$$\max_{L_t \geq 0, K_t \geq 0} F[K_t, L_t, A_t] - w_t L_t - R_t K_t$$

Este problema de función cóncava asume factores competitivos a los mercados que interpretan a las rentas de capital y trabajo,  $R$  y  $w$ , como dados. La condición de primer orden de que la función es diferenciable implica un importante resultado donde en mercados competitivos las rentas del capital y el trabajo son igual a sus productos marginales. Empleando la descomposición del Teorema de Euler a:

$$F(K, L, A) = F_K \cdot K + F_L \cdot L \tag{3}$$

Obtenemos que las empresas utilizan como salario a el producto marginal del trabajo

$$w_t = F_L[K_t, L_t, A_t]$$

Y se demanda una renta del capital que es el producto marginal del capital

$$R_t = F_K[K_t, L_t, A_t]$$

De modo que, en el equilibrio del modelo de crecimiento de Solow, en un ambiente de competencia de mercado, las empresas no generan ganancias, es decir:

$$Y_t = w_t L_t + R_t K_t$$

Hasta ahora se ha explicado la estabilidad del modelo fundamental de Solow-Swan. Hemos observado que la explicación central se centra en el comportamiento del capital.

### 2.3. Ecuación fundamental del modelo Solow-Swan.

El cambio en el capital en el tiempo, tomado a niveles per cápita, sugiere que la producción por trabajador solo depende de la cantidad de capital por trabajador. Lo comprobamos al dividir la ecuación (1) sobre L:

$$\frac{Y}{L} = F\left(\frac{K}{L}, \frac{L}{L}, \frac{A}{L}\right) = f(k, 1, A)$$

Este resultado nos da una vista de la función de producción que pueda ser expresada por trabajador o per cápita, al suponer A exógena, lo que se reconoce en la literatura como la forma intensiva de la producción:

$$y = f(k)$$

La producción por persona está determinada por el monto del capital que cada persona posee al mantener k constante. Al no exhibir “efectos a escala”, el tener más o menos trabajadores no afecta a la producción total por persona.

Para construir la denominada ecuación fundamental del modelo Solow-Swan hay que implementar lo anteriormente explicado en la tasa de incremento del capital (2) para obtener una ecuación no lineal que solo depende de del capital, k.

$$\frac{\dot{K}}{L} = \dot{k} = s \cdot f(k) - (n + \delta) \cdot k$$

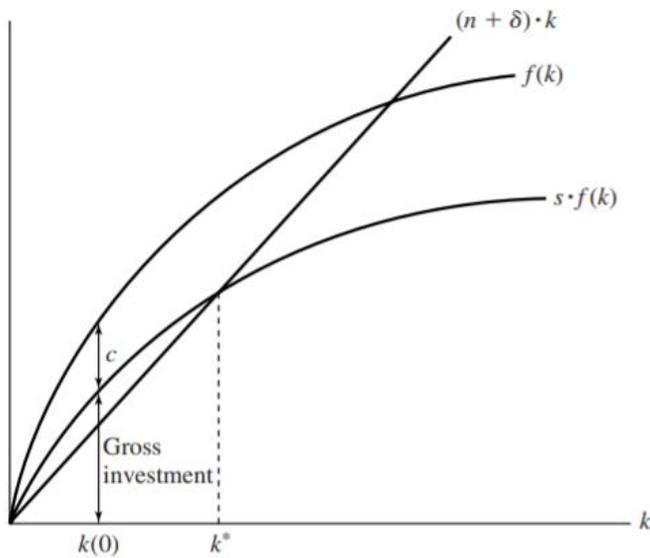


Ilustración II-A Dinámica del capital

Figura obtenida del libro de Crecimiento Económico de Barro y Sala-i-Martin (2004). En el modelo Solow-Swan, la curva de inversión bruta,  $s \cdot f(k)$ , es una función proporcional de  $f(k)$ . El consumo por persona es igual a la distancia vertical entre  $f(k)$  y  $s \cdot f(k)$ . La depreciación efectiva para  $k$  está dada por  $(n + \delta) \cdot k$ , una línea recta desde el origen. El cambio en  $k$  está dado por la distancia vertical entre  $s \cdot f(k)$  y  $(n + \delta) \cdot k$ . El estado estacionario del nivel de capital,  $k^*$ , está determinado por la intersección de la curva  $s \cdot f(k)$  con la línea  $(n + \delta) \cdot k$ .

En la Figura II-A, podemos observar la dinámica del capital. Algebraicamente, el estado estacionario, definido como un momento en el tiempo en que las cantidades de producción crecen de manera constante, cercana al cero, también podemos llamarlo crecimiento balanceado, y es expresado de manera que satisface las condiciones:

$$s \cdot f(k^*) = (n + \delta) \cdot k^* \tag{4}$$

Para un nivel dado de tecnología y con los valores dados para la depreciación efectiva, hay un valor único del estado estacionario de valor  $k^* > 0$  para cada valor de la tasa de ahorro  $s$ <sup>20</sup>. Denotado en el consumo como  $c^* = (1 - s) \cdot f[k^*(s)]$ .

---

<sup>20</sup> Incluimos en Anexo 2 el ejemplo canónico del crecimiento neoclásico de la tecnología en una función del tipo Cobb-Douglas

La cantidad  $c^*$  incrementa en  $s$  para bajos niveles de  $s$  y decrece en  $s$  para altos niveles de  $s$ . Si definimos el valor de  $k^*$  que corresponde al máximo de  $c^*$  como  $k_{oro}$ , entonces la condición que determina el  $k_{oro}$  estará dada por:

$$f'(k_{oro}) = n + \delta \quad (5)$$

Esta condición es llamada la Regla de Oro de la Acumulación de Capital (Nelson y Phelps, 1966) y es interpretada en términos económicos como que “si proveemos la misma cantidad de consumo a los miembros de esta y futuras generaciones, entonces la máxima cantidad de consumo per cápita es  $c_{oro}$ ”. Una tasa de ahorro que exceda  $s_{oro}$  es ineficiente porque altas cantidades de consumo per cápita puede ser obtenida en todos los tiempos reduciendo la tasa de ahorro y viceversa cuando  $s$  está debajo de  $s_{oro}$ .

Hasta este punto, podemos concluir que en el largo plazo hay una tasa de crecimiento al estado estacionario independiente de la tasa de ahorro y el nivel de tecnología. Además, muestra como cada ingreso per cápita converge a su propio valor de estado estacionario y al ingreso per cápita de otras economías.

#### **2.4. Endogenizar inversión y capital humano.**

La integración de modelos aumentados Solow-Swan con la inclusión del capital humano, que es referido a la cantidad de habilidades, educación, competencias y otras características en el trabajo que aumentan la productividad, actualizó a la contabilidad del crecimiento con las existencias de capital físico (el valor total de los medios de producción), capital humano (la educación tradicionalmente se mide por los años de escolaridad de la población) y mano de obra (total de personas en edad de trabajar), y que es matemáticamente anotada como:

$$Y(t) = F [K(t), H(t), AL(t)] \quad (6)$$

Sin embargo, puesto que el capital humano se deprecia de la misma manera que el capital físico, su comparativa estática, nuevamente, es similar a los modelos antes mencionados de ahí que esta contabilidad tampoco extrae la influencia que la tecnología, ya sea conocida o no, pueda tener en su crecimiento general o particular de cada factor.

Lo que observamos y explicamos con (1) y (6) es la gran desventaja del modelo de Solow-Swan, simple o aumentado, con o sin progreso técnico, con o sin capital humano, es que el crecimiento es impulsado enteramente de manera exógena, es decir, permanece como un misterio fuera del modelo y por lo tanto es imposible de atribuir a relaciones económicas e incentivos para generar progreso técnico y competir por tecnologías superiores. Tautológicamente, el crecimiento solo puede ser generado por el progreso tecnológico pero el progreso tecnológico está fuera del modelo mientras que hay un comportamiento económico evidente en la competencia por la propiedad de recurso tecnológico nuevo.

Para corregir lo anterior, surgieron las teorías del crecimiento endógeno (Aghion y Howitt, 1992; Lucas Jr., 1988) que explican los elementos claves que son: (1) la generación y distribución de las ideas con modelos explican que el crecimiento balanceado es positivamente influenciado por la derrama de conocimiento; y además lo es quienes (2) suponen un importante retorno inducido por la expansión del desarrollo y la adopción de los procesos de Innovación (Romer, 1986, 1990).

El propósito de esta investigación es estudiar al internet como recurso para el crecimiento económico, por lo que requerimos que el progreso tecnológico sea explícito en un modelo de cambio tecnológico capaz de endogenizar el progreso tecnológico y no presentarlo como una mera relación tecnológica neoclásica lineal de tasa exógena o como un subproducto de la derrama de conocimientos.

## **2.5. Importancia del progreso tecnológico que aumenta el trabajo.**

Hemos cuestionado brevemente como la ausencia de progreso tecnológico en los retornos decrecientes harían imposible mantener un crecimiento per cápita por tanto tiempo solo por pura acumulación de capital por trabajador, ello desarrolló intentos por capturar a la tecnología en la modelación económica de la literatura del crecimiento neoclásico a través de distintos Tipos de Progreso Técnico que pudieran garantizar la convergencia y el crecimiento económico balanceado<sup>21</sup>. El camino que sugiere abandonar las ideas de que los insumos y las dotaciones fueran de un modo determinista y poder conceptualizar y

---

<sup>21</sup> Recordando los hechos estilizados de Kaldor mencionados anteriormente.

modelar varias formas en las que la tecnología, las invenciones y los esfuerzos de las empresas en R&D, permiten generar la misma cantidad de producción con más o menos insumos de capital o trabajo que ahorro, requiere que formulemos funciones de producción capaces de integrar la incertidumbre a resultados del tipo estocásticos. Primero observaremos las implicaciones de modelar  $A_t$  generalizando en distintos modelos de “cambio tecnológico dirigido” desde la función que ya conocemos (1) y observable en la figura II-B.

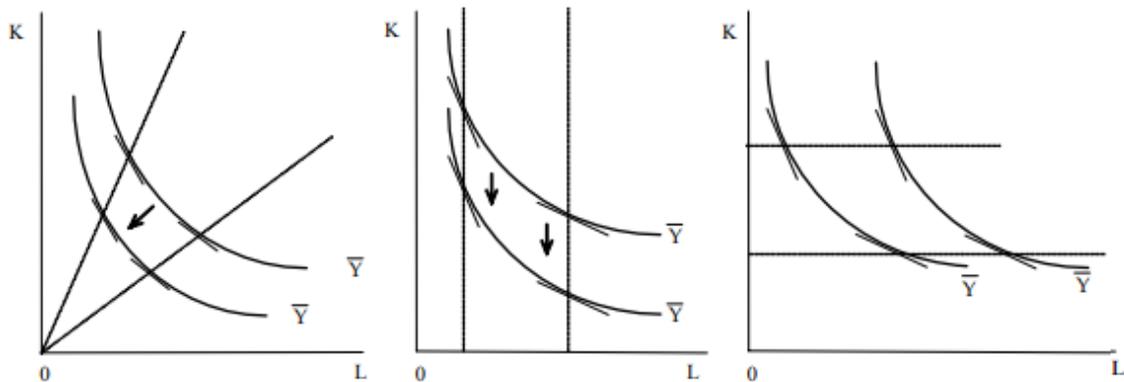


Ilustración II-B Dinámica de la tecnología  
 Figura obtenida de Introducción al Crecimiento Económico de Acemoglu (2008).  
 Muestra el comportamiento de las isocuantas, de la relación capital-trabajo, para una tecnología Hicks neutral (7) en la primera gráfica, un comportamiento Solow neutral (8) en la segunda y en la tercera muestra el Harrod neutral (9).

Primero, están aquellos modelos que tienen Retornos constantes a escala en la ya conocida función implicando que la tecnología  $A_t$  se comporte como una constante multiplicativa frente a la función de producción simple. En otras palabras, la tecnología aquí referida como Hicks-neutral es aquella que no genera cambio en la proporción de capital y trabajo, permaneciendo las isocuantas del comportamiento dinámico del capital con su forma en el tiempo como lo muestra la primera gráfica de la figura y modelado:

$$Y_t = A_t \cdot F [K_t, L_t] \tag{7}$$

Luego, están los de aumento de Capital o de Progreso técnico Solow-neutral donde las participaciones relativas de los insumos Capital y Trabajo permanecen sin cambios para una determinada proporción entre el Capital y la producción,  $(L \cdot F_L)/(K \cdot F_K)$ , debido a que un aumento en  $A(t)$  es equivalente a tener más capital en la forma:

$$Y_t = F [K_t, L_t, A_t] \quad (8)$$

Y, finalmente, los de aumento de Trabajo o Progreso técnico o Harrod-neutral que, similares a las generadas en el contexto del modelo Harrod-Domar, donde las participaciones relativas de los insumos Capital y Trabajo permanecen sin cambios para una determinada proporción entre el Trabajo y la producción,  $(K \cdot F_K)/(L \cdot F_L)$ , lo que implica que incrementos en A(t) aumentan la producción como aumento del trabajo (o eficiencia del trabajo) en la forma:

$$Y_t = F [K_t, A_t \cdot L_t] \quad (9)$$

La experiencia del mundo es que la tecnología permite que la distribución entre trabajo y capital no permanezca constante y que por ende pueda existir un crecimiento económico en el largo plazo.

## 2.6. Solow-Swan extendido.

La comparación entre modelos de crecimiento económico con progreso técnico, en su versión estática o dinámica, son muy similar a los modelos sin progreso técnico, que para modelar comportamientos hacia la convergencia y el crecimiento económico balanceado necesitarán que el progreso tecnológico sea de aumento de trabajo.

*“en los modelos con progreso tecnológico, no debemos buscar "estados estables" en los que el ingreso per cápita es constante, sino caminos de crecimiento equilibrado, en los que el ingreso per cápita crece a un ritmo constante, mientras que algunas variables transformadas como  $\hat{y}_t$  o  $\hat{k}_t$  permanecen constantes” (Acemoglu, 2012, p. 74).*

Si reunimos los conceptos que nos llevaron a la  $F(\cdot)$  (2) y asumimos una producción de L-aumento, definiremos el término A crece a una tasa constante de x. La nueva condición para el incremento neto en el insumo de capital en el tiempo estaría dada por:

$$\dot{K}_t = s \cdot F[K_t, L_t \cdot A_t] - \delta K_t \quad (10)$$

Que si, repitiendo el análisis anterior, dividimos sobre L obtenemos:

$$\dot{k} = s \cdot f(k, A_t) - (n + \delta) \cdot k \quad (11)$$

Dentro del análisis transicional del modelo de progreso técnico que aumenta el trabajo observamos entonces que para que el estado estacionario se cumpla los retornos constantes a escala de la función de producción implican ahora que las tasas de ahorro, consumo, población, depreciación y ahora tecnología permanezcan constantes. La única diferencia, simple de observar en (3), es que direccionamos a que el producto del capital promedio,  $F[k, A_t]/k$ , incremente en el tiempo solo por la tecnología. Y puesto que para garantizar que  $k$  y  $A$  crecerán manera constante para satisfacer los retornos constantes a escala, sí y solo sí,  $(\dot{k}/k)^* = x$ , se requiere además considerar además que existe:

$$\hat{k} \equiv K_t/[L_t \cdot A_t] = k/A_t$$

Donde a  $\hat{k}$ , la cantidad de capital por unidad efectiva de trabajo, y a  $L \cdot A_t \equiv \hat{L}$ , llamada la cantidad efectiva de trabajo. Ahora, integrando una sustitución en la misma forma intensiva que nos dio la función (4), podemos mostrar que la tasa de crecimiento del estado estacionario para  $\hat{k}$  que es igual a cero debe satisfacer la condición:

$$s \cdot f(\hat{k}^*) = (x + n + \delta) \cdot \hat{k}^* \tag{12}$$

## 2.7. El problema del progreso técnico neoclásico.

El cambio tecnológico que subyace en la definición de "tecnología" utilizada por Romer (1990) se extiende por todas las cosas que se inventan (Romer, 1990) incluyendo las ideas generadas por una motivación económica. En este concepto recae su trabajo desde 1986, donde la acumulación de conocimiento puede ser considerado un subproducto de las actividades económicas de las empresas y ello introduce rendimientos crecientes a escala a la acumulación de capital físico. Por ende, fue necesario endogenizar  $A(t)$  sustentándolo en el concepto de NO RIVALIDAD entre las ideas a partir de que los incrementos de la eficiencia de algún productor no significan que sea única, pues otros, en otro lugar, pueden emplearla de manera no excluyente<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Las ideas son parcialmente excluyentes al ser patentadas.

No se puede mantener a la tecnología como exógena, ya que el consenso económico ahora es que las ganancias potenciales son el principal motivador para la innovación y la invención de nuevas tecnologías por su efecto en el precio y el mercado. La nueva tecnología otorga a su portador una posición primigenia, en precio y mercado, para tener un poder monopolista *ex post* (Schumpeter, 1943) y cambios en su acumulación son factor de crecimiento sostenido.

Al expandirnos en la variedad de modelos de cambio tecnológico, encontramos los que simplemente modelan el cambio tecnológico de manera endógena a través de la expansión de la investigación y el desarrollo o R&D<sup>23</sup> visto como un diversificador de entradas o maquinas compradas y, a su vez, usadas en la producción; es decir, el proceso de innovación. Alternativamente, el proceso es igual a los modelos innovación de productos según Grossman y Helpman (1991), donde el crecimiento sucede con la invención de nuevos y variados productos bajo el supuesto de maximizar la utilidad de los consumidores. El ingreso aumenta según aumenta la innovación de productos lo que matemática y conceptualmente los hace muy similares a los modelos de crecimiento de Rebelo (Rebelo, 1991) que son modelos de estilo AK donde el crecimiento endógeno existe aún en la ausencia de rendimientos crecientes a escala porque hay un "núcleo" de bienes de capital que puede producirse sin la contribución directa o indirecta de factores que, como la tierra, no pueden acumularse.

Por otro lado, están los modelos que consideran al recurso escaso usado en el R&D, o sea, a los científicos. Estos son conocidos como modelos de crecimiento de *knowledge spillovers*<sup>24</sup>, que hacen al conocimiento acumulado un factor cada vez más productivo y el causante del crecimiento endógeno pues los recursos escasos son cada vez más y más productivos en el tiempo. Además, están aquellos que integran al crecimiento económico, pero sin efectos a escala. Esto se vuelve problemático, pues el conjunto económico sugiere que la fuerte forma de efectos a escala incrustada en los modelos de cambio tecnológico endógeno de referencia puede no proporcionar una buena aproximación a la realidad, ya

---

<sup>23</sup> Research and Development, por sus siglas en inglés.

<sup>24</sup> Traducido literal como desborde de conocimiento

que los países más grandes no necesariamente crecen más rápido. La población no es constante; mientras que el crecimiento en R&D es constante, el crecimiento económico agregado no lo es.

Otros modelos se enfocan en los aspectos competitivos de la destrucción creativa de Schumpeter, en las cuales el crecimiento económico es motivado por reemplazar a la tecnología anterior. Sin embargo, el crecimiento de la productividad, es impulsada por las empresas que continuamente innovan e invierten más en R&D en esta competencia de innovaciones y productividad entre los de arriba y los de abajo, que, aunque lógicamente más realista. Esta característica sólo amplía la disparidad; explica la diferencia, pero no la velocidad ni el esfuerzo necesario para converger a un crecimiento balanceado.

Es necesario descartar los modelos antes mencionados para el análisis empírico de este trabajo sin olvidar la teoría fundamental visualizada en las funciones (4) y (12), pues estos tipos de modelos con cambio tecnológico pueden reducirse y paralelizarse con modelos neoclásicos *AK*, como el modelo de crecimiento con externalidades de Romer (Romer, 1986). Este modelo llega a endogenizar la tecnología, y lo hace sin especificar explícitamente los costos y beneficios de invertir en nuevas tecnologías, el cual suele considerar como el principal motivante de innovar. Además, se enfoca en un solo tipo de tecnología y asumen a la tecnología como Hicks-neutral buscando rendimientos constantes a escala.

El presente estudio considerara importante analizar a los modelos de cambio tecnológico dirigido que son capaces de endogenizar la dirección y el sesgo de las nuevas tecnologías que se desarrollan y adoptan. En estos modelos la tecnología no será considerada como neutral, pues esta beneficia a los factores de la producción y a sus agentes de distinta manera y más a unos que otros en una economía. Además, los tipos de tecnología definen a distintos tipos de potenciales efectos de competencia en la economía, por lo que limitarnos a un solo tipo de cambio tecnológico disminuiría la capacidad del análisis.

La siguiente sección introduce los conceptos básicos detrás de la optimización dinámica estocástica de modelos de crecimiento económico con difusión tecnológica para capturar la incertidumbre en las preferencias de la inversión. Desde los modelos Solow-Swan para

capturar el impacto de la tecnología se ha empleado la medición del Residual de Solow o Productividad Total de los Factores (PTF), que también se denomina productividad multifactorial y refiere a la parte de la producción no explicada por los insumos de mano de obra y capital. Estas estimaciones refieren al cálculo de la productividad marginal dentro de una función de producción, realizando una medición de como contribuyen todos los factores o insumos utilizados en el producto total. (Barro, 1999)

### **2.1. Difusión del cambio tecnológico dirigido y sesgado.**

La eficiencia de las nuevas tecnologías aparece en diferentes formas y puede ser observada en los nuevos procesos de producción, mejores herramientas de comunicación, avanzada maquinaria inteligente, bienes y servicios en línea, y más tecnología que comprometen la capacidad de difundirse entre todos los niveles económicos. Por ejemplo, en Doms, Dunne y Troske (1997) un determinante clave del nivel tecnológico o de la decisión de adopción de la tecnología para las empresas parece ser el nivel de conocimientos de la mano de obra de la planta. El cambio técnico de los últimos sesenta años, o incluso del último siglo, ha estado sesgado por la destreza o habilidad de los trabajadores (Acemoglu, 2002). Recordemos que la tecnología incluye no sólo nuevos productos y procesos, sino también "tecnología empresarial" (técnicas y sistemas de gestión), "tecnología política" (formas de gobierno e instituciones) y "tecnología social" (modos de interacción humana); de hecho, incluye todo lo que pueda afectar a la producción que no sea capital físico (y a veces educativo) o trabajo. Incluye factores tales como el poder de mercado, el aumento de la rentabilidad, las complementariedades técnicas, el exceso de capacidad, las fluctuaciones no medidas en el esfuerzo y las horas de trabajo y otros errores de medición (Kenny, 2003); incluye todo lo que la mano de obra o el capital humano hace. Las diferencias de productividad y tecnología son omnipresentes entre países, así como lo son incluso en empresas dentro de diferentes sectores en el mismo país, puesto que la adopción de una tecnología no podría ocurrir a la misma velocidad entre todos los actores, economías o trabajadores.

En el ambiente competitivo económico que analizamos, las empresas y familias saben que el conocimiento es poder, la ignorancia en el mercado es la manifestación de la dispersión de los precios de los bienes, de manera que buscan asertivamente. La dispersión de precios

es omnipresente incluso para los bienes homogéneos (Stigler, 1961). La difusión del conocimiento a través del internet, es decir, la tecnología de mayor propósito general<sup>25</sup> que interconectó al mundo posibilitando la búsqueda del saber en las economías fuera público y gratis (Schmidt et al., 2014), influencia de manera positiva al incremento del crecimiento económico de las naciones. La interconectividad a través de la banda ancha tiene influencia endógena en el desarrollo de capital humano y son cuantificables los beneficios que aporta al comercio internacional (Harb, 2017).

La difusión de la tecnología es la consecuencia dinámica de la creación, innovación y adopción de la tecnología, y se caracteriza por que la acumulación de la tecnología entre los adoptantes a lo largo del tiempo surge de las decisiones individuales de adopción (Diego Comin y Mestieri, 2014). Tales decisiones son principalmente endógenamente motivadas, como argumenta Schmookler (1966), por incentivos de ganancia que generan una *demand pull*<sup>26</sup>. Restringido al tamaño del mercado al revisitarlo en Scherer (1982) las decisiones individuales persisten para las invenciones de procesos internos y también para las invenciones de productos de bienes de capital vendidos en todas las líneas de la industria.

Cabe señalar que la diseminación de la información más barata facilita la adopción de nuevas tecnologías ideadas por otros; por ello, es inmediato confirmar que el internet promueve el intercambio de información y datos entre múltiples ubicaciones. Esto es vital para el desarrollo de la descentralización del procesamiento de la información (Hayek 1945), así como para promover el crecimiento económico, ya que lo anterior sugiere que el excedente de conocimiento codificado en la red y disponible entre individuos y empresas es el canal actual por el cual fluye la información de manera descentralizada en su creación, distribución, procesamiento y acumulación. La tecnología de la comunicación y la información está fuertemente ligada a cuantificarse como las tasas de penetración de banda

---

<sup>25</sup> El concepto de “Tecnología de Propósito General” o GPT, será analizado en el Capítulo II.

<sup>26</sup> Del inglés: Jalones o estirones a la demanda

ancha por ser la tecnología particular asequible y deseable por las familias y las empresas que desean descentralizar su información, interconectar con otros actores y generar excedentes del consumo, mejor información de precios y beneficios económicos (Stigler, 1961).

La conexión a internet de alta velocidad a través de la infraestructura de banda ancha facilita la distribución espacial de grandes lotes de información que antes tenían que ser colocados [y transportados] de manera física. El internet es difusor de tecnología y a la vez se difunde como tecnología en la economía. Lo que sucede a través de internet permite nuevos modelos de negocio, actividades empresariales y la colaboración de empresas productoras de insumos especializados, lo que ayuda a reducir las barreras de entrada y aumentar la transparencia del mercado aumentando tanto la productividad laboral (también mediante una mejor adecuación de los puestos de trabajo) como la competencia en el mercado y, en última instancia, el crecimiento económico (Czernich et al., 2011).

El consenso de la literatura sugiere que la mayor parte de los aumentos de productividad surgen del uso en el lugar de trabajo de Internet de banda ancha y de las redes de empresa a empresas. En particular, se observa que cuando la tecnología comparte 4 condiciones necesarias y suficientes: 1) generar externalidades, 2) complementaria de otras tecnologías, 3) invasiva en virtualmente toda la producción y 4) intensiva en Hicks-neutral<sup>27</sup> se puede afirmar que se está ante una Tecnología de Propósito General (GPT)<sup>28</sup>(Lipsey et al., 2005, pp. 93–108). Las GPT fundamentalmente cambian el cómo y dónde está organizada la actividad económica (Harris, 1996; Helpman y Trajtenberg, 1996) como lo hicieron la máquina de vapor y combustión, la luz y el microchip, hoy lo comparte el internet.

La complejidad de medir la difusión tecnológica radica en el período de tiempo que toma que las nuevas tecnologías sean adoptadas por quienes parecen beneficiarse más de su uso. La literatura que trata de explicar por qué sucede esto es enorme, y se extiende sobre varios límites disciplinarios. Para muchos, la cuestión de por qué las cosas se difunden lentamente

---

<sup>27</sup> Concepto que iremos suavizando para integrar al internet en las estimaciones a través de la tasa de penetración de banda ancha

<sup>28</sup> GPT siglas en inglés de General Purpose Technology

se ha centrado mucho en un único hecho estilizado sobre esa lentitud; se sabe que la trayectoria temporal del uso de las tecnologías suele seguir una curva en S donde las tasas de difusión primero suben y luego bajan con el tiempo, lo que conduce a un período de adopción relativamente rápida entre un período temprano de absorción lenta y un período tardío de acercamiento lento hacia la saciedad (Geroski, 2000). Los más populares son, ciertamente, los modelos epidemiológicos de difusión de información seguidos de los modelos probit.

El acceso al mercado del internet es interesante para modelar la difusión de la tecnología. Kijek y Kijek (2010) analiza este proceso a través de distintos modelos de difusión de la innovación ubicando a las características intensiva del internet. Primero hay un efecto de red por la interconexión entre los miembros en un sistema social; segundo, las instituciones públicas y privadas fomentan y publicitan proactivamente su desarrollo y participación; tercero, la alta tasa de desarrollo de estos mercados se debe a la variedad de tecnologías con las que se puede acceder como DSL, Cable, Satelite, 3G/4G, entre otros. En sus estimaciones a modelos de difusión, Kijek emplea una muestra de 29 países de la OCDE en un periodo de 2000 a 2009 y asume un numero constante de usuarios potenciales del internet. Así, encuentra que los modelos paramétrico con mejores resultados en sus estimaciones y con alto nivel de significancia ( $p > 0.001$ ) son los modelos logísticos, por encima de los modelos de Bass estimados por OLS y los modelos dinámicos estimados por NLS<sup>29</sup>.

Considerando estos respaldos empíricos y teóricos de los capítulos I y II, respectivamente, se ha seleccionado un modelo que considere al internet de alta velocidad vía infraestructura de banda ancha como capaz de afectar las capacidades de innovación de la economía a través del desarrollo de nuevos productos, procesos y modelos de negocios para promover el crecimiento (Czernich et al., 2011). Por lo que estudiaremos a la difusión de la tecnología como a la difusión del conocimiento. Cuantificaremos la expansión y penetración de las nuevas tecnologías de la comunicación como, el internet en los hogares y las empresas, el que ha fomentado la creación de la popularmente llamada “super avenida de la

---

<sup>29</sup> Del inglés Non-linear least squares, mínimos cuadrados no lineares

información”, empíricamente a través del crecimiento de las conexiones de banda ancha para distintos países desde el 1996 hasta el 2018 pertenecientes al bloque de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

## CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO

Como hemos visto hasta ahora, las regiones con mayor internet son más propensas a incrementar sus intercambios comerciales, elevar su productividad y participar en el contexto internacional a partir de conectarse a Internet. Además, con mayor internet se intensifica el intercambio de conocimiento al conectarse a las fuentes inconmensurables de información. La generación de ideas fomenta el crecimiento y el desarrollo.-Para explicar el impacto que ha tenido el crecimiento de las conexiones de banda ancha que provee de la capacidad de interconectarse a la red y tener internet en el crecimiento económico de los países y estados, fue preciso desarrollar las estimaciones sobre dos muestras:

- 1) Un panel de datos proveídos por el World Data Bank en sus World development indicators de los cuales extraemos la información de 34 países, muestra que corresponde a los países integrantes de la OCDE desde el 2000 hasta el 2018.
- 2) Paralelamente, otro panel de datos proveídos por las autoridades de México, como el INEGI<sup>30</sup>, para extraer la información de las 32 entidades federativas, pero con la limitante de un periodo de 2013 al 2018.

Pretendemos analizar dos muestras poblacionales, la primera correspondiente a países, incluyendo a México, y la segunda a el nivel desagregado de los estados que conforman a México. De esta manera se busca observar que los datos sean concluyentes en afirma que, sin importar el espacio de la muestra, las implicaciones del crecimiento del internet, observado en las conexiones de banda ancha, está positivamente correlacionada y es causal del crecimiento de las economías.

Siguiendo la metodología implementada por Czernich, Falck, Kretschmer and Woessmann (2011), comenzamos con una simple función de producción macroeconómica con retornos de escala constantes y tres inputs de capital físico, capital humano y trabajo, es decir un modelo aumentado de Solow. Para probarlo, los investigadores sugieren que la mejor forma de comenzar el análisis del crecimiento económico es siguiendo la obra seminal de

---

<sup>30</sup> Instituto Nacional de Geografía y Estadística

análisis de panel con el modelo empírico de Mankiw, Romer y Weil (1992), agregando el capital humano al modelo de crecimiento neoclásico aumentado de Solow (R. M. Solow, 1957), en el cual el estado estacionario sería dado por una función tipo:

$$\log y_{it} = \log A_i + B_i \log s_{it} + \beta_2 \log h_{it} + \beta_3 \eta_{it} \quad (1)$$

Donde:

$y_{it}$  = representa el producto interno bruto (PIB).

$s_{it}$  = la propensión a acumular capital físico

$h_{it}$  = el promedio de acumulación de capital humano de la fuerza de trabajo

$\eta_{it}$  = es el crecimiento de la fuerza de trabajo

$A_{it}$  = es el estado de la tecnología en el estado estacionario.

Ahora bien, asumiendo que la tecnología evoluciona a lo largo de una senda de crecimiento de manera exponencial a lo largo del tiempo, se puede esta escribir como:

$$A_{it} = A_0 e^{\lambda_{it}} \quad (2)$$

Donde  $\lambda_{it}$  es el parámetro del progreso tecnológico para la  $i$ -ésima observación en el tiempo  $t$ , es decir, para el país en el tiempo especificado.

Mientras el internet permita la generación y distribución de ideas e información descentralizada, esperamos que el internet tenga un efecto en el parámetro de crecimiento  $\lambda$ . Para determinar el efecto de la introducción del internet en el crecimiento económico, empezamos con la siguiente especificación:

$$\lambda_{it} = \alpha_t + \alpha_1 D_{it} \quad (3)$$

Dónde  $\alpha_t$  son dummies y  $D_{it}$  es una variable binaria igual a 1 después de que el estado ha introducido el internet.

### 3.1. Modelos para estimar

La unión de los modelos (1) y (3) nos da la capacidad especificar en el marco de diferencia en diferencias<sup>31</sup> a la ecuación siguiente de forma:

$$\log y_{it} = \alpha_i + \alpha_t + \alpha_1 D_{it} + \beta_1 \log s_{it} + \beta_2 \log h_{it} + \beta_3 \eta_{it} + \epsilon_{it} \quad (4)$$

Ahora,  $\alpha_1$  nos da el efecto de la introducción del internet al PIB per capita,  $\alpha_i$  captura los efectos específicos de cada país y  $\epsilon_{it}$  es un término de error.

El modelo de especificación anterior asume que hay un cambio permanente en el PIB per cápita una vez que la banda ancha ha sido introducida. Ahora bien, siguiendo los esfuerzos en la literatura del cambio tecnológico por modelar el efecto de la difusión de la tecnología como factor para la diferencia de crecimiento económico entre las economías, empleamos la siguiente estimación:

$$\lambda_i = \alpha + \alpha_1 B_i \quad (5)$$

Dónde:  $B_i$  = tasa de penetración de la tecnología de banda ancha.

Esta variable es a la vez la penetración del internet pues es la proporción de la población que se ha suscrito a una conexión de banda ancha en el país -iésimo. Tomando primeras diferencias, resulta nuevamente en una ecuación modificada de la (1) en la cual adicionalmente controlamos por el PIB per cápita  $y_{i0}$ , que es un año antes de la primera aparición del internet en el país (Barro, 1991):

$$\Delta \log y_{it} = \alpha + \alpha_1 B_{it} + \beta_1 \Delta \log s_{it} + \beta_2 \Delta \log h_{it} + \beta_3 \Delta \eta_{it} + \beta_4 \log y_{i0} + \beta_5 T_{it}^B + \epsilon_{it} \quad (6)$$

De este planteamiento nos interesan principalmente los efectos de las persistentes diferencias en las tasas de penetración de la banda ancha entre los países de la OCDE. Por lo tanto, controlamos para la convergencia de la difusión de la banda ancha incluyendo los años transcurridos desde la introducción de la banda ancha en un país, a través de  $T_{it}^B$

---

<sup>31</sup> Suponemos intercambiabilidad, es decir, en ausencia de tratamiento, las diferencias no observadas entre los grupos de tratamiento y de control son las mismas en el tiempo.

(Gruber y Verboven, 2001). De este modo se garantiza que sólo se comparen las tasas de penetración de la banda ancha en el mismo punto del proceso de difusión, que pueden diferir entre los países.

### **3.2. Modelo de variables instrumentales**

Hasta este punto, los dos modelos de regresión (4) y (6) no podría interpretarse efectos causales de la introducción y difusión de la banda ancha. Existen muchas argumentaciones que pudieran suponer un resultado sesgado si se estima por medio de Mínimos Cuadrados Ordinarios, es ello por lo que optamos por integrar al modelo de difusión tecnológica la interpretación y estimación por Variables Instrumentales por medio de 2SLS o GMM.

El uso de Variables Instrumentales, derivadas de un modelo de difusión tecnológica para la correcta estimación del efecto causal de la infraestructura de banda ancha en el crecimiento económico, surge como alternativa para la estimación del sesgo de endogeneidad presente en la causalidad inversa en la relación endógena del año de introducción y la subsecuente penetración<sup>32</sup>. Fenómeno que antes Comin y Hobijn (2004) observaron en cómo los países más avanzados adoptaban más rápido a las 20 mejores tecnologías de su muestra a comparación entre los menos desarrollados.

La construcción de esta Variable instrumental se compone de dos pasos, el primero es la estimación del Primer Efecto mediante la estimación a una regresión logística a la curva de los datos de la tecnología disponible de banda ancha; construyendo así una primera estimación para resolver la correlación de los términos de error que causarían endogeneidad por la penetración de banda ancha en el crecimiento económico. Los autores Czernich, Falck, Kretschmer and Woessmann (2011) lo calculan asumiendo que el máximo alcance de la banda ancha  $\gamma_i$ , es decir, la máxima que puede tocar la banda ancha está dada

---

<sup>32</sup> Esta relación de endogeneidad puede depender del desarrollo económico y no del crecimiento de la infraestructura de banda ancha, lo cual es concerniente a interpretar una parametrización que sufre de sesgo por causalidad inversa de la estimación original. Otro sesgo de endogeneidad pudiera venir de la intervención estatal en telecomunicaciones por parte de gobiernos, por ejemplo, en México, la normativa e información es controlada por el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), antes llamada Comisión Federal de Telecomunicaciones.

por la expansión de la tecnología de línea fija y televisión por cable, los cuales existían antes de la introducción de la infraestructura de banda ancha. Esto es modelado como:

$$\gamma_i = \gamma_0 + \alpha_1 \text{telnet}_{i0} + \text{cable}_{i0}$$

Por un lado, esta medida nos permite medir a la expansión de las telecomunicaciones tradicionales hasta antes del internet; pero además los autores justifican de manera lógica la aproximación que resuelve la endogeneidad por variables instrumentales pues el estándar de la tecnología de internet de banda ancha en sus inicios recae en la red de telefonía en dial-up y luego ADSL y en el cable coaxial de la televisión por cable, que luego fueron transformados a red de fibra óptica y se expandió el internet satelital<sup>33</sup>. El acceso previo a estas tecnologías restringe o bien son necesarias económicamente para proveer de la banda ancha y así su inmediata difusión en el territorio. Siguiendo esta recomendación, hecha una década atrás, estimaremos con el valor máximo de cada país al año 2018, que es el último año de nuestra muestra.

$$\gamma_i = \gamma_{max} \tag{7}$$

Las primeras curvas logísticas para observar el crecimiento de la tecnología empleadas en estudios económicos se utilizaron en la agricultura y se recogen en el trabajo de Griliches (1957). Desde entonces, una gran literatura de investigación encuentra que el amplio margen de difusión de una nueva tecnología en el país  $i$  en el tiempo  $t$  se describe mejor a través de una curva logística (Diego Comin et al., 2006; Geroski, 2000) estimable en sus parámetros a través del método de máxima verosimilitud en los llamados modelos logísticos con observaciones repetidas<sup>34</sup> y observable de la siguiente forma:

$$B_{it} = \frac{\gamma_i}{1 + \exp[-\beta(t-\tau)]} + \epsilon_{it} \tag{8}$$

De nuevo,  $B_{it}$  es la tasa de penetración de la banda ancha en la población. La curva de difusión puede caracterizarse por los parámetros  $\gamma$ ,  $\beta$ ,  $\tau$  que determinan el nivel máximo

---

<sup>33</sup> Estos nos fueron contemplados tampoco en este estudio.

<sup>34</sup> La variable dependiente es una proporción que toma valores entre 0 y 1

de penetración de la banda ancha (nivel de saturación), la velocidad de difusión y el punto de inflexión del proceso de difusión, respectivamente. En el punto de inflexión  $\tau$ , la curva de difusión tiene su máxima tasa de crecimiento  $\beta/2$ .  $\epsilon_{it}$  es un término de error.

Insertando (7) en (8), obtenemos una ecuación no lineal para la primera etapa de Variables Instrumentales obtenemos:

$$B_{it} = \frac{\gamma_{max}}{1 + \exp[-\beta(t-\tau)]} + \epsilon_{it} \quad (9)$$

Sobre la base de la estimación de los mínimos cuadrados no lineales, calculamos a partir de esta ecuación los valores contra fácticos de la penetración de la banda ancha que están determinados puramente por factores exógenos. En el siguiente capítulo veremos como utilizamos estas tasas de penetración de la banda ancha pronosticadas en nuestras regresiones de crecimiento en los modelos de Mínimos Cuadrados de Segunda Etapa.

### 3.1. Las variables

Considerando que emplearemos estructuras de panel, explicamos a la variable explicada (dependiente) de la siguiente forma:

$$y(i)(t)$$

El consenso de la medición deposita el crecimiento económico en la variable dependiente, medida como el valor del producto interno bruto (GDP)<sup>35</sup> per cápita. Este es el indicador más aceptado para medir el nivel de producción de un país entre un año y otro estandarizado a la cantidad de población entre un año y otro. En otras palabras, el GDP per cápita se define como el valor total de la producción nacional de bienes y servicios en un país determinado en un año determinado por el agente residente dentro del territorio.

Para la muestra de 34 países de la OCDE de 1996 a 2018 las distintas variables contables<sup>36</sup> están deflactadas a precios constantes de 2011 y son extraídos de las bases de datos de los Indicadores Mundiales del desarrollo del Banco de Datos Mundial (WD-WDI)<sup>37</sup> mientras que las variables contables<sup>38</sup> pertenecientes a los 32 estados de México de 2013 a 2018 están deflactadas a precios constantes de 2013 y fueron extraídas del Banco de información Estadística del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (BIE-INEGI),

Las correlaciones y relaciones de causalidad las buscaremos revelar a partir de las siguientes variables explicativas (independientes) como la propensión a acumular capital físico:

$$s(i)(t)$$

Y se refiere a todos los bienes ya producidos que se utilizan como insumos en el proceso de producción, tales como estructuras residenciales y no residenciales, infraestructuras, equipos, maquinarias e inventarios. En otra literatura se le puede encontrar como

---

<sup>35</sup> Gross Domestic Product en sus siglas en inglés

<sup>36</sup> Producto Interno Bruto per cápita y formación bruta de capital fijo.

<sup>37</sup> World Data Bank - World Development Indicators

<sup>38</sup> Producto Interno Bruto Estatal- PIBE y Formación bruta de capital fijo estatal.

capital real. Para efectos de este trabajo, consideramos a la proporción de la formación bruta de capital fijo sobre el producto interno bruto, a precios constantes de 2011, como aproximación a esta variable.

También empleamos a el promedio de acumulación de capital humano de la fuerza de trabajo:

$$h(i)(t)$$

esta es una variable importante hoy en día para considerar en todo modelo de crecimiento y desarrollo económico. Para Becker, (1974) el capital humano es considerado como un conjunto de habilidades y talentos de trabajadores productivos adquiridos de manera informal y (a través de la experiencia) formal (a través de la educación o la capacitación). También puede definirse como el conjunto de inversiones para la educación, la salud y el aprendizaje de un trabajo, que aumentan la productividad de una persona en el mercado laboral y en otras áreas. Para efectos de este trabajo, el capital humano se observa para la muestra de países de la OCDE como el promedio de escolaridad media de la población de ambos sexos mayor a 25 años y es igualmente extraída del WD-WDI, mientras que la información para las entidades federativas de México, esta es extraída del Sistema Nacional de Evaluación de la Educación que estima el dato a partir de los censos quinquenales del INEGI.

Una variable más de control es el crecimiento de la fuerza de trabajo:

$$n(i)(t)$$

Esta acumula a la población en edad para trabajar y que son activos en la contribución económica de un país, que en el panel de la OCDE es a la de las edades entre 15 y 64 años y está en valores constantes. Por otro lado, la de los estados nacionales fue extraída del Consejo Nacional de Población (CONAPO) con las mismas especificaciones de edad y valores.

Para observar y estimar a partir de una variable de estado para el progreso técnico:

$$B(i)(t)$$

Se determinó emplear esta para las suscripciones de banda ancha fija por cada 100 habitantes en ambas muestras. La banda ancha es una tecnología estándar para conectar los hogares, por lo que se puede traducir en una mayor conectividad a la red de los hogares tanto en países de la OCDE como en los estados de México que para el presente estudio, se calculó el dato a partir de las cifras la cantidad de conexiones de banda ancha corrientes que provee el Instituto Federal de Telecomunicaciones sobre cada 100 habitantes totales por estado.

De esta cifra, se obtienen distintos cálculos extras para la conformación de las estimaciones metodológicas, las cuales hemos descrito aquí brevemente. A continuación, veremos a  $D$  como una variable dummy binaria con un 0 si el país aún no cuenta con internet.  $T_t^B$  es para los años que lleva el país o estado con internet.

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis exploratorio

A continuación, se muestran los datos obtenidos para las muestras seleccionadas.

La tabla IV-A presenta a los 36 países pertenecientes a la OCDE de la primera muestra con las estadísticas descriptivas de la tasa de penetración del internet.

**Penetración del Internet por cada 100 Habitantes para 36 países OCDE**

<b>País</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Maximo</b>	<b>Des. Est.</b>	<b>N/A</b>	<b>N</b>
<i>Austria</i>	18.32	21.58	0.63	28.85	9.84	3	23
<i>Belgica</i>	23.04	27.67	0.11	39.22	13.75	2	23
<i>Canada</i>	24.30	29.52	0.47	38.96	12.69	2	23
<i>Suiza</i>	30.08	35.54	0.79	46.42	15.62	4	23
<i>Chile</i>	8.97	9.80	0.05	17.36	5.79	4	23
<i>Rep Checa</i>	16.49	19.41	0.02	30.22	11.66	4	23
<i>Alemania</i>	24.50	30.86	0.33	41.11	14.38	4	23
<i>Dinamarca</i>	30.58	36.60	1.25	44.06	14.22	4	23
<i>Estonia</i>	20.90	24.79	1.26	33.35	9.95	5	23
<i>España</i>	18.44	21.04	0.19	32.50	10.76	4	23
<i>Finlandia</i>	23.74	29.80	0.67	32.20	11.07	4	23
<i>Francia</i>	23.97	28.66	0.02	44.78	16.99	2	23
<i>Gran Bretaña</i>	24.21	28.45	0.09	39.60	14.09	4	23
<i>Grecia</i>	19.46	21.72	0.09	37.65	13.19	7	23
<i>Hungría</i>	16.82	19.85	0.03	31.72	11.28	4	23
<i>Irlanda</i>	19.10	22.40	0.27	29.68	10.16	6	23
<i>Israel</i>	21.11	23.99	0.72	28.75	8.37	5	23
<i>Islandia</i>	26.78	33.99	0.03	40.56	13.74	3	23
<i>Italia</i>	16.74	20.45	0.20	28.14	9.52	4	23
<i>Japón</i>	19.74	23.43	0.03	32.62	11.45	2	23
<i>Rep. Corea</i>	28.00	31.46	0.03	41.60	12.65	2	23
<i>Lituania</i>	17.77	20.88	0.07	29.68	10.79	5	23
<i>Luxemburgo</i>	24.70	31.70	0.28	37.12	12.99	5	23
<i>Letonia</i>	15.11	20.52	0.01	27.28	11.01	4	23
<i>Mexico</i>	6.90	8.57	0.02	14.55	5.27	4	23
<i>Países Bajos</i>	28.68	35.95	0.48	43.42	15.40	3	23
<i>Noruega</i>	27.53	34.56	0.52	41.34	14.29	4	23
<i>Nueva Zelanda</i>	19.23	23.65	0.12	34.72	12.83	4	23
<i>Polonia</i>	11.88	14.94	0.03	20.11	7.62	5	23
<i>Portugal</i>	16.98	16.73	0.00	36.90	11.88	3	23
<i>Suecia</i>	26.85	31.62	2.80	39.85	11.45	4	23

<i>Eslovenia</i>	18.57	22.55	0.28	29.49	10.04	5	23
<i>Eslovaquia</i>	14.33	16.23	0.08	27.65	9.41	6	23
<i>Turquía</i>	7.88	9.43	0.02	16.28	5.34	5	23

Tabla IV-A Descriptivos del internet para los 36 países.

Nota: Elaboración Propia. Fuente: WB-WDI. Presenta la media, mediana, mínimo, máximo y desviación estándar del indicador de la penetración de internet en los 36 países de la OCDE.

Podemos observar a los países con mayor desarrollo tener una mayor velocidad en la expansión de las conexiones de banda ancha a través de 18 años, además de ver cómo han acumulado un máximo por encima de las 30 personas por cada 100 habitantes en sus respectivos países. México queda en el último lugar, con un máximo solo parecido al de Turquía.

Se estudia la desagregación del país en sus 32 entidades federativas de la manera siguiente y presentada en la Tabla IV-B donde se numeran los estados contemplados junto con las estadísticas de la tasa de penetración del internet

#### **Penetración del Internet por cada 100 Habitantes para 32 estados.**

<b>Estado</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Maximo</b>	<b>Des.Es.</b>	<b>N</b>
<i>Aguascalientes</i>	10.99	10.49	9.31	13.63	1.65	6
<i>Baja California</i>	18.51	18.26	15.34	22.13	2.50	6
<i>Baja California Sur</i>	16.76	15.96	14.87	19.93	2.03	6
<i>Campeche</i>	7.89	7.77	6.77	9.13	1.15	6
<i>Chiapas</i>	3.50	3.37	3.01	4.27	0.47	6
<i>Chihuahua</i>	13.31	12.94	11.14	16.02	1.84	6
<i>Ciudad de Mexico</i>	24.55	24.26	21.12	28.04	2.73	6
<i>Coahuila de Zaragoza</i>	12.43	12.38	11.39	13.69	0.76	6
<i>Colima</i>	14.61	14.42	12.35	17.28	1.74	6
<i>Durango</i>	8.58	8.45	7.13	10.25	1.17	6
<i>Guanajuato</i>	9.63	9.53	7.21	12.18	1.92	6
<i>Guerrero</i>	6.84	6.72	5.88	8.01	0.79	6
<i>Hidalgo</i>	6.87	6.74	5.84	8.03	0.82	6
<i>Jalisco</i>	14.23	13.91	11.56	17.43	2.28	6
<i>Mexico</i>	11.81	11.65	9.94	14.05	1.52	6
<i>Michoacán de Oc.</i>	8.35	8.73	5.89	10.55	1.92	6
<i>Morelos</i>	14.48	14.22	12.55	16.76	1.57	6
<i>Nayarit</i>	10.83	10.83	9.13	12.54	1.28	6
<i>Nuevo Leon</i>	17.87	17.72	14.98	21.13	2.24	6
<i>Oaxaca</i>	5.10	4.99	4.27	6.11	0.67	6
<i>Puebla</i>	9.04	8.94	7.36	10.73	1.32	6
<i>Queretaro</i>	15.29	14.80	11.68	19.54	3.05	6

<i>Quintana Roo</i>	15.03	14.89	12.34	18.03	2.07	6
<i>San Luis Potosi</i>	8.89	8.88	7.67	10.26	0.89	6
<i>Sinaloa</i>	11.69	11.49	9.68	14.15	1.71	6
<i>Sonora</i>	14.57	14.41	12.16	17.14	1.88	6
<i>Tabasco</i>	5.90	5.89	5.55	6.39	0.28	6
<i>Tamaulipas</i>	11.90	11.75	10.96	13.14	0.90	6
<i>Tlaxcala</i>	7.74	7.57	6.82	8.97	0.79	6
<i>Veracruz de Ig. Llave</i>	8.55	8.44	7.36	9.97	0.97	6
<i>Yucatan</i>	10.15	9.92	8.34	12.10	1.48	6
<i>Zacatecas</i>	8.06	8.11	6.63	9.45	1.09	6

Tabla IV-B Descriptivos del internet para los 32 estados de México.

Nota: Elaboración Propia. Fuente: IFT. Presenta la media, mediana, mínimo, máximo y desviación estándar del indicador de la penetración de internet por cada 100 habitantes en los 32 estados de México.

De lo anterior podemos observar una desigualdad aún mayor que en la Tabla IV-A entre países, pues las diferencias son mayores entre los que más conectados están y los que menos. Es visible que solo tres estados que se separan del resto (Baja California, Ciudad de México y Nuevo León) tienen una penetración mayor a 20 personas por cada 100 habitantes, mientras que el resto está por debajo.

#### **4.2. Estimaciones para la muestra de 36 economías integrantes de la OCDE**

A continuación presentamos la estimaciones presentadas en el capítulo III, específicamente para las ecuaciones (4) y (6) que serán referidas como Modelo A y Modelo B respectivamente.

##### **Modelo A Estimación de Panel -Mankiw, Romer y Weil (1992)**

Es un modelo empírico de crecimiento endógeno con la especificación de la variable de internet para capturar los efectos en el PIB per cápita. Empleando datos de 36 países de la OCDE y parametrizado para diferencia en diferencias podemos observar en la Tabla IV-C a los resultados de estimar la ecuación (4) capturando a los efectos fijos, encontramos por encima de las pruebas y diagnósticos necesarios como para determinar que es la mejor estimación al modelo.

Se inicia con un modelo anidado longitudinalmente en 22 años, desde 1996 hasta 2018. Con 382 observaciones, se realizó la estimación observable en la primera columna de la

Tabla IV-C, y que, una vez sometida a las pruebas de especificación de Breusch-Pagan arrojó un resultado de:

**Prueba del multiplicador de Lagrange:**  $\text{chisq} = 3150.9$ ,  $\text{df} = 2$ ,  $\text{p-value} < 2.2\text{e-}16$   
Hipótesis alternativa: efectos significativos

Lo que sugiere rechazar la hipótesis nula y no emplear un panel anidado. Con esta consideración, se procede a analizar estimando el modelo para efectos fijos y aleatorios.

Una vez empleado el modelo anidado con ajustes de efectos fijos y aleatorios se procede a realizar la prueba de Hausman para confirmar si los efectos fijos son los que más información recogen del modelo planteado

**Prueba de Hausman**  $\text{chisq} = 13.969$ ,  $\text{df} = 4$ ,  $\text{p-value} = 0.007396$   
Hipótesis alternativa: Un modelo es inconsistente

Motivo de lo anterior, se rechaza la hipótesis nula de que los efectos de los coeficientes del modelo de efectos fijos y el modelo de efectos aleatorios son iguales, por lo que se determina que el mejor modelo para estimar los efectos es el de efectos fijos ya que este recoge más información del modelo estimado.

A su vez, se presentan a los Efectos Fijos robustos en el tiempo que constan de además de fijar el coeficiente por país, también se fijan las variables del año para comparar en el mismo tiempo sin embargo resultó no significativa lo que se pudiera explicar por la disparidad en los inicios de la penetración del internet y su velocidad de expansión por país.

### Estimaciones de Panel del Modelo A (4).

El efecto de la introducción de la Banda Ancha en el Producto interno Bruto per cápita

Variable Dependiente: <i>Log(y)</i>	Efectos Fijos individuales	Efectos Aleatorios
<i>D<sub>it</sub></i>	0.115*** (0.022)	0.116*** (0.022)
<i>Log(s)</i>	0.407*** (0.036)	0.395*** (0.036)
<i>Log(h)</i>	0.836*** (0.062)	0.848*** (0.061)
$\Delta n$	-6.368*** (0.906)	-5.884*** (0.906)
Constante		1.940*** (0.164)
$R^2$	0.480	0.498
$R^2$ Ajustada	0.443	0.494
F estadístico	114.374 ***	521.678***

Códigos de Significancia: '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '\*' 0.1

Tabla IV-C Estimación Modelo A (4) para 36 países de la OCDE.

Nota: Elaboración Propia. Errores estándar entre paréntesis.

Fuente: WB-WDI.

Los resultados en la Tabla IV-C sugieren, bajo un modelo de efectos fijos, que una vez que un país introdujo el internet a su región tiene en promedio un PIB per cápita 11.5% más alto que cuando no había iniciado la introducción de la tecnología de banda ancha.

### Modelo B Estimación de Panel- Gruber y Verboven (2001)

Es una estimación empírica que modela a los efectos de la difusión del internet en el crecimiento del PIB per cápita con una regresión estándar (panel anidado) para el mismo panel de 36 países de la OCDE; se puede observar en la siguiente Tabla IV-D los resultados de modelar la ecuación (6) capturando además a los efectos fijos que nuevamente los encontramos altamente significativos en sus pruebas y diagnósticos para determinar que este es el mejor modelo estimado para analizar el efecto de la introducción de banda ancha en el PIB per cápita de las naciones implementando.

Se inicia con un modelo anidado longitudinalmente en 22 años, desde 1996 hasta 2018. Con 382 observaciones, se realizó la estimación observable en la primera columna de la Tabla IV-D, y que, una vez sometida a las pruebas de especificación de Breusch-Pagan arrojó un resultado de:

**Prueba del multiplicador de Lagrange:**  $\text{chisq} = 467.97$ ,  $\text{df} = 2$ ,  $\text{p-value} < 2.2\text{e-}16$   
Hipótesis alternativa: efectos significativos

Lo anterior sugiere rechazar la hipótesis nula y no emplear un panel anidado. Con esta consideración, se procede a analizar estimando el modelo para efectos fijos y aleatorios.

Una vez empleado el modelo anidado con ajustes de efectos fijos y aleatorios se procede a realizar la prueba de Hausman para confirmar si los efectos fijos son los que más información recogen del modelo planteado

**Prueba de Hausman**  $\text{chisq} = 13.969$ ,  $\text{df} = 4$ ,  $\text{p-value} = 0.007396$   
Hipótesis alternativa: Un modelo es inconsistente

Motivo de lo anterior, se rechaza la hipótesis nula de que los efectos de los coeficientes del modelo de efectos fijos y el modelo de efectos aleatorios son iguales, por lo que se determina que el mejor modelo para estimar los efectos es el de efectos fijos ya que este recoge más información del modelo estimado.

Los resultados del coeficiente de la penetración de banda ancha, o internet, es significativo y positivo en la especificación de efectos fijos en el tiempo. Su magnitud sugiere que un crecimiento de 10 puntos en la tasa de penetración incrementa PIB per cápita en un 4% en crecimiento anual.

### Estimación de Panel del Modelo B (6)

El efecto de la difusión de la Banda Ancha en el Producto interno Bruto per cápita

Variable Dependiente: $\Delta \text{Log}(y)$	Efectos Fijos individuales	Efectos Aleatorios
$B_{it}$	0.004** (0.0002)	0.0002 (0.0002)
$T_{it}$	-0.0002** (0.0001)	-0.0001** (0.0001)
$\Delta \text{Log}(s)$	0.195*** (0.017)	0.217*** (0.017)
$\Delta \text{Log}(h)$	-0.011 (0.037)	-0.014 (0.038)
$\Delta^2 n$	0.016 (0.393)	-0.016 (0.406)
$GDP_{pc96}$	-0.001*** (0.0001)	-0.001*** (0.0001)
Constante		0.045*** (0.005)
$R^2$	0.306	0.331
$R^2$ Ajustada	0.267	0.323
F Statistic	33.10*** (df = 6; 462)	240.848***

Códigos de Significancia: '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '\*' 0.1

Tabla IV-D Estimación Modelo B (6) para 36 países de la OCDE.

Nota: Elaboración Propia. Errores estándar entre paréntesis.

Fuente: WB-WDI.

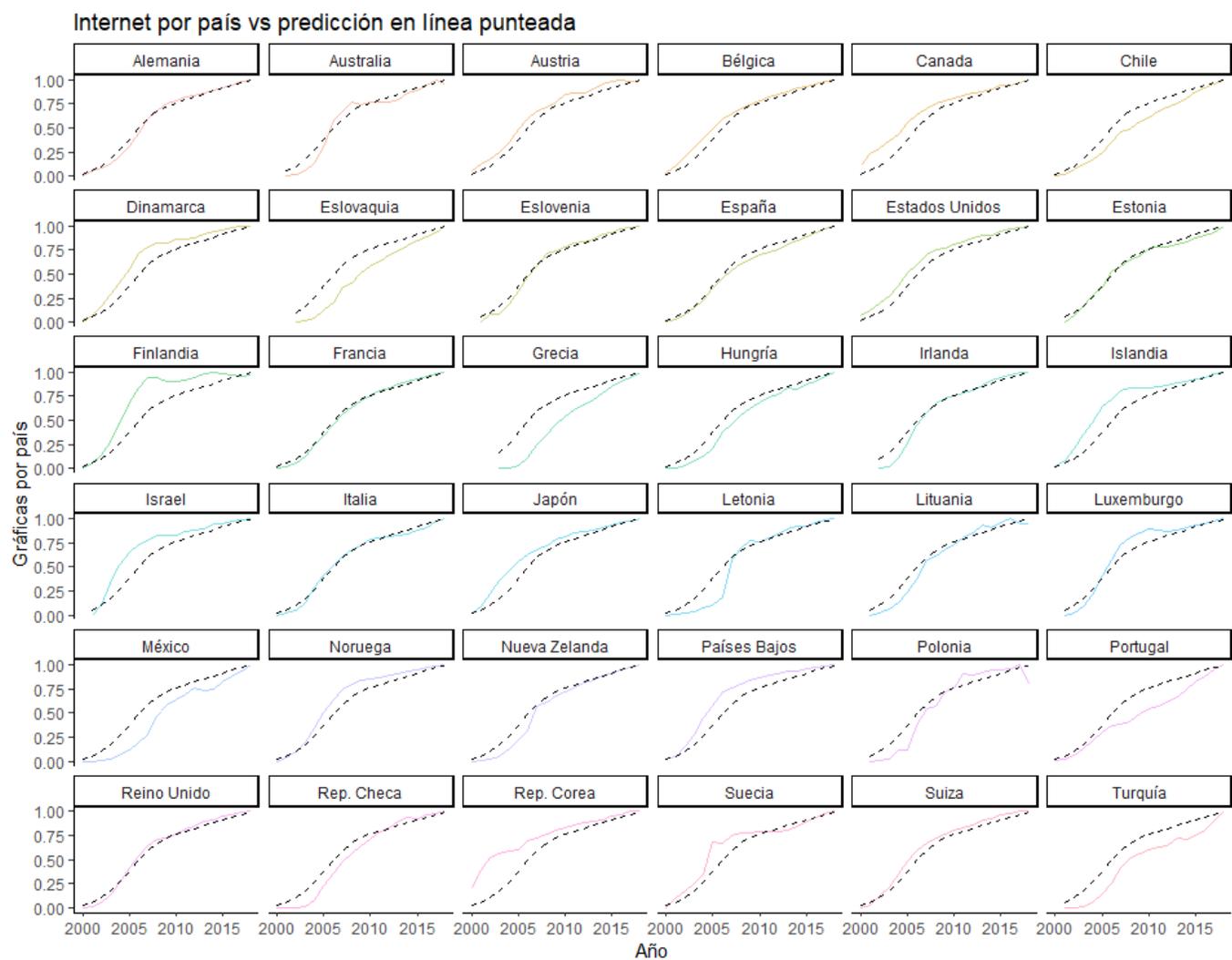


Figura IV-A Penetración del internet por país, Reales vs predicción. Los valores predichos son calculados de la estimación de mínimos cuadrados no lineares de la curva de difusión antes reportada en la Tabla IV-E. La velocidad de difusión y el punto de inflexión no varían entre países. Al contrario, los niveles de saturación son específicos a cada país y son función lineal del máximo nivel alcanzado.

### Modelo C Una Variable Instrumental para la difusión de la tecnología.

Como se planteó en la metodología, capturaremos el efecto del crecimiento del internet en una curva logística para utilizarla como variable instrumental para los modelos anteriores. Con ello se busca para comprobar los efectos tratando la endogeneidad que se pueda suponer. Se estimó una predicción basada en la estimación de una curva logística en un modelo de logístico de difusión de tecnología mediante el método de máxima verisimilitud. Los resultados predicados se muestran en la Figura IV-A para una mejor visualización de su comportamiento como nueva curva logística. También, podemos ver el comportamiento logístico de la estimación junto con los datos observados. Además, hemos presentado los resultados de la estimación se encuentran esta se ha ilustrado en la Tabla IV-E que nos muestra significancia al 99% en para todos sus parámetros.

#### Estimación de Curva de difusión: Primer paso del modelo de Variable Instrumental

Variable Dependiente: ( <i>INT</i> )	Efectos Fijos individuales
Intercepto	0.597670*** (0.004033)
$R^2$ Ajustada	148.2
<b><i>Desviación explicada</i></b>	<b>90.7%</b>

Tabla IV-E Estimación Curva de difusión logística  
 Nota: Elaboración Propia. Errores estándar entre paréntesis.  
 Fuente: WB-WDI.

### Modelo D Mínimos cuadrados de dos etapas para (4)

Una vez obtenida la predicción se procedió a estimar un nuevo modelo empleando la Variable Instrumental, que es la curva de difusión tecnológica. Al igual que en el apartado anterior, estimamos el modelo empírico de crecimiento endógeno con la especificación de la variable de internet como una predicción de la curva con la capacidad de capturar los efectos en el PIB per cápita. Empleando datos de 36 países de la OCDE y parametrizado

en diferencias, podemos observar en la Tabla IV-F los resultados de estimar la ecuación (4) con la variable instrumental capturando a los efectos fijos en el marco de los mínimos cuadrados de dos etapas. Esto lo encontramos por encima de las pruebas y diagnósticos necesarios como para determinar que es la mejor estimación al modelo.

Se inicia con un modelo anidado longitudinalmente en 18 años, desde 2000 hasta 2018. Con 632 observaciones, se realizó la estimación observable en la primera columna de la Tabla IV-F, del modelo estimando para efectos fijos y luego aleatorios.

Una vez empleado el modelo anidado con ajustes de efectos fijos y aleatorios se procede a realizar la prueba de Hausman para confirmar si los efectos fijos son los que más información recogen del modelo planteado

<b>Prueba de Hausman</b>	chisq = 14.019, df = 4, p-value < 007235
Hipótesis alternativa:	efectos significativos

Motivo de lo anterior, se rechaza la hipótesis nula de que los efectos de los coeficientes del modelo de efectos fijos y el modelo de efectos aleatorios son iguales, por lo que se determina que el mejor modelo para estimar los efectos es el de efectos fijos ya que este recoge más información del modelo estimado.

Al igual que en el primer modelo, los resultados del coeficiente de la penetración de banda ancha, o internet, son significativos y positivos en la especificación de efectos fijos individuales y en aleatorios. Su magnitud sugiere que un crecimiento de 10 puntos en la tasa de penetración incrementa PIB per cápita en un 6% en crecimiento anual. En comparación, el modelo con variables instrumentales tiene resultados ampliamente más altos, lo que puede sugerir que el modelo estándar por mínimos cuadrados está sesgado hacia arriba en su estimación.

## Estimación de A en el segundo paso del modelo de Variable Instrumental

El efecto de la introducción de la Banda Ancha en el Producto interno Bruto per cápita

Variable Dependiente: <i>Log(GDPpc)</i>	Efectos Fijos individuales	Efectos Aleatorios
<i>Predicción<sub>it</sub></i>	0.006*** (0.0005)	0.006*** (0.005)
<i>Log(s)</i>	0.420*** (0.029)	0.413*** (0.030)
<i>Log(h)</i>	0.341 *** (0.060)	0.361*** (0.060)
$\Delta n$	-3.247*** (0.762)	-2.971*** (0.787)
<b>Constante</b>		3.114*** (0.155)
<b>R<sup>2</sup></b>	0.612	0.607
<b>R<sup>2</sup> Ajustada</b>	0.583	0.604
<b>F estadístico</b>	187.553*** (df = 4; 475)	782.615***

Signif. codes: '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '\*' 0.1

Tabla IV-F Estimación Modelo D (4) en la segunda etapa de Variable Instrumental.  
Nota: Elaboración Propia. Errores estándar entre paréntesis.  
Fuente: WB-WDI

### Modelo E Mínimos cuadrados de dos etapas para modelo (6)

Tomando la misma variable instrumental, ahora se desarrolló el modelo alternativo de estimación empírica que captura los efectos de la difusión del internet en el crecimiento del PIB per cápita con una regresión estándar (panel anidado) para el mismo panel de 36 países de la OCDE; se puede observar en la siguiente Tabla IV-G los resultados de modelar la ecuación (6) capturando además a los efectos fijos. Nuevamente, encontramos que son altamente significativos en sus pruebas y diagnósticos para determinar que éste es el mejor modelo estimado para analizar el efecto de la introducción de banda ancha en el PIB per cápita de las naciones implementando.

Se inicia con un modelo anidado longitudinalmente en 18 años, desde 2000 hasta 2018. Con 632 observaciones, se realizó la estimación observable en la primera columna de la

Tabla IV-G, y que, una vez sometida a las pruebas de especificación de Breusch-Pagan arrojó un resultado de:

**Prueba de Hausman**                       $\text{chisq} = 20.707, \text{df} = 6, \text{p-value} = 0.002071$   
 Hipótesis alternativa:                      efectos significativos

Motivo de lo anterior, se rechaza la hipótesis nula de que los efectos de los coeficientes del modelo de efectos fijos y el modelo de efectos aleatorios son iguales, por lo que se determina que el mejor modelo para estimar los efectos es el de efectos fijos ya que este recoge más información del modelo estimado.

**Estimación de B en el segundo paso del modelo de Variable Instrumental**

El efecto de la difusión de la Banda Ancha en el Producto interno Bruto per cápita

<b>Variable Dependiente:</b> <b><math>\Delta \text{Log}(\text{GDPpc})</math></b>	<b>Efectos Fijos Individuales</b>	<b>Efectos Aleatorios</b>
<b><math>\text{Predicción}_{it}</math></b>	0.007*** (0.0002)	0.005** (0.0002)
<b><math>\text{lag}(\text{Predicción}_{it})</math></b>	-0.010*** (0.0002)	-0.007** (0.0002)
<b><math>T_{it}</math></b>	0.0006 (0.0001)	0.0004** (0.0001)
<b><math>\Delta \text{Log}(s)</math></b>	0.260*** (0.017)	0.270*** (0.017)
<b><math>\Delta \text{Log}(h)</math></b>	-0.048 (0.017)	-0.038 (0.042)
<b><math>\Delta^2 n</math></b>	-0.283 (0.41)	-0.240 (0.438)
<b><math>\text{GDPpc96}</math></b>		-0.021*** (0.0003)
<b>Constante</b>		0.072*** (0.013)
<b><math>R^2</math></b>	0.447	0.436
<b><math>R^2</math> Ajustada</b>	0.40	0.428
<b>F estadístico</b>	59.361*** (df = 6; 440)	364.362***

Signif. codes: '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '\*' 0.1

Tabla IV-G Estimación Modelo E (6) en la segunda etapa de Variable Instrumental.  
 Nota: Elaboración Propia. Errores estándar entre paréntesis.  
 Fuente: WB-WDI.

Al igual que en el segundo modelo, los resultados del coeficiente de la penetración de banda ancha, o internet, son significativos y positivos en la especificación de efectos fijos individuales y en aleatorios. Su magnitud sugiere que un crecimiento de 10 puntos en la tasa de penetración incrementa PIB per cápita en un 7% en crecimiento anual. En comparación, el modelo con variables instrumentales tiene resultados similares.

En principio, todos los modelos estimados han pasado sus pruebas y los datos poseen una alta significancia, por lo que es evidente la influencia que la difusión de una tecnología tan importante como el internet cuantificado. La penetración de banda ancha tiene un efecto, además, de correlación sino causal en su efecto en el crecimiento económico de las naciones.

Los resultados en los tres modelos son similares a los mostrados por Czernich, Falck, Kretschmer and Woessman (2011) con la diferencia sustancial de que ellos emplearon un periodo de tiempo menor, del 1996 a 2008; es decir, este estudio agregó 10 años más al análisis o 10 observaciones más por país y variable, haciendo menos probable algún problema de multicolinealidad o autocorrelación de las variables. Además, este estudio amplió la cantidad de países, de 20 o 36 países que modelaron. En el presente estudio utilizamos a los 36 países que conforman la OCDE facilitando así la inclusión de economías más heterogéneas dando robustez a las estimaciones presentadas.

### 4.3. Análisis sobre las 32 economías estatales de México

Debido a la baja disponibilidad de los datos para el modelo se estimarán los modelos mencionados en la metodología, pero sin las variables *dummy* de años que lleva el estado con internet o de si tiene internet o no. Sin embargo, rescataremos la mayor información visible para observar el decrecimiento económico de las economías estatales de México.

#### Modelo A Estimación de Panel -Mankiw, Romer y Weil (1992)

Es un modelo empírico de crecimiento endógeno con la especificación de la variable de internet para capturar los efectos en el PIB estatal per cápita. Empleando datos de 32 estados de la república mexicana y parametrizado para diferencia en diferencias podemos observar en la Tabla IV-H a los resultados de estimar la ecuación (4) capturando a los efectos fijos, encontramos por encima de las pruebas y diagnósticos necesarios como para determinar que es la mejor estimación al modelo.

Se inicia con un modelo anidado longitudinalmente en 5 años, desde 2013 hasta 2018. Con 192 observaciones, se realizó la estimación observable en la primera columna de la Tabla IV-H, y que, una vez sometida a las pruebas de especificación de Breusch-Pagan arrojó un resultado de:

**Prueba del multiplicador de Lagrange:**  $\text{chisq} = 176.4, \text{df} = 1, \text{p-value} < 2.2\text{e-}16$   
Hipótesis alternativa: efectos significativos

Lo que sugiere rechazar la hipótesis nula y no emplear un panel anidado. Con esta consideración, se procede a analizar estimando el modelo para efectos fijos y aleatorios.

Una vez empleado el modelo anidado con ajustes de efectos fijos y aleatorios se procede a realizar la prueba de Hausman para confirmar si los efectos fijos son los que más información recogen del modelo planteado

**Prueba de Hausman**  $\text{chisq} = 178.02, \text{df} = 2, \text{p-value} < 2.2\text{e-}16$   
Hipótesis alternativa: Un modelo es inconsistente

Motivo de lo anterior, se rechaza la hipótesis nula de que los efectos de los coeficientes del modelo de efectos fijos y el modelo de efectos aleatorios son iguales, por lo que se determina que el mejor modelo para estimar los efectos es el de efectos fijos ya que este recoge más información del modelo estimado.

A su vez, se presentan a los Efectos Fijos robustos en el tiempo que constan de además de fijar el coeficiente por país, también se fijan las variables del año para comparar en el mismo tiempo sin embargo resultó no significativa lo que se pudiera explicar por la disparidad en los inicios de la penetración del internet y su velocidad de expansión por estado de la república.

Los resultados sugieren bajo un modelo de efectos fijos que un país, una vez que una región que introdujo el internet a su región en 1 puntos tiene en promedio un PIB per cápita 1.3 veces más alto que antes.

### Estimaciones de Panel del Modelo A (4).

El efecto de la introducción de la Banda Ancha en el Producto interno Bruto per cápita

Variable Dependiente: <i>Log(GDPpc)</i>	Efectos Fijos individuales	Efectos Fijos robustos en el tiempo	Efectos Aleatorios
<i>B<sub>it</sub></i>	0.013*** (0.003)	-0.007* (0.004)	0.011*** (0.003)
<i>Log(s)</i>	0.001 (0.004)	-0.124*** (0.038)	0.002 (0.004)
<i>Log(h)</i>	0.235*** (0.101)	1.409*** (0.082)	0.285*** (0.03)
$\Delta n$	0.41*** (0.205)	0.520 (2.548)	0.026 (0.210)
Constante			11.016*** (0.226)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.372	0.177	0.281
<i>R</i> <sup>2</sup> Ajustada	0.133	0.129	0.258
F Statistic	13.604 *** (df = 4; 92)	6.6462*** (df = 4; 120)	48.116***

Signif. codes: '\*\*\*' 0.01 '\*\*\*' 0.05 '\*' 0.1

Tabla IV-H Estimación Modelo A (4) para los 32 estados de México.

Nota: Elaboración Propia. Errores estándar entre paréntesis.

Fuente: WB-WDI.

#### 4.4. Apuntes a los demás modelos esperados

Se intentó una estimación empírica que modela a los efectos de la difusión del internet en el crecimiento del PIB estatal per cápita con una regresión estándar (panel anidado) para el mismo panel de 32 entidades federativas de México; sin embargo no se pudo observar resultados significativos de modelar la ecuación (6) modificada en efectos fijos individuales y robustos en el tiempo además de aleatorios para analizar el efecto de la introducción de banda ancha en el PIB estatal per cápita de los estados estimados.

Lo que sugiere rechazar continuar con el experimento y proceder a estimar la difusión tecnológica; sin embargo, las reducidas cantidades de observaciones no permitieron

calcularla de manera oportuna para profundizar en los efectos de esta tecnología en los estados de México en una curva de difusión tecnológica.

## CONCLUSIONES

Se completó el objetivo analizar los efectos del internet entendido como la infraestructura de banda ancha en el crecimiento económico desde su difusión originaria para la muestra de países de la OCDE. Utilizando los datos anuales de un panel de 36 países, y utilizando parametrizaciones estándar de efectos fijos y en cuadrados ordinarios de dos etapas para la introducción de variables instrumentales, hemos podido encontrar que la introducción y difusión de la tecnología los modelos propuestos para captar el impacto en el PIB per cápita de las naciones, pudiendo implicar de un 6-7% de crecimiento económico al aumento de 10 puntos en la tasa de penetración del internet.

Una vez que un país ha introducido el internet, tiene 11.5% más de crecimiento en promedio que antes de su introducción cuando se controla para efectos fijos en el tiempo.

Para la muestra estatal, pudimos capturar que un incremento en 10 puntos porcentuales en la penetración del internet puede generar un 1.3% de crecimiento económico en el PIB estatal per cápita.

En todo momento nuestros modelos y resultados fueron robustos a numerosas pruebas y en la inclusión de variables de control. Quedando solo a deber la limitada disponibilidad de datos para México y sus 32 entidades.

La comparación es consistente con otros estudios hechos, por lo que se debe seguir abogando por políticas públicas de digitalización y mayor accesibilidad a puntos de conexión para los pobladores de las economías.

Los retos continúan siendo la recopilación de más información en México para robustecer las estimaciones, así como abogar por una rápida digitalización de las economías locales para aumentar su crecimiento económico.

En futuras investigaciones se recomienda además de actualizar los datos existentes, corregir la limitación a una tecnología incluyendo un análisis que contemple a otras tecnologías de la Información y la comunicación como el internet a través de dispositivos

móviles que se interconectan con la tecnología 4G y 3G, a la expectativa de la prometedora disrupción que la 5G, la más reciente innovación, trae en velocidad y alcance.

## ANEXOS

### 4.5. Anexo 1: La función de producción Neoclásica según Robert Barro y Xala-i-Martin

En su libro de Crecimiento económico, Robert Barro y Xala-i-Martin (2004) en sus páginas 26–28 realizan la afirmación de que puesto que el proceso de crecimiento depende en gran medida de la forma de la función de producción  $F(K, L, A)$  por lo cual, para ser neoclásica debiera satisfacer las siguientes 4 condiciones:

**1.- Retornos constantes a escala:** La función debe tener retornos constantes a escala, es decir que al multiplicarse la función por una constante positiva  $\lambda$ , obtendremos un resultado constante:

$$F(\lambda K, \lambda L, A) = \lambda \cdot F(K, L, A) \quad \forall \lambda > 0$$

Dicha propiedad se deriva de la homogeneidad de grado uno, o linealmente homogénea, en el Capital y el Trabajo (solo para los insumos rivales). La intuición económica explica que una producción que emplea la combinación de K y L con un conocimiento dado en A puede replicarse idénticamente en cualquier lugar del mundo con la misma eficiencia; sin embargo, necesitaremos nuevo capital y trabajo empleando el mismo conocimiento, fórmula o tecnología en A.

**2.- Retornos específicos de los insumos rivales positivos y en decremento:** Para todo  $K > 0$  y  $L > 0$ , la función exhibe productos marginales positivos y en disminución con respecto a cada insumo, es decir:

$$\frac{\partial F}{\partial K} > 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial K^2} < 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial L} > 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial L^2} < 0$$

Así, la tecnología neoclásica asume que, manteniendo constantes los niveles de tecnología y de trabajo, cada unidad adicional de capital aporta resultados positivos a la

producción, pero estas unidades adicionales decrecen al agregarse cada vez más unidades de capital. Aplicando igual para el trabajo.

**3.- Condiciones de Inada:** estas propiedades siguen las condiciones de Inada (1923) que se resumen en que el producto marginal del capital o el trabajo se acercan al infinito mientras el capital o el trabajo se tienden a 0, y el mismo producto marginal se acerca al 0 mientras el capital o el trabajo tiendan al infinito. Es decir:

$$\lim_{K \rightarrow 0} \left( \frac{\partial F}{\partial K} \right) = \lim_{L \rightarrow 0} \left( \frac{\partial F}{\partial L} \right) = \infty$$

$$\lim_{K \rightarrow \infty} \left( \frac{\partial F}{\partial K} \right) = \lim_{L \rightarrow \infty} \left( \frac{\partial F}{\partial L} \right) = 0$$

**4.- Esencialidad:** Los insumos son esenciales y deben ser estrictamente positivos para que la producción de un resultado positivo. Es decir:

$$F(0, L) = F(K, 0) = 0$$

#### 4.6. BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, D. (2002). Technical Change, Inequality, and the Labor Market. En *Journal of Economic Literature: Vol. XL* (Número 1). <https://doi.org/10.3386/w7800>
- Acemoglu, D. (2008). Introduction to modern economic growth. *Introduction to Modern Economic Growth*, 147(2), 545–550. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2011.00816.x>
- Acemoglu, D. (2012). Introduction to economic growth. *Journal of Economic Theory*, 147(2), 545–550. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2012.01.023>
- Aghion, P., y Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323. <https://doi.org/10.2307/2951599>
- Andrews, E. (s/f). *Who invented de Internet?* A&E Television Networks. <https://www.history.com/news/who-invented-the-internet>
- Arrow, K. J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155. <https://doi.org/10.2307/2295952>
- Arvin, B. M., y Pradhan, R. P. (2014). *Broadband penetration and economic growth nexus : evidence from cross-country panel data* *Broadband penetration and economic growth nexus : evidence from cross-country panel data. February 2015*, 37–41. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.957444>
- Barefoot, K., Curtis, D., Jolliff, W., y R.Nicholson, Jessica Omohundro, R. (2018). Defining and Measuring the Digital Economy. *Bureau of Economic Analysis*, 30(2), 189–203. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/ERC-200027380>
- Barro, R. J. (1991). Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407. <https://doi.org/10.2307/2937943>
- Barro, R. J. (2003). Determinants of Economic Growth in a Panel of Countries. En *Annals of Economics and Finance* (CEMA Working Papers, Vol. 4, Número 505). China Economics and Management Academy, Central University of Finance and

Economics. <https://econpapers.repec.org/RePEc:cuf:wpaper:505>

- Barro, R. J., y Sala-i-Martin, X. (2004). Economic Growth. En *Massachusetts Institute of Technology* (Second Edi, Vol. 43, Número 2). MIT Press. <https://books.google.com.mx/books?id=jD3ASoSQJ-AC>
- Barro, R. J., Sala-I-Martin, X., Blanchard, O. J., Hall, R. E., Robert, E., Sala-I-Martin, X., y Hall, R. E. (1991). Convergence Across States and Regions. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1991(1), 107–182. <https://doi.org/10.2307/2534639>
- Bayraktar Sağlam, B. (2016). ICT Diffusion, R&D Intensity, and Economic Growth: a Dynamic Panel Data Approach. *Journal of the Knowledge Economy*, 9(2), 636–648. <https://doi.org/10.1007/s13132-016-0353-0>
- Bayraktar Sağlam, B. (2018). ICT Diffusion, R&D Intensity, and Economic Growth: a Dynamic Panel Data Approach. *Journal of the Knowledge Economy*, 9(2), 636–648. <https://doi.org/10.1007/s13132-016-0353-0>
- Becker, G. S. (1974). A Theory of Social Interactions. *The University of Chicago*, 82(6), 1063–1093. <https://doi.org/10.1086/260265>
- Brynjolfsson, E., Collis, A., y Eggers, F. (2019). Using massive online choice experiments to measure changes in well-being. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(15), 7250–7255. <https://doi.org/10.1073/pnas.1815663116>
- Choi, C., y Hoon Yi, M. (2009). The effect of the Internet on economic growth: Evidence from cross-country panel data. *Economics Letters*, 105(1), 39–41. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2009.03.028>
- Chu, S. (2013). Internet, Economic Growth and Recession. *Modern Economy*, 04(03), 209–213. <https://doi.org/10.4236/me.2013.43A023>
- Comin, D., y Hobijn, B. (2004). Cross-country technology adoption: Making the theories face the facts. *Journal of Monetary Economics*, 51(1), 39–83.

<https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2003.07.003>

Comin, Diego, Hobijn, B., y Rovito, E. (2006). *Five Facts You Need to Know About Technology Diffusion* (Número 11928).

<https://econpapers.repec.org/RePEc:nbr:nberwo:11928>

Comin, Diego, y Mestieri, M. (2014). Technology Diffusion: Measurement, Causes, and Consequences. En *Handbook of Economic Growth* (Vol. 2). Elsevier B.V.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53540-5.00002-1>

Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., y Woessmann, L. (2011). Broadband Infrastructure and Economic Growth. *Economic Journal*, 121(552), 505–532.

<https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2011.02420.x>

Doms, M., Dunne, T., y Troske, K. R. (1997). Workers, Wages, and Technology. *The Quarterly Journal of Economics*, 112(1), 253–290.

<https://doi.org/10.1162/003355397555181>

ENDUTI, I. (2018). *COMUNICADO DE PRENSA NÚM. 105 / 18 20 DE FEBRERO DE 2018 PÁGINA 1 / 2 EN MÉXICO 71 . 3 MILLONES DE USUARIOS DE INTERNET Y 17 . 4 MILLONES DE Es la fuente principal de estadísticas sobre disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación en lo.*

[http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/OtrTemEcon/ENDUTIH2018\\_02.pdf](http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/OtrTemEcon/ENDUTIH2018_02.pdf)

Farboodi, M., y Veldkamp, L. (2020). A Growth Model of the Data Economy. *Columbia Business School*, 28. <https://www8.gsb.columbia.edu/researcharchive/articles/26000>

Geroski, P. A. (2000). Models of technology diffusion. *Research Policy*, 29(4–5), 603–625. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00092-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00092-X)

Goldfarb, A., Greenstein, S. M., y Tucker, C. E. (2015). Economic Analysis of the Digital Economy. En *Economic Analysis of the Digital Economy* (Número April). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226206981.001.0001>

- Goldfarb, A., y Tucker, C. (2019). Digital economics. *Journal of Economic Literature*, 57(1), 3–43. <https://doi.org/10.1257/jel.20171452>
- Graham, P. (2019). Digital Transformation. En *Industry 4.0 and Engineering for a Sustainable Future* (pp. 65–76). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-12953-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12953-8_5)
- Griliches, Z. (1957). Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica*, 25(4), 501. <https://doi.org/10.2307/1905380>
- Grossman, G. M., y Helpman, E. (1991). Trade, knowledge spillovers, and growth. *European Economic Review*, 35(2–3), 517–526. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(91\)90153-A](https://doi.org/10.1016/0014-2921(91)90153-A)
- Gruber, H., y Verboven, F. (2001). The diffusion of mobile telecommunications services in the European Union. *European Economic Review*, 45(3), 577–588. [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(00\)00068-4](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(00)00068-4)
- Harb, G. (2017). The economic impact of the Internet penetration rate and telecom investments in Arab and Middle Eastern countries. *Economic Analysis and Policy*, 56(September), 148–162. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2017.08.009>
- Harris, R.-G. (1996). The Internet as a GPT : Factor Market Implications. En D. of Economics (Ed.), *Discussion Papers* (1a ed., pp. 145–166). Simon Fraser University. <https://doi.org/https://EconPapers.repec.org/RePEc:sfu:sfudps:dp97-01>
- Hayek, F. (1945). The use of knowledge in society. En R. S. Kroszner & L. Putterman (Eds.), *The economic nature of the firm* (Vol. 35, Número 4, pp. 63–68). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817410.007>
- Helpman, E., y Trajtenberg, M. (1996). Diffusion of General Purpose Technologies. *NBER Working Paper Series*, No. 5773(January 1996), 1–46. <https://doi.org/10.3386/w5773>
- Hulten, C., y Nakamura, L. (2018). Accounting for Growth in the Age of the Internet : The Importance of Output-Saving Technical Change. *National Bureau of Economic*

*Research.*

- IMF. (2018). Measuring the Digital Economy. En *Understanding the Digital Economy* (Número February). International Monetary Fund. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6986.003.0003>
- INEGI. (2020a). *Comercio Electrónico*. [https://www.inegi.org.mx/temas/vabcoel/default.html#Informacion\\_general](https://www.inegi.org.mx/temas/vabcoel/default.html#Informacion_general)
- INEGI. (2020b). *Productividad total de los factores*. <https://www.inegi.org.mx/temas/ptf/>
- ITU. (2020). *Internet statistics*. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>
- Kafouros, M. I. (2006). The impact of the Internet on R&D efficiency: theory and evidence. *Technovation*, 26(7), 827–835. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.02.002>
- Kenny, C. (2003). The Internet and Economic Growth in Less-developed Countries: A Case of Managing Expectations? *Oxford Development Studies*, 31(1), 99–113. <https://doi.org/10.1080/1360081032000047212>
- Kijek, A., y Kijek, T. (2010). Modelling of Innovation Diffusion. *Operations Research and Decisions*, 20(3–4), 53–68.
- Lipsey, R. G., Carlaw, K. I., y Bekar, C. T. (2005). *Economic Transformations. General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth*. Oxford University Press.
- Lucas Jr., R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Mankiw, N. G., Romer, D., y Weil, D. N. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407–437. <https://doi.org/10.2307/2118477>

- Meijers, H. (2014). Does the internet generate economic growth, international trade, or both? *International Economics and Economic Policy*, 11(1–2), 137–163. <https://doi.org/10.1007/s10368-013-0251-x>
- Minges, M. (2016). Exploring the Relationship Between Broadband and Economic Growth. *World Development Report*, 1, 21. <http://hdl.handle.net/10986/23638>
- Nelson, R. R., y Phelps, E. S. (1966). Investment in Humans , Technological Diffusion , and Economic Growth. *American Economic Association*, 56(1), 69–75. <https://www.jstor.org/stable/pdf/1821269.pdf?loggedin=true>
- Pradhan, R. P., Bele, S., y Pandey, S. (2013). Internet-growth nexus : evidence from cross-country panel data Internet-growth nexus : evidence from cross-country panel data. *Applied Economic Letters*, 20:16(October 2014), 37–41. <https://doi.org/10.1080/13504851.2013.829170>
- Rebelo, S. (1991). Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500–521. <https://doi.org/10.1086/261764>
- Röller, L.-H., y Waverman, L. (2001). Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach. *American Economic Review*, 91(4), 909–923. <https://doi.org/10.1257/aer.91.4.909>
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037. <https://doi.org/10.1086/261420>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Roser, M., Ritchie, H., y Ortiz-Ospina, E. (2015). Internet. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/internet>
- Saidi, K., Hassen, L. Ben, y Hammami, M. S. (2015). Econometric Analysis of the Relationship Between ICT and Economic Growth in Tunisia. *Journal of the Knowledge Economy*, 6(4), 1191–1206. <https://doi.org/10.1007/s13132-014-0204-9>

- Salahuddin, M., y Gow, J. (2016). The effects of Internet usage, financial development and trade openness on economic growth in South Africa: A time series analysis. *Telematics and Informatics*, 33(4), 1141–1154. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2015.11.006>
- Scherer, F. M. (1982). Demand-Pull and Technological Invention: Schmookler Revisted. *The Journal of Industrial Economics*, 30(3), 225–237. <https://doi.org/10.2307/2098216>
- Schmidt, E., Rosenberg, J., y Eagle, A. (2014). Google: How Google works. En *New York: Grand Central Publishing* (First Edit, Vol. 1, Número First). New York: Grand Central Publishing.
- Schumpeter, J. A. (1943). Capitalism, Socialism and Democracy. En *Modern Economic Classics-Evaluations Through Time*. <https://doi.org/10.4324/9781315270548-17>
- Shahiduzzaman, M., y Alam, K. (2014). Information technology and its changing roles to economic growth and productivity in Australia. *Telecommunications Policy*, 38(2), 125–135. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2013.07.003>
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94. <https://econpapers.repec.org/RePEc:oup:qjecon:v:70:y:1956:i:1:p:65-94>.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312. <https://doi.org/10.2307/1926047>
- Stigler, G. J. (1961). The Economics of Information. *Journal of Political Economy*, 69(3), 213–225. <http://www.jstor.org/stable/1829263>
- The World Bank. (2020). *Information & Communication Technologies Overview*. <https://www.worldbank.org/en/topic/digitaldevelopment/overview>

- Valadez, G. V. (2016). Innovación tecnológica: un análisis del crecimiento económico en México (2002-2012: proyección a 2018). *Análisis Económico*, XXXI(78), 145–170.
- Varian, H. R. (1999). Market structure in the network age. *Understanding the Digital Economy*, MIT Press, Cambridge, MA, 1999(April), 137–150. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Market+Structure+in+the+Network+Age#0>
- Velázquez, G., y Salgado, J. (2016). Innovación tecnológica: un análisis del crecimiento económico en México (2002-2012: proyección a 2018). *Revista Análisis Económico*, 78, 145–170. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41347447008>
- Zaballos, A., y López-Rivas, R. (2012). Socioeconomic Impact of Broadband in Latin American and Caribbean Socioeconomic Impact of Broadband in Latin American and Caribbean Countries. *Bid*, November, 22. [https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5754/Socioeconomic Impact of Broadband in Latin America and Caribbean Countries.pdf?sequence=1](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5754/Socioeconomic%20Impact%20of%20Broadband%20in%20Latin%20America%20and%20Caribbean%20Countries.pdf?sequence=1)

Juan Manuel González Castillo es Licenciado en Negocios Internacionales por la Universidad Autónoma de Baja California en el Baja California. Ha sido. Egresado de la Maestría en Economía Aplicada de El Colegio de la Frontera Norte. Correo electrónico: juangonzalez@colef.com

© Todos los derechos reservados. Se autorizan la reproducción y difusión total y parcial por cualquier medio, indicando la fuente.