



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

---

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO  
POSTGRADO EN SOCIECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA  
ECONOMÍA**

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN  
FUNCIÓN DEL CAPITAL HUMANO, INTERNET Y EMPLEO EN MÉXICO**

**MARTHA JIMÉNEZ GARCÍA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTORA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

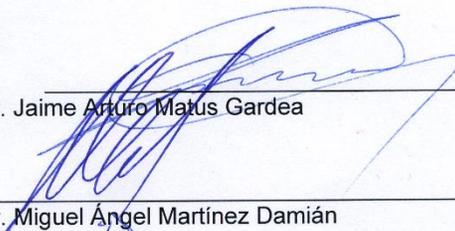
**2014**

La presente tesis titulada: **Análisis del impacto del crecimiento económico en función del capital humano, internet y empleo en México**, realizada por el alumno: **Martha Jiménez García** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS  
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA  
ECONOMÍA

CONSEJO PARTICULAR

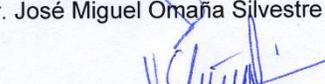
CONSEJERO

  
Dr. Jaime Arturo Matus Gardea

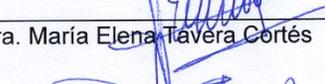
ASESOR

  
Dr. Miguel Ángel Martínez Damián

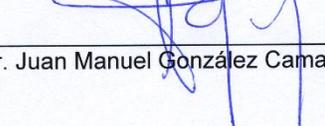
ASESOR

  
Dr. José Miguel Omaña Silvestre

ASESOR

  
Dra. María Elena Tavera Cortés

ASESOR

  
Dr. Juan Manuel González Camacho

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Febrero de 2014

# ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN FUNCIÓN DEL CAPITAL HUMANO, INTERNET Y EMPLEO EN MÉXICO

## RESUMEN

Tomando como referencia al Banco Mundial que indica la necesidad de fomentar las habilidades de las Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC) en todos los sectores, especialmente porque un aumento de las conexiones de internet impulsa el crecimiento del PIB. El propósito de esta investigación es impulsar el crecimiento económico en función del capital humano, del internet y del empleo. Se trabajó con la serie de datos de los años 1991 – 2010, con un modelo econométrico que se resolvió con ecuaciones simultáneas, con el método de mínimos cuadrados en tres etapas. Dicho modelo se basó en la función *Cobb-Douglas* bajo el modelo Solow. Como resultado se encontró un impacto positivo en el crecimiento económico con las variables estudiadas (capital humano, del internet y del empleo) y un efecto negativo en el costo del internet, lo cual genera una relación inversa entre el precio del internet y el PIB. Asimismo con los datos de los resultados obtenidos se aporta una política pública educativa.

**Palabras clave:** crecimiento económico, capital humano, internet, empleo, tecnologías de la información y la comunicación.

# IMPACT ANALYSIS OF THE ECONOMIC GROWTH IN FUNCTION OF HUMAN CAPITAL, INTERNET AND LABOR IN MEXICO

## ABSTRACT

Taking the World Bank as reference, which indicates the need to encourage abilities in Information and Communication Technologies in every sector, especially since an increase in internet connections favors an increase in the GDP. The purpose of this research is to boost economic growth in function of human capital, internet, and labor. We worked with a database from 1991 to 2010, with an econometric model that was solved by simultaneous equations, using a three stage minimum square method. This method is based on the *Cobb-Douglas* function under the Solow model. As a result, a positive impact was found on the economic growth with the studied variables (human capital, internet, and labor), as well as a negative effect from Internet cost. This generates an inverse relationship between the price of Internet and GDP. Also, with the data from the obtained results, a public educational policy is proposed.

**Key words:** economic growth, human capital, Internet, labor, information and communication technologies.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la oportunidad de poder cumplir cada meta y objetivo en mi vida.

Al pueblo trabajador mexicano que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) sostuvo mis estudios.

Al Colegio de Postgraduados y en particular al programa en Economía por acogerme en esta fase profesional de mi vida.

Al Dr. Jaime Arturo Matus Gardea quien en todo momento me apoyó y orientó en esta etapa. Por su tiempo y sugerencias, y sobre todo por su confianza.

A los Dr. Miguel Ángel Martínez Damián, Dr. Juan Manuel González Camacho, Dr. José Miguel Omaña Silvestre y Dra. María Elena Tavera Cortes por su constante atención y esmerada revisión de este trabajo.

## **DEDICATORIAS**

A mi esposo Pablo Jaime por la paciencia y comprensión, gracias por estar siempre a mi lado.

A mi hijo José Pablo por ser el motor de mi vida.

A todos mis familiares.

A mis compañeras y compañeros del programa de estudios, pero en especial a Vianey Espejel García por su invaluable apoyo, Areli Cerón Trejo por su paciencia, sabiduría y consejos, Arely Romero Padilla por los tiempos de estudios que compartimos y las ocurrencias que nos dieron alegría, a L. Alberto Flores C. , Antonio Fragoso, a todos mis compañeros y compañeras de COLPOS, SIP y UPIICSA del IPN, Casa sobre la Roca A.C. y al Ing. Oscar A. Robles Garay de NIC-México, S.C. por haberme compartido información.

## CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1 LA EDUCACIÓN Y LA ECONOMÍA.....</b>  | <b>3</b>  |
| 1.1 Planteamiento del problema.....   | 3         |
| 1.2 Justificación del estudio .....   | 4         |
| 1.3 Objetivos generales.....  | 4         |
| 1.4 Objetivos específicos .....   | 5         |
| 1.5 Hipótesis .....   | 5         |
| <b>2 REVISIÓN DE LA LITERATURA RELACIONADA CON LAS TIC, LA<br/>EDUCACIÓN Y LA ECONOMÍA.....</b> | <b>6</b>  |
| 2.1 Las TIC y la educación en el mundo .....  | 6         |
| 2.2 Las TIC y la educación en México.....   | 9         |
| 2.2.1 Calidad educativa .....   | 11        |
| 2.3 Estado del arte sobre educación y TIC .....   | 12        |
| 2.4 La economía en la sociedad .....  | 15        |
| 2.5 Economía y política pública.....  | 16        |
| 2.6 Importancia de las TIC en las ciencias económicas.....                                      | 18        |
| 2.7 Índice Mundial de Innovación .....  | 21        |
| 2.8 Impacto de las TIC en el crecimiento económico y la educación .....                         | 23        |
| 2.8.1 Producto Interno Bruto.....   | 23        |
| 2.8.2 Crecimiento económico .....   | 24        |
| 2.8.3 Teorías del crecimiento .....   | 29        |
| 2.8.4 Enfoque teórico sobre incidencia de la tecnología en el PIB .....                         | 38        |
| 2.9 Eficiencia de una política pública orientada al desarrollo del capital humano<br>45         |           |
| <b>3 MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>   | <b>50</b> |
| 3.1 Datos utilizados .....  | 51        |
| 3.2 Relación entre el PIB y la población de alumnos en nivel superior y posgrado<br>59          |           |
| 3.3 Relación entre el PIB y la población de usuarios de internet .....                          | 59        |
| 3.4 Modelo econométrico .....   | 60        |
| 3.4.1 Identificación del modelo .....   | 63        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                   | <b>67</b> |
| 4.1      | Resultados económicos y elasticidades           | 68        |
| 4.2      | Escenario 1. Disminución del costo del internet | 71        |
| 4.3      | Escenario 2. Incremento del gasto educativo     | 72        |
| 4.4      | Escenario 3. Incremento en telefonía celular    | 73        |
| 4.5      | Representación gráfica del PIB                  | 75        |
| 4.6      | Política pública propuesta                      | 75        |
|          | <b>CONCLUSIONES</b>                             | <b>79</b> |
|          | <b>LITERATURA CITADA</b>                        | <b>81</b> |
|          | <b>ANEXOS</b>                                   | <b>86</b> |

## Índice de cuadros

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1. Hogares con equipamiento de TIC por tipo de equipo en México 2001, 2005, 2010, 2012. ....               | 10 |
| Cuadro 2. Matriz de Marco Lógico. ....  | 47 |
| Cuadro 3. Variables de estudio con su descripción, tipo y relación, unidades, fuente y justificación. ....        | 53 |
| Cuadro 4. Coeficientes de la forma estructural, estimados para el capital humano, capital tecnológico y PIB. .... | 68 |
| Cuadro 5. Coeficientes de la forma reducida, estimados para el capital humano, capital tecnológico y el PIB. .... | 69 |
| Cuadro 6. Escenario 1. Disminución del costo del internet. ....   | 72 |
| Cuadro 7. Escenario 2. Incremento del gasto educativo. ....   | 73 |
| Cuadro 8. Escenario 3. Incremento de telefonía celular. ....  | 74 |
| Cuadro 9. Factores del Índice Mundial de Innovación. ....   | 87 |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Índice Mundial de Innovación - marco conceptual. ....   | 21 |
| Figura 2. Modelo neoclásico de crecimiento. ....  | 32 |
| Figura 3. Rendimientos constantes a escala y cambio tecnológico nulo. ....                              | 37 |
| Figura 4. Efecto de una mejora de la tecnología sobre el nivel de producción ..... 38                   | 38 |
| Figura 5. El desplazamiento de la senda de expansión. ....  | 38 |
| Figura 6. Modelo econométrico con variables endógenas y exógenas. ....                                  | 52 |
| Figura 7. Relación funcional de PIB y PobAlum (Población de alumnos en nivel superior y posgrado). .... | 59 |
| Figura 8. Relación funcional de PIB y PobInter (Población de usuarios de internet). 60                  | 60 |
| Figura 9. PIB observado y estimado. ....  | 75 |

## SIGLAS

**ANUIES:** Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de educación superior

**C\_PEA:** Población económicamente activa

**CEPAL:** Comisión Económica para América Latina

**Computa:** Computadoras

**CstInt:** Costo del Internet

**GastEduc:** Gasto Educativo

**IMI:** Índice Mundial de Innovación

**IMSA:** Índice Mundial de Seguridad Alimentaria

**INEGI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía

**IngPerc:** Ingreso per cápita

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

**PIB:** Producto Interno Bruto

**PobAlum:** Porcentaje de la población de alumnos de nivel superior y posgrado

**PobConglo:** Poblaciones conglomeradas de más de un millón de habitantes

**PobInter:** Porcentaje de usuarios de la población que usan Internet

**PTF:** Productividad total de los factores

**PYMES:** Es el acrónimo de pequeña y mediana empresa

**SELECT-IDC:** Servicios de Estrategia en Electrónica, S.A. de C.V.

**SEP:** Secretaría de Educación Pública

**TIC:** Tecnologías de la Información y la Comunicación

**UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

**UsTelMov:** Usuarios de telefonía Móvil

# INTRODUCCIÓN

El Banco Mundial (2012) indica que es necesario fomentar las habilidades de las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC en todos los sectores y transferirlos al mercado, a través de programas nacionales de tecnología, plataformas abiertas de cooperación y fondos de innovación que puedan ayudar al crecimiento de habilidades y competencias tecnológicas a las unidades académicas de educación superior y a los centros de investigación.

Asimismo los gobiernos buscan una mejor conectividad para tener un mayor crecimiento de servicios de administración electrónica y mejorar el acceso a internet de alta velocidad para las oficinas gubernamentales, los gobiernos locales y las universidades.

El Banco Mundial, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y la consultoría McKinsey indican que se deben fomentar las habilidades de las TIC en todos los sectores, incluida la educación, y que los gobiernos busquen un mayor crecimiento en infraestructura de telecomunicaciones, ya que consideran que un aumento en las TIC en relación a la penetración del internet genera un incremento en el Producto Interno Bruto (PIB).

Existen investigaciones diversas (Neira, 2007; Reynolds, 2009; West, 2011; Işık, 2011, Ahmed y Ridzuan, 2012), que demuestran que existe una fuerte relación entre la inversión en tecnología de la información para generar crecimiento económico, asimismo varias investigaciones que coinciden en que la educación tiene un efecto directo en la producción, lo cual tiene un impacto en el PIB.

En el capítulo 1 se plantea del problema relacionado con el uso de las TIC para la generación de crecimiento económico, se justifica el estudio, se plantean los objetivos y la hipótesis.

En el capítulo 2 se presenta la revisión de la literatura que sustenta la investigación, se inicia con las TIC y la educación en el mundo y en México, también se muestra el estado del arte en cuanto a la educación y las TIC, aspectos de la economía en la sociedad, la economía y la política pública, la importancia de las TIC en las ciencias económicas, el Índice Mundial de Innovación para México, después el impacto de las TIC en la educación y crecimiento económico, también se muestra teorías de crecimiento económico, con enfoque teórico sobre la incidencia de la tecnología en el PIB. Finalmente la eficiencia de una política pública orientada al desarrollo del capital humano.

En el capítulo 3 se indican los datos que se utilizaron como variables así como sus características generales, el modelo econométrico, su identificación y el método que se utilizó para su estimación y análisis.

En el capítulo 4 se indican los resultados estadísticos en cuanto a coeficientes de la forma estructural, estimados para el capital humano y capital tecnológico, posteriormente se indican los resultados económicos y sus elasticidades (coeficientes en forma reducida) y se calculan tres escenarios **1)** Disminución del costo del internet, **2)** Incremento del gasto educativo y **3)** Incremento en telefonía celular. Con base en los coeficientes en forma reducida se propone una política pública.

Se comprobaron las hipótesis y se cumplió con el objetivo general, la generación de un modelo de crecimiento económico en función de las TIC (internet, telefonía celular, computadoras), capital humano (alumnos de nivel superior y posgrado) y el empleo. Se trabajó con una serie de datos que comprenden los años de 1991 al 2010 con un modelo con ecuaciones simultáneas con mínimos cuadrados en tres etapas y se obtuvo la forma reducida de los coeficientes, elementos que permiten la generación de una política pública educativa.

# 1 LA EDUCACIÓN Y LA ECONOMÍA

En este capítulo en primer lugar se indica el planteamiento del problema el cual plantea un descenso de crecimiento económico, continuando con la sistematización del problema, además se justifica el estudio, asimismo se plantean los objetivos generales y particulares, la hipótesis y finalmente la metodología usada para proponer en el último capítulo una política pública educativa.

## 1.1 Planteamiento del problema

El uso de las TIC ha colaborado en diversos países en la generación de crecimiento económico, a través de la innovación de sistemas informáticos que coadyuvan en la eficiencia de la productividad laboral, de una mayor difusión de productos en mercados internacionales, de la innovación de nuevos productos, entre otros. Asimismo México presenta altos cambios en el uso del Internet y de la telefonía celular, así como una educación de baja calidad.

En esta investigación se formula el siguiente problema ¿De qué forma afectan las TIC (internet, computadoras y telefonía celular) a la educación y al crecimiento económico en México?, asimismo se tienen las preguntas de investigación que se indican.

- ¿Cómo incide el uso de la telefonía celular, el costo del internet, las computadoras y el ingreso per cápita en el uso del internet?
- ¿Cuál es el impacto del uso de la telefonía celular, el costo del internet, las computadoras, el ingreso per cápita, el gasto educativo y las poblaciones conglomeradas en los alumnos de nivel superior y posgrado?

- ¿De qué forma afecta la educación, el internet y el empleo al crecimiento económico en México?

## **1.2 Justificación del estudio**

Como justificación teórica se tiene como base que es importante el uso de las TIC en las ciencias económicas debido a que el progreso tecnológico fomenta el crecimiento económico, además de la importancia en: inversión en TIC, telefonía móvil, cambio tecnológico en la fuerza laboral, banda ancha en infraestructura de comunicaciones, educación de las TIC e impacto de las TIC en la economía (Solow, 1956; Rincón, 1996; Freeman y Soete, 1997).

## **1.3 Objetivos generales**

Analizar el impacto del crecimiento económico en función del capital humano, internet y empleo en México, mediante un modelo econométrico, para proponer una política pública educativa

Generar un modelo de crecimiento económico en función de las TIC (internet, telefonía celular, computadoras), capital humano (alumnos de nivel superior y posgrado) y el empleo.

## **1.4 Objetivos específicos**

Analizar el impacto del uso de la telefonía celular, el costo del internet, las computadoras y el ingreso per cápita en el uso del internet, y su efecto en el crecimiento económico.

Analizar el impacto de la telefonía celular, el costo del internet, las computadoras, el ingreso per cápita, el gasto educativo y las poblaciones conglomeradas en el capital humano, así como la influencia de éste capital en el crecimiento económico.

Analizar el impacto de la reducción del precio del internet en el crecimiento económico, el impacto de un incremento de gasto educativo y el impacto de un incremento en la telefonía celular.

## **1.5 Hipótesis**

- El capital humano, capital (tecnología) y trabajo determinan un impacto positivo en el crecimiento económico.
- Los usuarios de telefonía móvil, las computadoras y el ingreso per cápita tienen un efecto significativo en el uso del Internet
- Los usuarios de telefonía móvil, las computadoras, el ingreso per cápita, el gasto educativo y las poblaciones conglomeradas tienen un impacto positivo en la educación.
- El costo del internet tiene un impacto negativo en los usuarios del internet en la educación y en el crecimiento económico.
- El capital humano, capital (tecnología) y trabajo determinan las bases para una política pública educativa.

## **2 REVISIÓN DE LA LITERATURA RELACIONADA CON LAS TIC, LA EDUCACIÓN Y LA ECONOMÍA**

En el capítulo 1 se definió el problema y formuló el problema, en el capítulo dos se describieron las variables que se utilizarán en el modelo, por lo cual en este capítulo se muestra la revisión de la literatura que indica a la investigación ya definida, por lo cual se iniciará con las TIC y la educación en el mundo y después en México, también se muestra el estado del arte en cuanto a la educación y las TIC, aspectos de la economía en la sociedad, la economía y la política pública, la importancia de las TIC en las ciencias económicas, el índice mundial de innovación con cálculo para México, después el impacto de las TIC en la educación y crecimiento económico y finalmente la eficiencia de una política pública orientada al desarrollo del capital humano. Se considera a todos los puntos mencionados importantes por estar vinculados directamente con la investigación.

### **2.1 Las TIC y la educación en el mundo**

Antes de definir los aspectos de las TIC y la educación en el mundo primeramente se definirá la tecnología de la información y la comunicación, para poder observar todas las variables que incluye esta definición. Asimismo se definirá capital humano.

#### **Tecnología de la información y la comunicación**

Ark *et al.* (2011) señalaron que el término TIC incluye todo tipo de dispositivos y aplicaciones comunicativas, incluidos la radio, la televisión, los teléfonos móviles, equipos y programas informáticos y de redes, sistemas de satélites, etc., al igual que

diferentes servicios y aplicaciones relacionadas con ellos, como las videoconferencias y el aprendizaje a distancia.

### **Capital humano - educación**

Con respecto al capital humano, Monroy y Flores (2009) lo consideraron como un factor propiciador de desarrollo y crecimiento económico, que incluye diversos elementos, los más importantes fueron la educación y la capacitación laboral, porque a través de ellos se descubren y desarrollan las capacidades, los talentos, las destrezas y habilidades de los individuos. Por lo cual a continuación se hablará de algunas investigaciones enfocadas al capital humano como educación con relación a las TIC.

En un estudio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico elaborado por Friedrich *et al.* (2009) se encontró que los países de altos ingresos que tienen un nivel alto de penetración de banda ancha, han generado un crecimiento de un 2 % del PIB.

Los gobiernos buscan una mejor conectividad para tener un mayor crecimiento de servicios de administración electrónica y mejorar el acceso a internet de alta velocidad para las oficinas gubernamentales, los gobiernos locales y las universidades. Los gobiernos están invirtiendo en infraestructura en cuanto a telecomunicaciones, con la finalidad de establecer una comunicación en tiempo real y poder reducir al mínimo los riesgos de seguridad de la información. El Banco Mundial (2012) sugiere dar prioridad a las plataformas de infraestructuras compartidas (centros de datos) que sean sustentables, rentables, energéticamente eficientes, y que se puedan aplicar a todas las instituciones gubernamentales. Asimismo los gobiernos pueden promover el uso de las TIC en el sector privado, especialmente para las pequeñas y medianas empresas, a través de incentivos, ya que las TIC les ayuda a reducir los costos empresariales, mejorar la gestión interna,

y ampliar el acceso a las nuevas tecnologías y a la información sobre oportunidades de mercado.

El Índice Mundial de Innovación (IMI) refleja, por una parte, la importancia de la innovación como motor del crecimiento económico y la prosperidad y por la otra, la necesidad de adoptar una perspectiva horizontal amplia de la innovación, que pueda aplicarse tanto a las economías desarrolladas como a las economías incipientes y que incluya indicadores más detallados que los que miden tradicionalmente la innovación. Este índice constituye un valioso instrumento de análisis comparativo que facilita el diálogo de los sectores público y privado, del que pueden valerse los encargados de la adopción de políticas, los líderes empresariales y demás sectores interesados para evaluar el progreso a medida que avanza. México tiene el IMI en el lugar 32.9 de una escala de 0 al 100 (siendo 100 el mejor) y está clasificado como un país de ingreso medio alto (Dutta, 2012).

Bilbao *et al.* (2013) junto con el Foro económico Mundial estudiaron 144 economías y señalan en el informe 2013 de Tecnología de Información Global que México aumentó 13 puestos para alcanzar el lugar 63 en el ranking, debido principalmente a los esfuerzos del gobierno para desarrollar su oferta de servicios en línea (lugar 28), al aumento de su capital humano en apoyo a las actividades del gobierno (lugar 25), y una mejora global de la empresa en cuanto a la innovación. A pesar de estos avances, México ha avanzado menos en seguir desarrollando su infraestructura de TIC (lugar 82) y en la reducción de costos de acceso (lugar 63), y costos de la telefonía móvil (lugar 102). En cuanto a la implantación de las TIC en términos de usuarios de Internet (lugar 78), los hogares con acceso a Internet tampoco han progresado. Esto, unido a una escasez de personal calificado (lugar 87), debido a la baja calidad del sistema educativo (lugar 100); esto se ha traducido en pocos avances en términos de impactos económicos procedentes de las TIC (lugar 72). La adopción e implementación de una agenda digital integral podría impulsar el desarrollo y la adopción de las TIC y fortalecer algunas de estas debilidades importantes y proporcionar mejores resultados.

Por otra parte Economist Intelligence Unit (2012) señaló que los suministros alimenticios a veces no pueden llegar a donde tienen que ir debido a las limitaciones físicas, políticas, económicas y de mercado. La inseguridad alimentaria es costosa, pues aumenta los costos de salud y reduce la productividad laboral. Se ha creado el Índice Mundial de Seguridad Alimentaria (IMSA), el cual evalúa la seguridad alimentaria a través de tres dimensiones internacionales: asequibilidad, disponibilidad y utilización (calidad y seguridad). En la presente investigación se trabajó con la disponibilidad como parámetro para la innovación y la tecnología agrícola, para que se aumente la eficiencia del mercado y su acceso, mediante el uso de las TIC.

## **2.2 Las TIC y la educación en México**

México es un país con una población de 110 millones de personas en 2010, está considerado como la decimocuarta economía mundial, debido al volumen neto del PIB. Es la segunda economía de América Latina y la cuarta del continente. El país se ha inclinado por un modelo económico neoliberal con un fuerte énfasis en la apertura comercial hacia otros mercados, lo cual ha convertido al país en el líder mundial en acuerdos de libre comercio habiendo firmado convenios de este tipo con 40 países en 12 diferentes tratados.

En 1921 se formalizó la Secretaría de Educación Pública (SEP) cuyo objetivo es promover la alfabetización del pueblo y la extensión de la educación básica a áreas rurales. Entre sus funciones se encuentra garantizar educación para todos los mexicanos, regular y dar validez a los programas de estudio en los diferentes niveles educativos y adecuarse a las necesidades del país y a un mundo globalizado en la era de la información y la comunicación que demanda calidad y competitividad.

Los orígenes de las TIC están ligados a los sistemas de educación a distancia y con los llamados sistemas abiertos no escolarizados, orientados en ampliar las

oportunidades educativas hacia zonas geográficas y sectores poblacionales sin acceso a la educación como medio de superación individual y social (Cué y Rincón, 2006).

En México los cinco niveles educativos se encuentran apoyados por TIC en especial por la televisión, la radio, video conferencias privadas e internet. Asimismo la inserción de las TIC en el sistema educativo comenzó con la formación de maestros por medio de correspondencia, el uso de medios de comunicación masiva para suplir las carencias de escuelas y maestros en zonas rurales, la formalización de universidades virtuales y recientemente la incorporación de equipos informáticos y pizarras digitales en escuelas primarias.

La tecnología que se tiene en los hogares mexicanos de los años 2001, 2005, 2010 y 2012 se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Hogares con equipamiento de TIC por tipo de equipo en México 2001, 2005, 2010, 2012.**

| Tipo de equipo                       | 2001       |      | 2005       |      | 2010       |      | 2012       |      |
|--------------------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
|                                      | Absolutos  | %    | Absolutos  | %    | Absolutos  | %    | Absolutos  | %    |
| Con computadora                      | 2,757,980  | 11.8 | 4,729,762  | 18.6 | 8,444,621  | 29.8 | 9,835,865  | 32.2 |
| Con conexión a Internet              | 1,454,744  | 6.2  | 2,294,221  | 9.0  | 6,289,743  | 22.2 | 7,933,788  | 26.0 |
| Con televisión                       | 21,520,421 | 91.9 | 23,654,375 | 92.8 | 26,834,313 | 94.7 | 29,007,139 | 94.9 |
| Con televisión de paga               | 3,168,446  | 13.5 | 4,971,739  | 19.5 | 7,558,855  | 26.7 | 9,849,450  | 32.2 |
| Con servicio de telefonía            | 9,444,818  | 40.3 | 16,451,779 | 64.1 | 22,838,360 | 80.6 | 25,555,685 | 83.6 |
| <i>Solamente línea fija</i>          | 9,444,818  | 40.3 | 5,674,024  | 22.1 | 2,621,672  | 9.2  | 2,218,203  | 7.3  |
| <i>Solamente telefonía celular</i>   | ND         | NA   | 3,930,826  | 15.3 | 9,636,128  | 34.0 | 12,726,769 | 41.7 |
| <i>Con telefonía fija y celular*</i> | ND         | NA   | 6,846,929  | 26.7 | 10,580,560 | 37.3 | 10,610,713 | 34.7 |
| Con radio                            | ND         | NA   | 22,749,209 | 89.3 | 23,398,102 | 82.5 | 24,219,298 | 79.3 |
| Con energía eléctrica                | ND         | NA   | ND         | NA   | 28,158,436 | 99.3 | 30,298,815 | 99.2 |

Fuente: Consejo Estatal de Población con base en INEGI; Módulo sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares, 2001-2012.

Notas: proporciones respecto del total de hogares.

\*A partir del 2004 incluye hogares que de manera simultánea tienen línea telefónica fija y celular.

NA. No aplicable.

ND. No disponible.

En el Cuadro 1 se puede apreciar que 32.2% de los hogares cuentan con una computadora, 26% con conexión a internet, 94.9% con televisión y 41.7% cuenta con telefonía celular, dichos porcentajes son útiles para tomar medidas para la generación de una política en relacionada con las TIC.

Además las TIC son la clave para transformar el modelo educativo por tres vías: **1)** posicionar al alumno como el centro de la política educativa en lugar del profesor, **2)** acercar a los alumnos, profesores y padres de familia el mayor receptáculo del conocimiento que ha tenido la humanidad (internet) y **3)** proporcionar una herramienta de evaluación de nuestra educación.

Por otra parte el costo de proporcionar computadoras portátiles o libros virtuales es menor al de publicar libros de texto que requieren los estudiantes para su educación formal. De modo que esta idea no implica una inversión mucho mayor a la que actualmente se hace en educación; sólo se necesita aplicar un cambio en el modelo educativo.

El Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (2012) indicó que la integración de las TIC en el currículo de la educación básica y media superior ha adquirido una importancia capital para que, mediante el desarrollo de habilidades digitales, los alumnos puedan desenvolverse en un mundo globalizado.

### **2.2.1 Calidad educativa**

UNESCO (2009) estableció en su declaración “Educación para Todos” doce compromisos para garantizar educación de calidad a todos los habitantes del mundo, entre los cuales se destaca la creación de un entorno educativo seguro, sano, integrado y dotado de recursos distribuidos de modo equitativo, a fin de favorecer un excelente aprendizaje y niveles bien definidos de rendimiento para todos, así como el aprovechamiento de las nuevas TIC para contribuir al logro de los objetivos de la educación para todos.

Considerando la Visión México 2030, el Plan Nacional de Desarrollo 2007- 2012 (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2007) y buscando la finalidad de avanzar en la construcción de un país con igualdad de oportunidades, así como un país con una economía competitiva y generadora de empleos, se creó el programa sectorial de educación, el cual incluye la importancia para el desarrollo del país contemplando los objetivos de elevar la calidad de la educación para que los estudiantes mejoren su nivel de logro educativo, cuenten con medios para tener acceso a un mayor bienestar y contribuyan al desarrollo nacional, impulsar el desarrollo y utilización de TIC en el sistema educativo para apoyar el aprendizaje de los estudiantes, ampliar sus competencias para la vida y favorecer su inserción en la sociedad del conocimiento y ofrecer servicios educativos de calidad para formar personas con alto sentido de responsabilidad social, que participen de manera productiva y competitiva en el mercado laboral. Por tal razón esta investigación se realizó con base en los citados objetivos.

### **2.3 Estado del arte sobre educación y TIC**

Bartolomé (2008) indicó que la digitalización del vídeo representa una nueva oportunidad para avanzar en la alfabetización, para potenciar las redes sociales y los aprendizajes colaborativos con ayudas del audiovisual y convertir las sesiones de clase en espacio de encuentro, intercambio y debate. Shapley *et al.* (2011) concluyeron que existe una percepción positiva hacia el uso de las TIC. Barbero y Fuentes (2012) indicaron usar las TIC para la innovación y la mejora de la calidad educativa. Bataller (2013) comentó que las TIC, deben de manejarse con un fundamento teórico y con un sentido claro de sus finalidades educativas, para que se fortalezca la calidad de la enseñanza y el aprendizaje.

El uso de TIC en las matemáticas contribuye a un debate cada vez mayor con respecto a las posibilidades y dificultades de uso por los profesores. Las relaciones

profesor-alumno también se ven afectadas por la presencia de las TIC en el aula, pues la información del profesor y libro de texto es más accesible a los estudiantes a través del Internet (Borba y Zulatto, 2010).

En el continente europeo Lucchetti y Sterlacchini (2004) realizaron un estudio respecto al uso y la efectividad de las TIC en 1999. Obtuvieron una muestra de 514 empresas PYMES de la provincia Ancona en Italia. Realizaron regresiones con el método de mínimos cuadrados ordinarios. El resultado fue que la penetración del uso de las TIC está asociada con los trabajadores que cuentan con una educación superior.

Asimismo Fong y Holland (2011) realizaron un estudio descriptivo en China y encontraron que los profesores que tienen mayor conocimiento sobre las TIC, tienen un impacto positivo en el uso de herramientas de enseñanza y aprendizaje que se apoyan en las TIC. Asimismo Peeraer y Petegem (2011) analizaron la integración de las TIC en la formación de profesores. Realizaron análisis de regresión múltiple para comparar la influencia de los factores internos y externos, manipulables y no manipulables en los educadores para el uso de las TIC en la práctica docente. Los autores concluyeron que los profesores mejor calificados tienden al uso de aplicaciones TIC más diversas y de forma más regular que los docentes que perciben menores competencias en TIC.

De igual forma Krishnan *et al.* (2012) investigaron en Malasia la relación entre la enseñanza de Inglés y las TIC que se encontraban integradas en las clases, ya que se ha demostrado que ayuda a los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Realizaron un análisis de correlación, pruebas de *t*, estadística descriptiva y determinación de frecuencias de distribución. Encontraron que los profesores tienen una actitud positiva en el uso de las TIC, asimismo el nivel de los profesores en cuanto al uso de las TIC también resultó satisfactorio.

De igual manera Nour (2013) realizó un estudio en Sudan y encontró que la promoción de las tecnologías y la adopción de tecnologías extranjeras pertinentes para fomentar el crecimiento económico, depende del desarrollo de habilidades: Particularmente, en una mejora de: **1)** actualización de conocimientos, **2)** las actividades de I + D, **3)** la transferencia del efecto de conocimiento / educación, **4)** sistema de redes y **5)** incentivos para motivar la colaboración entre las universidades y las empresas y entre las instituciones públicas y privadas, los sistemas educativos y de formación.

Del mismo modo Toporkoff (2013) señaló que las TIC se han convertido en una gran fuerza para la transformación de la vida social, económica y política a nivel mundial, pues tienen el potencial para ayudar al crecimiento económico y mejorar las condiciones sociales, por lo cual es importante crear las infraestructuras adecuadas, ofrecer costos de conexión razonables y desarrollar una alfabetización digital, así como la posesión de una computadora por persona, esto asegura un fuerte vínculo entre la modernización de un país y la educación necesaria para elevar el nivel de alfabetización de TIC dentro de la población activa.

Los autores Criado y Moreno (2007), dicen que las TIC potencian nuevos métodos y modelos pedagógicos; por su parte Bartolomé (2008) indica que el uso de las TIC potencia las redes sociales y los aprendizajes colaborativos. En este sentido la UNESCO (2009), World Bank (2012), el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (2012), Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2013-2018), Bataller (2013) indican que es necesario el uso de las TIC en la educación para tener una educación de calidad.

Lucchetti y Sterlacchini (2004) recomendaron el uso de las TIC en la educación para tener una fuerza laboral de calidad. Fong y Holland (2011), así como Peeraer y Petegem (2011) y Krishnan *et al.* (2012) señalaron que los profesores están mejor calificados con el uso de las TIC. Nour (2013) indicó que se promuevan las TIC en la educación. Por otro lado Toporkoff (2013) mencionó que las TIC en la educación

asegura un fuerte vínculo en la modernización. Con base en los resultados obtenidos por las organizaciones y autores citados se pueden generar políticas públicas, las cuales derivan estrategias con el uso de las TIC en la educación sobre todo para elevar el Índice Mundial de Innovación el cual se encuentra bajo en las áreas de investigación de negocios y se espera que con más educación de calidad en áreas de informática, se genere un mayor número de investigaciones y sistemas informáticos que lleven hacia una disponibilidad y asequibilidad de los productos mexicanos en el mundo globalizado y poder ser cada día más competitivos.

## **2.4 La economía en la sociedad**

Para De Castro Sanz (2013) la economía social es una fuerza de contención necesaria que evita las consecuencias sociales de un mercado destructor de la cohesión social. Si los gobiernos estuvieran interesados en una sociedad cohesionada la reconocerían como aliado natural. Samuelson (1975) comentó que la economía se relaciona con otras disciplinas académicas importantes como la sociología, la política, la psicología y la antropología (otras tantas ciencias sociales) cuyo objetivo de estudio se relaciona con el de la economía; independientemente de que la economía también hace gran uso del estudio de la historia y lo realiza con técnicas analíticas y el estudio de la estadística.

La economía es una ciencia social porque estudia desde un punto de vista especial (varios enfoques), las actividades que los hombres desarrollan para satisfacer sus necesidades y además presenta dos particularidades (Napoleoni, 1977).

- 1) Las necesidades humanas son múltiples y susceptibles de infinito desarrollo. Los hombres tienen la necesidad de nutrirse, vestirse, vivir en un a casa, formar una familia, instruirse, descansar, divertirse, entre otros.
- 2) Los medios con los que los hombres satisfacen sus propias necesidades pueden disponerse solo en cantidades limitadas, es decir en cantidades

menores de las que se necesitarían para conseguir la plena satisfacción de dichas necesidades.

Russo (1985) indicó que la ciencia económica posee características particulares que establecen una distinción específica con respecto a las ciencias naturales y que la ciencia económica es una ciencia empírica, por lo tanto no es experimental e incluye en la formulación de hipótesis y en las conclusiones un ingrediente ideológico, que le es intrínseco. Asimismo dice que la esencia social de la economía es el estudio del hombre con relación a medios y fines, a recursos materiales y necesidades humanas y que la economía recurre a la política y la sociología las cuales forman pilares de extremo auxilio en el análisis económico. De acuerdo con García *et al.* (2006) la economía es una ciencia social que estudia los procesos de producción, intercambio, distribución y consumo de bienes y servicios. Se dice que la economía es una ciencia social ya que centra su estudio en la actividad humana. Las ciencias sociales se diferencian de las ciencias puras o naturales debido a que sus afirmaciones no pueden refutarse o validarse mediante un experimento en laboratorio y, por tanto, no están comprendidas en el método científico.

Parkin (2009) señaló que la economía es una ciencia social (como la ciencia política, la psicología y la sociología), pues los economistas tratan de ver cómo funciona el mundo económico y hacen dos afirmaciones.

- Lo que **es**: afirmaciones positivas.
- Lo que **debe ser**: afirmaciones normativas, las cuales dependen de los valores y no pueden someterse a prueba.

## **2.5 Economía y política pública**

Samuelson (1975) relaciono la economía con la política pública, al controlar y perfeccionar la realidad en los siguientes cuestionamientos. ¿Cómo mitigar el ciclo

económico?, ¿Qué medios existen para estimular el progreso económico y la eficiencia?, ¿De qué manera pueden ampliarse los niveles de vida decorosos?, ¿Cómo puede el mundo evitar un desastre ecológico? Todos estos cuestionamientos involucran al gobierno por lo que existe una relación entre la economía y la política pública al tomar decisiones a nivel macro que involucran al gobierno y a la sociedad en el desarrollo de la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.

Para Reyes (2013) comentó que la relación de las políticas públicas en la economía existe al tener capacidad de predicción del comportamiento de las variables económicas, los agentes productivos, para que la sociedad en general cuente con una base para planificar y desarrollar sus expectativas de vida, asimismo comenta que para asignar más eficazmente los recursos de una sociedad, es necesario la política fiscal junto con la política monetaria y cambiaria, estas tres políticas macroeconómicas son fundamentales para la economía de una sociedad. Con dichas políticas se tendrían ciertas garantías para la acción de los diferentes agentes económicos, sostenibilidad económica, beneficio social e incluso elementos para sustentabilidad ecológica en el desarrollo de la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Otras dos políticas complementarias, son la política comercial y la crediticia. Asimismo Reyes (2013) indicó la relación de la política pública y la economía respecto a las siguientes finalidades:

**Finalidades básicas:**

- Promover crecimiento económico;
- Aumentar tasa de empleo;
- Estabilizar precios;
- Mejorar los resultados en la balanza de pagos (balanza comercial y cuenta corriente).

**Finalidades complementarias:**

- Establecer una eficiente y oportuna red de protección social;

- Constituir una eficaz institucionalidad de seguridad social;
- Contar con un sistema progresivo de contribuciones fiscales;
- Conservar y utilizar sustentablemente los recursos y sistemas naturales.

## 2.6 Importancia de las TIC en las ciencias económicas

Es importante el uso de las TIC en las ciencias económicas, debido a que el progreso tecnológico fomenta el crecimiento económico y relaciona a la innovación tecnológica como motor del crecimiento (Solow ,1956; Romer, 1990;, Rincón, 1990; Freeman y Soete, 1997).

Por lo que se explicaran los siguientes puntos con relación a las TIC en el crecimiento económico.

- 1) Importancia de la inversión en TIC
- 2) Importancia de la telefonía móvil.
- 3) Importancia del cambio tecnológico en la fuerza laboral y bienestar de la sociedad
- 4) Importancia de la banda ancha.
- 5) Importancia en la educación.
- 6) Importancia del impacto de las TIC en el crecimiento económico.

**1) Importancia de la inversión en TIC.** Pohjola (2000), Venturini (2009) indicaron que inversiones en TIC tienen un impacto positivo en el crecimiento económico del PIB, asimismo Baily *et al.* (2011) comentan que la inversión en innovación de las TIC funciona como factor clave de la economía.

**2) Importancia de la telefonía móvil.** Según Waverman *et al.* (2005) es importante por tener un impacto positivo y significativo sobre el crecimiento económico.

**3) Importancia del cambio tecnológico en la fuerza laboral.** El cambio tecnológico Massell (1960 y 1961), Mungaray y Torres (2010) en el conocimiento, es importante por las mejoras en la calidad de la fuerza laboral. Reynolds (2009) y West (2011) informaron que las teorías de crecimiento económico suelen hacer hincapié en la importancia de la ciencia, la tecnología y el papel del cambio tecnológico en el aumento, la mejora y el mantenimiento de la productividad marginal de la acumulación de capital y de la tasa de crecimiento per cápita de la economía. Asimismo Ark *et al.* (2011) indicaron que el efecto directo sobre el sector productor de las TIC ha impulsado la productividad y el crecimiento económico. Por su parte Nour (2013) indicó que el progreso tecnológico ha sido fundamental para la creación, determinación, aceleración y mejora de los aspectos cuantitativos y cualitativos del crecimiento económico y del bienestar de una sociedad.

Reynolds (2009) encontró que casi todo el desarrollo de la tecnología es considerado como crucial para sus paquetes de estímulo económico. Así mismo West (2011) indicó que se puede construir una economía de la innovación y sostener una prosperidad a largo plazo.

**4) Importancia de la banda ancha.** En Grecia Skordili (2008) comentó que el Internet es una variable de importancia en el crecimiento. Buttkeireit *et al.* (2009) realizaron un análisis descriptivo en Europa Occidental y estimaron que un aumento de Internet en los hogares proporciona un incremento al PIB, ya que el internet incrementa el capital humano, mejora los servicios de salud y crea nuevas oportunidades de ingresos en las zonas más pobres y remotas del mundo. Asimismo en un estudio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico elaborado por Friedrich *et al.* (2009) se encontró que los países de altos ingresos con nivel alto de penetración de banda ancha, han generado un crecimiento del PIB. Por su parte Khalil *et al.* (2009) estimó a través de un modelo de crecimiento endógeno, el impacto de la penetración de banda ancha en la tasa de crecimiento promedio del PIB per cápita entre 1980 y 2005; sus resultados muestran que un incremento de 10 puntos porcentuales en la penetración de banda ancha llevan a un crecimiento adicional en el PIB de 1.21 puntos porcentuales para países desarrollados y 1.38

para países en desarrollo. Katz *et al.* (2010) indicaron que la inversión en tecnología de banda ancha en el trabajo y la producción económica Alemana; es justificada por los importantes beneficios que se generarían en términos de empleo y crecimiento del PIB. Ark *et al.* (2011) comentan que la integración de equipos de telecomunicación con prestaciones de banda ancha ha dado un empuje adicional a las oportunidades para la inversión y el crecimiento económico. Mayo y Wallsten (2011) encontraron que los modelos teóricos y empíricos que distribuyen de una manera adecuada a las rutas de micro-transmisión en banda ancha, pueden mejorar la producción económica, el empleo y la productividad.

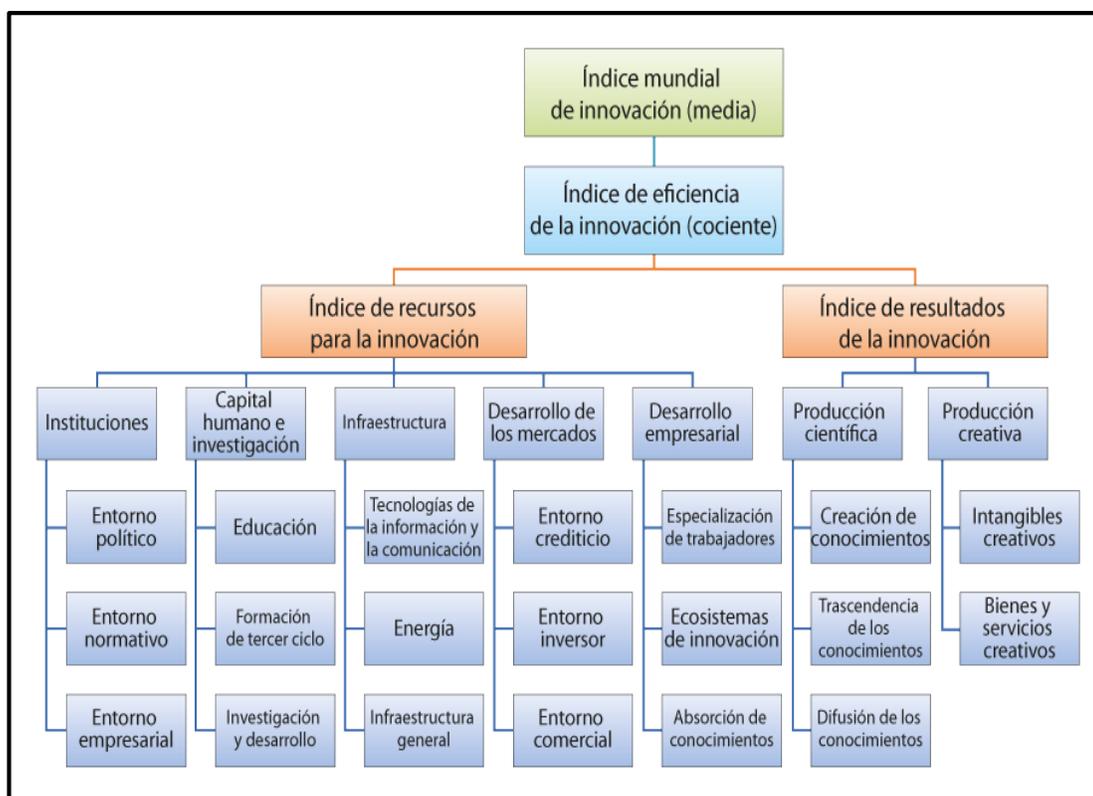
**5) Importancia en la educación.** Fong y Holland (2011), Peeraer y Petegem (2011), Krishnan, *et al.* (2012) señalaron que los profesores que tienen mayor conocimiento sobre las TIC, tienen un impacto positivo en el uso de herramientas de enseñanza y aprendizaje que se apoyan en las TIC.

**6) Importancia del impacto de las TIC en el crecimiento económico.** Dedrick *et al.* (2003) mencionaron que el intensivo uso de las TIC incrementa la productividad del trabajo. Asimismo Antonopoulos y Sakellaris (2009) señalaron que la inversión en servicios de TIC contribuye al crecimiento total y comentan que la inversión en las TIC es la fuerza para lograr un crecimiento de la productividad total de los factores en los países desarrollados. Işık (2011) manifestó que las TIC tienen un impacto positivo del crecimiento económico en el corto plazo y negativamente en el largo plazo. Ahmed y Ridzuan (2012) encontraron en varios países que el trabajo, el capital y la inversión en telecomunicaciones tienen una relación positiva al PIB y que las TIC han jugado un papel importante como motor de crecimiento para el desarrollo sustentable. Utilizaron el método de estimación de panel en un modelo basado en una función de producción estándar que incluyó la variable de investigación en telecomunicaciones. Para Hanna (2012) señalaron que las TIC han abierto nuevas oportunidades para los países en desarrollo, pues aceleran su crecimiento económico. Toporkoff (2013) señaló que las TIC son una fuerza para la

transformación de la vida social, económica y política a nivel mundial, pues potencian el crecimiento económico y mejorar las condiciones sociales.

## 2.7 Índice Mundial de Innovación

El Índice de Innovación Global (GII, por sus siglas en inglés Global Innovation Index) - en este trabajo se le denomina Índice Mundial de Innovación (IMI), se define como el promedio simple del índice de recursos para la innovación y el índice de resultados de la innovación, cada uno en torno a los pilares que se muestran en la Figura 1 (Dutta, 2013).



**Figura 1. Índice Mundial de Innovación - marco conceptual.**

Fuente: [http://www.wipo.int/wipo\\_magazine/es/2011/04/article\\_0005.html](http://www.wipo.int/wipo_magazine/es/2011/04/article_0005.html)

Para calcular el Índice Mundial de Innovación se promedian dos valoraciones o subíndices: **1)** El subíndice de los **recursos** invertidos en actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación, sus instituciones, el capital humano dedicado a la investigación, la infraestructura científica, el desarrollo de los mercados de alta tecnología y la adaptación de tecnologías en las empresas y **2)** El subíndice de los *resultados* de la innovación a partir de la producción de conocimientos y tecnología y la capacidad creativa.

## 2.8 Impacto de las TIC en el crecimiento económico y la educación

### 2.8.1 Producto Interno Bruto

Larrain y Sachs (2006) lo definen como el valor total de la producción corriente de bienes y servicios finales dentro del territorio nacional, durante un periodo dado, normalmente un trimestre o un año. Una economía produce millones de bienes diferentes (automóviles, refrigeradores, tortas, peras, entre otros) y servicios (operaciones médicas, asesoría legal, servicios bancarios, servicios de estética y otros). El PIB suma toda esta producción y la reúne en una sola medida o unidad monetaria. Por otra lado Parkin *et al.* (2007) definen al PIB como el valor de mercado de bienes y servicios finales producidos en una economía durante un periodo determinado, esta definición la dividen en cuatro partes.

- 1) **Valor de mercado.** Para medir la producción total, se deben sumar la producción de manzanas y naranjas, computadoras y palomitas de maíz juntas. El PIB se relaciona con los valores de mercado - los precios en los cuales cada artículo es comercializado en los mercados.
- 2) **Productos y servicios finales.** Para calcular el PIB, se valoran los bienes y servicios finales producidos. Un bien final (o servicio) es un artículo comprado por el usuario final durante un periodo de tiempo específico. Contrasta con el bien intermedio (o servicio), que es un artículo producido por una empresa, comprado por otra, y usado como un componente de un bien o servicio final.
- 3) **Producidos dentro de un país.** Solamente los productos y servicios que se producen dentro de un país cuentan como parte del PIB del país productor.
- 4) **En un periodo determinado de tiempo.** El PIB mide el valor de la producción en un periodo determinado de tiempo, por lo general en un trimestre y se le

llaman datos trimestrales del PIB; o un año, llamado entonces datos anuales del PIB.

El PIB mide el valor total de la producción, así como el ingreso y el gasto total. Es muy relevante la igualdad que existe entre el valor de la producción total y los ingresos totales, pues con esto se indica la relación directa entre la productividad y el nivel de vida. El nivel de vida se aumenta cuando se incrementan los ingresos y se puede obtener una mayor cantidad de bienes y servicios. Pero se deben producir más bienes y servicios para poder comprarlos.

### **2.8.2 Crecimiento económico**

Larrain y Sachs (2006) definen al crecimiento económico como el aumento sostenido del producto en una economía. El crecimiento económico aumenta nuestro estándar de vida, pero no elimina la escasez ni evita el costo de oportunidad. Parkin (2009) indica que el crecimiento se mide como un aumento del PIB real en un periodo.

Cuando la población de un país no cambia en el tiempo, un aumento del PIB equivale a un aumento del PIB per cápita y por ende, a un mejoramiento de las condiciones de vida del individuo promedio. Cuando la población está aumentando, el PIB tiene que crecer más rápido que la población para que el PIB per cápita aumente y las condiciones de vida mejoren.

De acuerdo con Parkin (2009) el crecimiento económico es la expansión de las posibilidades de producción de la economía y se representa como un desplazamiento hacia afuera de la frontera de posibilidades de producción, de igual manera proviene del cambio tecnológico y la acumulación del capital, por consiguiente, menciona que estos dos elementos han generado una enorme cantidad de automóviles, los cuales generan más servicios de transporte comparado con los caballos y carruajes con los que se contaban, asimismo se tienen satélites que posibilitan la comunicación global con una escala mayor que la producida por la

tecnología de cable que se tenía. También menciona que la producción puede expandirse dependiendo de los recursos que se le dediquen al cambio tecnológico y a la acumulación de capital.

### **El modelo de crecimiento de Solow**

El esquema contable de Robert Solow (1957) se basa el crecimiento económico en la acumulación del capital, crecimiento de la fuerza laboral y cambio tecnológico, este autor desarrolló un marco analítico contable que permite medir los principales factores que contribuyen al crecimiento económico que se ilustran en la Ecuación 1,

$$Q = T(K, L) \quad (1)$$

donde:

Q = producto;

K = acervo de capital;

L = insumo laboral;

T= estado de la tecnología.

Así pues con esta ecuación, el crecimiento económico proviene del aumento del capital, del trabajo y de progreso tecnológico. Solow demostró que el aumento del producto puede distribuirse entre estos tres factores, además pudo derivar una ecuación que vinculaba el cambio proporcional del producto a los cambios proporcionales de la tecnología, el trabajo y el capital (Ecuación 2).

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta T}{T} + S_L \frac{\Delta L}{L} + S_K \frac{\Delta K}{K} \quad (2)$$

donde:

$\Delta Q/Q$  = tasa de crecimiento del producto;

$\Delta T/T$  = tasa de progreso tecnológico;

$(S_L)\Delta L/L$  = tasa de crecimiento del factor de trabajo ponderada por la participación del trabajo en el producto;

$(S_k)\Delta K/K$  = tasa de crecimiento del factor capital ponderada por la participación del capital en el producto.

Si el progreso tecnológico tiende a incrementar la productividad del trabajo a través del tiempo, dicho progreso tecnológico puede conducir a un crecimiento positivo de largo plazo en el PIB per cápita.

De igual forma Larrain y Sachs (2006) indicaron que algunos estudios del crecimiento económico sugieren que el capital humano (inversión en educación y capacitación de los trabajadores) puede tener un papel importante que el que sugiere el modelo de Solow, lo que implica que la inversión en capital (máquinas o personas) genera externalidades positivas. Esto implica que la inversión mejora la capacidad productiva de las empresas o del trabajador que invierte y la capacidad productiva de otras empresas y de otros trabajadores relacionados con los anteriores. Esto puede ocurrir cuando hay derrame de conocimientos entre las empresas y los trabajadores que están empleando las nuevas tecnologías.

Cuando las externalidades positivas son significativas, sus implicaciones en el crecimiento económico podrían ser importantes. De igual forma una de las consecuencias más notables de las teorías que enfatizan las externalidades del capital es que las economías con externalidades significativas no necesariamente terminan con una tasa de crecimiento de estado estacionario igual a la de la población. Asimismo otro aspecto relevante es la importancia de la investigación y el desarrollo para estimular el cambio tecnológico, dichos modelos conducen a la investigación científica y tecnológica, en lugar de suponer que los avances tecnológicos aparecen solos “como caídos del cielo”.

## **El crecimiento económico y las políticas públicas**

Mankiw (2011) consideró que el estándar de vida de una sociedad depende de su habilidad para producir bienes y servicios, asimismo menciona que la productividad depende del capital físico por trabajador, del capital humano por trabajador, recursos naturales por trabajador y del conocimiento tecnológico, por lo cual es importante la pregunta ¿Qué puede hacer un gobierno con respecto a sus políticas públicas para aumentar la productividad y los estándares de vida?

### **Ahorrar e invertir**

Para aumentar la productividad futura, se debe de invertir en el presente en la producción de capital. Una sociedad que invierta en más capital debe consumir menos y ahorrar una mayor parte de su ingreso. El crecimiento que se produce con acumulación de capital: requiere que la sociedad sacrifique consumo de bienes y servicios en el presente con el fin de disfrutar de mayor consumo en el futuro. El gobierno debe de implementar políticas que influyeran las cantidades ahorradas e invertidas.

### **La inversión extranjera**

La inversión extranjera es la forma en que un país crezca, a pesar de que algunos beneficios de esta inversión regresan a los inversionistas, pues la inversión extranjera incrementa el acervo de capital que conduce a mayores salarios y mayor producción. Además la inversión extranjera es una forma en la que los países pobres tienen acceso a tecnologías más sofisticadas que son creadas en países más desarrollados. Por lo cual varios economistas sugieren a los gobiernos de países menos desarrollados que apliquen políticas que promuevan la inversión extranjera.

El Banco Mundial se encarga de promover el flujo de capital hacia los países pobres, para lo cual obtiene fondos de países más ricos y utiliza estos recursos para hacer

préstamos a los países más pobres con el fin de que puedan invertir en infraestructura como carreteras, drenaje, escuelas y otros tipos de capital.

## **Educación**

La inversión en capital humano e inversión en capital físico son muy importantes para el bienestar de un país a largo plazo, asimismo la educación es una inversión en capital humano. Los gobiernos pueden utilizar una política pública para proporcionar buenas escuelas y promover el uso de las mismas por la población para mejorar el estándar de vida de la población. La inversión en capital humano es como la inversión en capital físico, pues tienen un costo de oportunidad, pues cuando los estudiantes van a la escuela están percibiendo sueldos que podrían estar recibiendo si estuvieran trabajando. En algunos países menos desarrollados los niños y jóvenes dejan los estudios a una edad temprana para unirse a la fuerza laboral. Varios economistas indican que el capital humano es importante para el crecimiento económico, pues éste transmite grandes externalidades positivas, pues una persona con educación puede generar nuevas ideas acerca de cómo producir bienes y servicios.

## **La investigación y el desarrollo**

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) ha manifestado que la educación y el conocimiento son ejes para la transformación productiva de los países; manifiesta se debe contar con infraestructura que ayude a proporcionar la enseñanza y el aprendizaje, y para lograrlo, requiere de una participación activa de las instituciones y el gobierno, para que compense los puntos de partida heterogéneos, asimismo que equipare oportunidades, otorgue subvenciones a los que las necesitan, refuerce capacidades educativas en las localidades y regiones más atrasadas y apartadas de las ciudades, asimismo se da confianza a las entidades económicas, ya que pueden emprender proyectos de tecnología de

vanguardia, al considerar que a mediano plazo la estructura productiva contará con recursos humanos que poseerán mayores conocimientos y valores que serán transferidos a los procesos productivos de las empresas (Licona y Rangel, 2012).

### **2.8.3 Teorías del crecimiento**

#### **La teoría clásica del crecimiento**

En 1776 cuando las personas trabajaban en granjas o en terrenos propios y desempeñaban sus actividades con herramientas simples o tracción animal y considerando el progreso en la tecnología agrícola con la inclusión de nuevos tipos de semillas y arados, se permitió el incremento en la labranza. Al aumentar la producción del campo

En lo que se refiere Smith (1976) señaló que la riqueza de los países depende dos factores **1)** de la distribución del factor trabajo entre las actividades productivas e improductivas, y **2)** del grado de eficacia de la actividad productiva (progreso técnico). Asimismo estos dos factores se ven influenciados por la división del trabajo (especialización), la tendencia al intercambio, el tamaño de los mercados (uso del dinero y el comercio internacional), y finalmente, la acumulación de capital, que en última instancia se considera el elemento esencial que favorece el crecimiento de un país. Smith también indica que existe una serie de perturbaciones en los factores que pueden generar efectos negativos. Asimismo Smith señala que todas las naciones, gracias al desarrollo económico que experimenten, alcanzarán un estado estacionario, ya que las oportunidades de inversión se van agotando y con ello el crecimiento. La llegada a este estado estacionario solo puede retrasarse con la apertura de nuevos mercados y con la aparición de innovaciones que creen nuevas posibilidades de inversión.

De igual forma Schumpeter (1911) consideró que las innovaciones son las más importantes para propiciar el crecimiento económico. Schumpeter supone que la economía puede encontrarse en dos posibles fases o estados.

El primero de ellos es el estado estacionario, donde la economía no crece y que se caracteriza por presentar un determinado estado tecnológico y por la repetición de los mismos procesos productivos. La segunda fase, que sería la del crecimiento, se alcanza gracias a la introducción de ciertos cambios (innovaciones en el proceso productivo). Si resultan adecuados, generarán mayores beneficios a la empresa innovadora, lo que animará a las empresas competidoras a introducirlos también en sus procesos productivos con el fin de apropiarse de parte de esos beneficios. Para ello, será necesario aumentar la inversión. El resultado de este proceso de incorporación de innovaciones es que durante esta fase la economía experimenta un crecimiento positivo. Cuando todos los agentes han incorporado la innovación en sus respectivos procesos productivos, la inversión se detiene y la economía entra de nuevo en una fase de estado estacionario, al menos hasta que alguien introduzca una nueva innovación, siendo el denominado empresario innovador el encargado de llevar a cabo esta tarea.

Asimismo de acuerdo con la Teoría General, Keynes (1936) indicó que se concede gran importancia a las decisiones de inversión y a través de esta al crecimiento; y por otro lado, al ahorro, ya que va a afectar a la riqueza en función de lo que haga el individuo con él; así mismo Keynes señaló que las alteraciones producidas en la población, en la tecnología, en la distribución de la renta y por consiguiente, en el ahorro, afectaban al crecimiento económico.

Parkin *et al.* (2007) consideraron que el crecimiento del PIB real es temporal y que, cuando el PIB real per cápita rebasa su nivel de subsistencia, una explosión demográfica finalmente regresará al PIB real per cápita a su nivel de subsistencia. Dicha teoría la propusieron Thomas Robert Malthus y David Ricardo los principales

economistas del siglo XIX. De acuerdo con esta teoría se debe actuar rápido para detener el crecimiento de la población.

### **Los modelos neoclásicos de crecimiento exógeno**

Las bases para analizar el crecimiento económico moderno son las aportaciones de Solow (1956) y Swan (1956), basadas en una función de producción con rendimientos constantes a escala y decrecientes para cada uno de los factores productivos, con el supuesto de mercados perfectamente competitivos, que dirige a la economía a un equilibrio sostenido a largo plazo con pleno empleo y la introducción del progreso tecnológico como el factor exógeno que determina la existencia de tasas de crecimiento positivas a largo plazo del ingreso per cápita.

Las hipótesis y ecuaciones que conforman este modelo son las que se indican a continuación.

$$\dot{k} = sf(k) - (n + \delta)k \quad (3)$$

donde:

$\dot{k}$  = stock de capital per cápita;

$sf(k)$  = inversión o ahorro por trabajador;

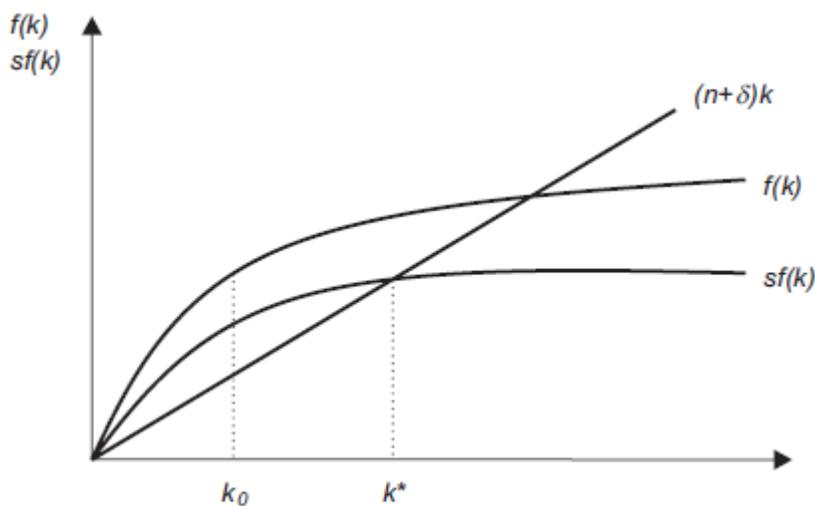
$n$  = tasa de crecimiento del trabajo;

$\delta$  = tasa de depreciación del capital.

La Ecuación 3 es fundamental del modelo de Solow, pues indica la trayectoria que sigue el stock de capital per cápita, que depende de  $k$ , siendo el resultado de la diferencia entre la inversión (o ahorro) por trabajador ( $sf(k)$ ) y la inversión que hay que realizar teniendo en cuenta que el trabajo crece a una tasa  $n$  y el capital se deprecia a una tasa  $\delta$  ( $(n + \delta)k$ ).

En la Figura 2 se indica su representación donde  $k^*$  representa el estado estacionario, que es aquella situación en la que las variables crecen a una tasa, cumpliéndose así que  $\dot{k} = 0$ , lo que significa que  $sf(k) = (n + \delta)k$ .

Por consiguiente, en un nivel inferior a  $k^*$ , por ejemplo  $k_0$ , la inversión efectiva será superior a la de equilibrio, por lo que  $k$  crecerá, hasta que alcancemos  $k^*$ ; y una vez alcanzado el capital per cápita no variará. Lo contrario ocurriría si partiésemos de una situación por encima de  $k^*$ . Así pues, convergemos hacia el nivel del estado estacionario, que se considera como un equilibrio estable. Los cambios que se produzcan en el resto de las variables, ahorro, depreciación..., suponen un desplazamiento de la función  $sf(k)$ , dando lugar a una alteración de  $k^*$ . Pero cuando nos encontramos en el estado estacionario, las alteraciones que se produzcan no alteran el capital, por lo que la producción vuelve a ser la misma. La economía no consigue aumentar el stock de capital y permanece constante hasta el final de los tiempos (Sala-i-Martín, 2000).



**Figura 2. Modelo neoclásico de crecimiento.**

Fuente: [http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE\\_858\\_39-56\\_\\_8C514DA83EDE4E6BB9EA8213B6E44EBE.pdf](http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE_858_39-56__8C514DA83EDE4E6BB9EA8213B6E44EBE.pdf)

El modelo de Solow (1956) expuso las siguientes predicciones

- 1) A largo plazo, la economía alcanza el estado estacionario que es independiente de las condiciones iniciales.
- 2) El nivel de renta correspondiente al estado estacionario depende de las tasas de ahorro y de crecimiento de la población. Cuantos mayores sean dichas tasas, mayor y menor será, respectivamente, el nivel del estado estacionario del ingreso per cápita.
- 3) La tasa de crecimiento del ingreso per cápita del estado estacionario depende solo de la tasa de crecimiento tecnológico.
- 4) En el estado estacionario, el stock de capital crece a la misma tasa que la renta, de tal manera que la ratio capital-renta es constante.
- 5) En el estado estacionario, el producto marginal del capital es constante, mientras que el producto marginal del trabajo crece conforme a la tasa de progreso tecnológico.
- 6) La convergencia entre países homogéneos se deriva de la dinámica de transición del modelo hacia el estado estacionario. Un país con menor stock de capital per cápita inicial, que comparta el mismo estado estacionario que otro inicialmente más adelantado, presentará una mayor productividad marginal del capital (por los rendimientos decrecientes de este factor) y por tanto, un mayor rendimiento, estímulo a la inversión y un mayor crecimiento económico.

Mankiw *et al.* (1992) indicaron que al incluir en la función de producción tanto el capital físico como el humano, se puede comprender mejor la relación que existe entre el ahorro, la evolución de la población y el ingreso, que a través del modelo de Solow tradicional, señalan que es mayor la aportación al capital que en el caso del modelo no ampliado. De igual forma Galindo (2011) mencionó una segunda forma de ampliar el modelo de Solow al introducir el capital humano en la función de producción.

## La teoría del crecimiento endógeno

Los modelos de crecimiento endógeno otorgan la posibilidad de alcanzar un equilibrio dinámico con tasas de crecimiento positivas que ahora no estarán explicadas por el crecimiento exógeno de la productividad global. Por el contrario, se afirma que el proceso de crecimiento sostenido es un fenómeno endógeno a la propia dinámica de la economía y de esta circunstancia se deriva la denominación de esta nueva corriente (Barro y Sala-i-Martín, 2004). La principal contribución de los modelos de crecimiento endógeno es la de aportar y justificar las distintas situaciones en las que pueden aparecer tales rendimientos para el factor capital, constituyendo así un paso adelante en la búsqueda de los determinantes del crecimiento, para lo cual se presenta el modelo AK (Modelo de crecimiento endógeno) y se considera un solo sector.

Rebelo (1991) mencionó que el modelo AK incluye una función de producción lineal, con un único factor de producción que es el capital. Se considera que dicha función presenta a la vez las propiedades inherentes a los rendimientos constantes de escala y a los rendimientos constantes de capital, su versión más sencilla se representa en la Ecuación 4.

$$Y = F(K, L) = AK \quad (4)$$

donde:

$A$  = constante exógena;

$K$  = capital agregado;

$L$  = capital de la fuerza laboral.

Las diferencias que se plantean entre esta aportación y el modelo de crecimiento neoclásico se concretan en lo siguiente (Sala-i-Martín, 2000).

- Esta aportación no predice ningún tipo de relación entre la tasa de crecimiento y el nivel alcanzado por el ingreso nacional, es decir, no existe convergencia ni real ni absoluta a diferencia de lo que afirma el modelo neoclásico.
- Los efectos de una recesión temporal serán permanentes en este modelo. Si, por alguna causa exógena el stock de capital se reduce temporalmente, la economía no va a crecer transitoriamente más deprisa para volver a la trayectoria de acumulación de capital anterior.
- Un aspecto interesante de este modelo, es cuando la tecnología es AK, no puede haber demasiada inversión en el sentido de que la economía no puede encontrarse en la zona dinámicamente ineficiente.

Galindo (2011) mencionó que los modelos de crecimiento endógeno intentan superar las dificultades del enfoque neoclásico, aportando los fenómenos de aprendizaje y efectos desbordamiento del capital público y privado, físico y humano, y los proyectos de I+D y los rendimientos a escala crecientes. Por lo cual, las políticas económicas dirigidas a mejorar estos aspectos sí tendrán un efecto permanente sobre la tasa de crecimiento de equilibrio en el largo plazo.

### **Senda de expansión con cambio tecnológico nulo y producción consistente en un producto y dos insumos con rendimientos constantes a escala**

Suponiendo la siguiente función de producción propuesta por Barro y Sala-i-Martin (2004) que se ilustra en la Ecuación 5.

$$Y_t = f_t(K, L) \tag{5}$$

donde:

$Y_t$  = cantidad de bienes producidos por una economía en cada periodo;

$f_t(K, L)$  = función de la combinación de los dos insumos (K y L).

El subíndice “t” representa el periodo de tiempo. La función de producción se representa en la Ecuación 6.

$$Y = bK^\alpha L^\beta \quad (6)$$

donde:

Y = cantidad de bienes producidos por una economía en cada periodo;

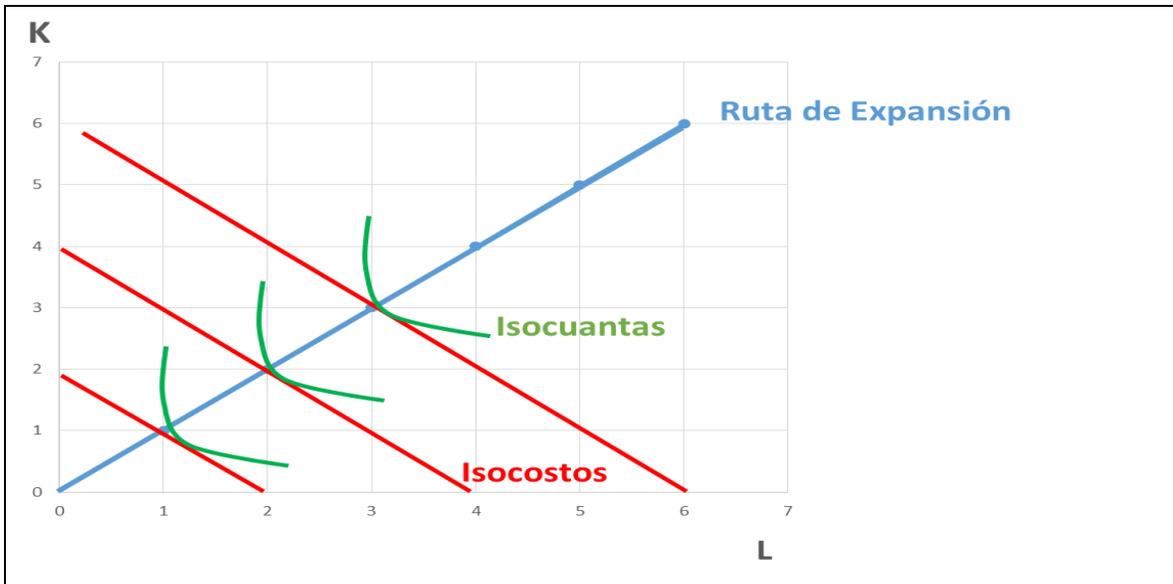
(K, L) = función de la combinación de los dos insumos (K y L);

$\alpha$  = participación del capital en la cantidad de bienes producidos;

$\beta$  = participación de la fuerza laboral en la cantidad de bienes producidos.

### **Supuestos de rendimientos constantes a escala y cambio tecnológico nulo**

La ruta de expansión se obtiene al unir los puntos de equilibrio de las diferentes isocuantas e isocostos obtenidos al variar el desembolso total, por lo cual es análoga a la curva ingreso-consumo. La Figura 3 es la representación gráfica con rendimientos constantes a escala, muestra la relación entre producción y los insumos K y L. Se observa que la curva pasa por el origen, lo que significa que la producción es cero cuando K y L son nulos. La pendiente positiva de la curva (línea recta tangente a la curva) en cualquier punto, muestra la producción adicional al doble, la cual es generada por los insumos adicionales de K y L. En este caso la senda de expansión, no pivotea se queda en el mismo lugar, pues no hay un efecto de tecnología.



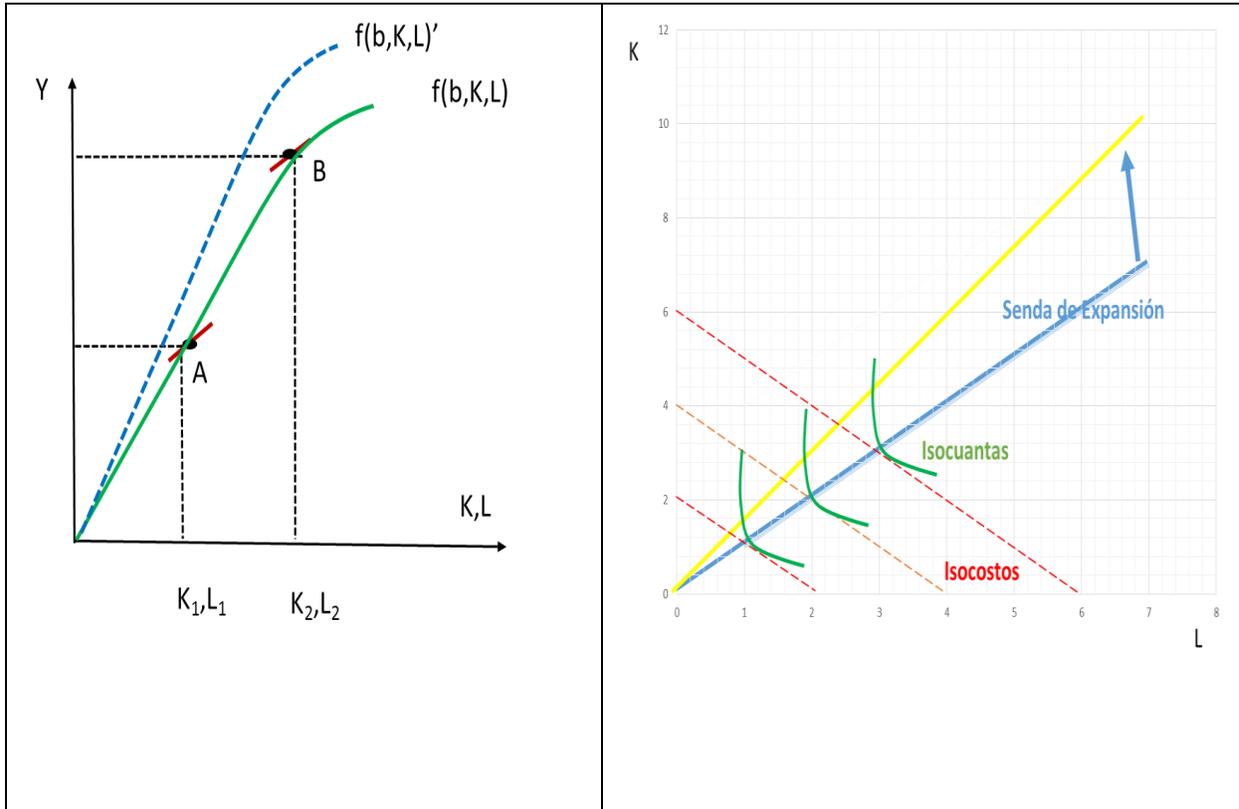
**Figura 3. Rendimientos constantes a escala y cambio tecnológico nulo.**

**Senda de expansión al incorporarse un cambio tecnológico y producción consistente en un producto y dos insumos con rendimientos constantes a escala**

Una mejora tecnológica puede elevar la producción, pues las mejoras tecnológicas elevan la productividad marginal del trabajo para cualquier nivel de esfuerzo laboral dado. En la Figura 4 se observa el supuesto de que la mejora tecnológica eleva la productividad marginal del trabajo. Es decir la curva denominada  $f(b, K, L)'$  -que corresponde al a mejora tecnológica – es más empinada que la curva inicial para cualquier adición de insumos K y L (Barro, 1986).

Asimismo suponiendo que la tecnología produce un cambio en uno de los factores, en este caso “L”, en lugar de pivotar la recta de isocosto, lo que ocurre es un pivot de la ruta de expansión (Figura 5). En la intersección de la nueva ruta de expansión con la curva isocuanta que representa el nivel de producción deseado, se encuentra la nueva combinación de factores que minimiza costos para la producción deseada.

Por lo tanto la senda de expansión con la incorporación de cambio tecnológico es de rendimientos crecientes a escala, es la que se muestra en la Figura 5.



**Figura 4. Efecto de una mejora de la tecnología sobre el nivel de producción**  
Fuente: Barro (1986)

**Figura 5. El desplazamiento de la senda de expansión.**  
Fuente: elaboración propia

#### 2.8.4 Enfoque teórico sobre incidencia de la tecnología en el PIB

Pohjola (2000) investigó los efectos de la inversión en tecnología de la información en el crecimiento económico, en una sección transversal de 39 países en el período 1980 -1995 mediante la aplicación de un modelo explícito de crecimiento económico, a través de la versión ampliada del modelo neoclásico de crecimiento de Solow. Los resultados indicaron que el capital físico es un factor clave en el crecimiento económico en los países tanto desarrollados como en desarrollo.

En Estados Unidos Dedrick *et al.* (2003) demostraron que la productividad del trabajo ha aumentado en industrias que utilizan más intensivamente las TIC.

Cabe notar que Neira (2007) realizó una investigación para 19 países de la OCDE en el periodo de 1965-1990 y analizó el efecto directo de la educación en la función de producción por habitante mediante una función de producción *Cobb-Douglas*, considerando el PIB per cápita y el nivel educativo de la población. Realizó estimaciones con el método de mínimos cuadrados generales y mínimos cuadrados ordinarios. Indicó que el capital humano puede tener el doble efecto positivo sobre el PIB per cápita y que la educación influye también en la productividad del trabajo. También señaló que el capital humano se constituye como una línea de investigación propia y con un peso importante en las teorías de crecimiento económico. Neira concluye que los países que han alcanzado los máximos niveles de educación en el siglo XX son también los que han tenido un mejor nivel de desarrollo económico, incluso con escasa dotación de recursos naturales.

En Grecia Skordili (2008) investigó la relación entre los indicadores que impactan la tecnología, el Internet y la capacidad tecnológica. En sus resultados encontró que el Internet es una variable de importancia en el crecimiento y que puede influir fuertemente en las personas, los lugares, las sociedades y las economías. Además considera que este efecto puede ir creciendo en el futuro previsible.

Asimismo Reynolds (2009) analizó el papel de las inversiones de infraestructura de comunicaciones en las recuperaciones económicas entre los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y encontró que casi todo el desarrollo de la tecnología es considerada como crucial para sus paquetes de estímulo económico. Se demuestra que existe una fuerte relación entre la inversión y el crecimiento económico de las telecomunicaciones, sobre todo después de las recesiones. Este tipo de inversiones ayudan a los países a crear empleo y sentar las bases para el desarrollo a largo plazo económico.

Venturini (2009) estudió el impacto del crecimiento de capital digital en los EE.UU. y 15 países de la Unión Europea, desde una perspectiva de largo plazo. Estimó la elasticidad de la producción con respecto a las TIC dentro de un marco de función de producción, por medio de un análisis de panel de raíces unitarias y cointegración. El resultado fue que el capital TIC impulsa significativamente el crecimiento del PIB.

Por otra parte Katz *et al.* (2010) estudiaron la relación entre el impacto de la inversión en tecnología de banda ancha en el trabajo y la producción económica Alemana; analizaron dos escenarios de inversión secuenciales el primero refleja la estrategia del gobierno nacional en cuanto al internet de banda ancha, que se extiende hasta el 2014 y el segundo abarca la evolución de ultra banda ancha desde 2015 a 2020. Llegaron a la conclusión de que la inversión requerida de aproximadamente 36 mil millones de euros, es justificada por los importantes beneficios que se generarían en términos de empleo y crecimiento del PIB.

También West (2011) investigó dos representaciones de la tecnología **1)** Generación de innovación y **2)** creación de la prosperidad económica. El autor recomienda fomentar una economía de la innovación, mediante la adopción de políticas como una permanente investigación y desarrollo y generación de conocimiento eficiente en las universidades.

De igual forma Fong y Holland (2011) realizaron un estudio descriptivo en China - Hong Kong con 122 profesores sobre la percepción de los profesores en la facilidad y utilidad del uso de las TIC como apoyo en la calidad de la educación. Concluyeron que los profesores que tienen mayor conocimiento sobre las TIC, tienen un impacto positivo en el uso de herramientas de enseñanza y aprendizaje que se apoyan en las TIC.

Además Işık (2011) investigó la relación entre la tecnología y la economía basada en el conocimiento como objetivo del crecimiento económico y de la productividad, para

esta investigación utilizó un modelo autorregresivo con retardos distribuidos utilizando la prueba de límites, para determinar la evidencia de causalidad entre el crecimiento económico y la tecnología como inversión en el corto y largo plazo. En sus resultados encontró que en Turquía las TIC tienen un impacto positivo del crecimiento económico en el corto plazo y negativamente en el largo plazo. Asimismo mencionó que las economías que desean crear una ventaja competitiva son capaces de levantar su nivel de bienestar y hacer realidad sus objetivos de ser sociedades que hacen uso de las TIC.

En lo que concierne a Mayo y Wallsten (2011) analizaron en Estados Unidos la relación con las externalidades del internet y el crecimiento económico, que están asociados con la implementación de una infraestructura de internet de banda ancha. Los autores encontraron que los modelos teóricos y empíricos que distribuyen de una manera adecuada a las rutas de micro-transmisión en banda ancha, pueden mejorar la producción económica, el empleo y la productividad.

Asimismo Baily *et al.* (2011) realizaron una reunión con líderes de los sectores privado y público para explorar las razones para lograr un crecimiento económico en Estados Unidos a través de la innovación, convocaron a las industrias más importantes (Tecnología de la información, las comunicaciones, los medios de comunicación, manufactura, recursos, defensa y tecnología verde). Propusieron el diseño de estrategias innovadoras para elevar la producción económica nacional en todo su potencial, mediante el impulso de la innovación a todos los niveles (avances en las ciencias básicas, tecnología, industrias del futuro, la eficiencia del proceso y revolucionarios modelos de negocio). Los autores sugieren la inversión en factores clave de la próxima economía - la innovación, los mercados globales, el capital humano y la reducción de los costos energéticos y mejorar la innovación y el desempeño del gobierno.

También Ahmed y Ridzuan (2012) estudiaron el impacto de las TIC en el crecimiento económico, basado en una función de producción de capital y trabajo. La inversión

en telecomunicaciones la utilizó como proxy para medir la contribución de las TIC como nueva variable independiente al crecimiento de la producción en Malasia, Tailandia, Singapur, Indonesia, Filipinas, Japón, Corea y China. El resultado fue que el trabajo, el capital y la inversión en telecomunicaciones tienen una relación positiva al PIB. Los autores concluyen que las TIC han jugado un papel importante como motor de crecimiento para el desarrollo sustentable y sugieren ampliar su cooperación con China, Japón y Corea a través de un intercambio de conocimientos, especialmente en el área de las TIC.

En relación con Aoun (2012) investigó la relación entre las empresas que utilizan las TIC y las que no las usan, mediante un modelo basado en estructura de capital dinámico con el procedimiento de ecuaciones simultáneas. Dicho trabajo fue realizado con una muestra de empresas del Reino Unido. Los resultados indicaron que el índice de apalancamiento de una empresa que usa las TIC, se ve más afectado por la variabilidad del ingreso, la singularidad y la crisis de los negocios virtuales, en comparación con las empresas que no utilizan las TIC.

En México, Dieck-Assad y Peralta (2012) indicaron que la energía es uno de los pilares de crecimiento de la productividad, independientemente del capital y de la nueva tecnología.

Ark *et al.* (2011) indicaron que el efecto directo sobre el sector productor de TIC ha impulsado la productividad y el crecimiento económico agregado y en otros sectores económicos, pues el mayor uso de las TIC ha estimulado la productividad del trabajo, gracias a una «penetración del capital» (que hace referencia a un aumento de la cantidad de capital productivo por trabajador) más rápida en la economía, pero también, y especialmente, en industrias donde el capital altamente tecnológico había tenido tradicionalmente un papel marginal, también el uso de las TIC ha ayudado a obtener una productividad total de los factores (PTF) más elevada.

Nour (2013) indicó que el progreso tecnológico ha sido fundamental para la creación, determinación, aceleración y mejora de los aspectos cuantitativos y cualitativos del crecimiento económico y del bienestar de una sociedad, asimismo informa que teorías de crecimiento económico suelen hacer hincapié en la importancia de la ciencia, la tecnología y el papel del cambio tecnológico en el aumento, la mejora y el mantenimiento de la productividad marginal del acumulación de capital y de la tasa de crecimiento per cápita de la economía.

En la tecnología de Banda Ancha Buttkeireit *et al.* (2009) estimaron que un 10 % de aumento de Internet en los hogares proporciona un incremento al PIB, que oscila entre un 0.1 a 1.4%. Khalil *et al.* (2009) estimó que un incremento de 10 puntos porcentuales en la penetración de banda ancha lleva a un crecimiento adicional en el PIB de 1.21 puntos porcentuales para países desarrollados y 1.38 para países en desarrollo. Katz *et al.* (2010) indicaron que la inversión en tecnología de banda ancha en el trabajo y la producción económica Alemana; es justificada por los importantes beneficios que se generarían en términos de empleo y crecimiento del PIB. Ark *et al.* (2011) comentaron que la integración de equipos de telecomunicación con prestaciones de banda ancha ha dado un empuje adicional a las oportunidades para la inversión y el crecimiento económico y manifestaron que debido a los niveles de inversión en telecomunicaciones y de contribución al crecimiento, los países emergentes están alcanzando rápidamente un alto crecimiento. Mayo y Wallsten (2011) encontraron que los modelos teóricos y empíricos que distribuyen de una manera adecuada a las rutas de micro-transmisión en banda ancha, pueden mejorar la producción económica, el empleo y la productividad.

Hanna (2012) señaló que la globalización y las TIC se refuerzan mutuamente y han abierto nuevas oportunidades para los países en desarrollo para acelerar su crecimiento e indica que para tener un impacto significativo en el crecimiento, un país necesita tener una acción importante de las TIC y tal vez ser más avanzados en el uso de las TIC en la población para la transformación económica.

Toporkoff (2013) indicó que las TIC se han convertido en una gran fuerza para la transformación de la vida social, económica y política a nivel mundial, pues generan crecimiento económico. Asimismo Antonopoulos y Sakellaris (2009) señalaron que la inversión en servicios de TIC contribuyó en un 0.75 a la tasa de crecimiento total y comentan que la inversión en las TIC es la fuerza impulsora para lograr un crecimiento de la productividad total de los factores en los países desarrollados durante los últimos años e indican que también son la principal razón para el aumento de las tasas de crecimiento de la productividad total de los factores. La inversión en TIC, es importante también debido a que el uso intensivo de las TIC incrementa la productividad del trabajo (Dedrick *et al.*, 2003).

Como se mostró anteriormente, diversos autores han investigado el crecimiento económico en función de la tecnología, con el enfoque teórico de los autores Barro y Sala-i- Martin (2004), es posible tener crecimiento económico con cambio tecnológico sin violar rendimientos constantes, pues los autores comentan en su libro de Crecimiento económico, que si consideramos una función de producción Neoclásica,  $f(K, L, T)$  (Ecuación 7), la cual puede tener la característica de rendimientos constantes a escala, es decir si multiplicamos el capital y el trabajo por la misma constante positiva,  $\lambda$ , obtenemos  $\lambda$  veces la cantidad de producción.

$$f(\lambda K, \lambda L, T) = \lambda f(K, L, T) \quad (7)$$

para todo  $\lambda > 0$

Esta propiedad se le conoce también por el nombre de homogeneidad de grado uno en  $K$  y  $L$ . Es importante señalar que la definición de escala atañe solo a dos bienes rivales, capital y trabajo. En otras palabras no se define los rendimientos constantes a escala como  $f(\lambda K, \lambda L, \lambda T) = \lambda f(K, L, T)$ .

Suárez (2004) mencionó la teoría de Schumpeter quien consideraba el proceso de producción como una combinación de fuerzas productivas, las que, a su vez, están compuestas por fuerzas materiales y fuerzas inmateriales. Las fuerzas materiales las componen los llamados factores originales de la producción (Factor trabajo, Factor tierra y Factor capital –“medios de producción producidos”). Las fuerzas inmateriales las componen los “hechos técnicos” y los “hechos de organización social”, que, al igual que los factores materiales, también condicionan la naturaleza y el nivel del desarrollo económico, lo cual se ilustra en la Ecuación 8.

$$PIB = f(FP, T, ASC) \quad (8)$$

donde:

*PIB* = Producto Interno Bruto;

*FP* = factores productivos, denominados por Schumpeter factores materiales del proceso de producción;

*T* y *ASC* = fuerzas inmateriales del proceso de producción.

De esta manera, para Schumpeter, el aumento de la producción depende de la tasa de cambio de los factores productivos, la tasa de cambio de la tecnología y la tasa de cambio del ambiente socio-cultural.

Larrain y Sachs (2006) relacionaron el avance tecnológico (motor más importante que impulsa el crecimiento económico) con la creación de nuevos productos o la elaboración de los productos existentes a un menor costo.

## **2.9 Eficiencia de una política pública orientada al desarrollo del capital humano**

Reyes (2013) mencionó en términos de lo económico que el desarrollo está relacionado con la capacidad de las personas en poder tener la oportunidad concreta

para insertarse de una manera efectiva en los sistemas de producción, distribución y consumo y presenta los siguientes indicadores para la evaluar una política pública.

- Aumento de capacidades (educación y capacitación productiva)
- Aumento de oportunidades (empleo, inversión, economía social, elementos de competitividad y complementariedad local y regional)

Con los indicadores mencionados por Reyes (2013), se puede realizar una evaluación mediante la Metodología del Marco Lógico (ILPES, 2004), la cual permitirá un análisis de las interrelaciones entre problemas, metas, objetivos específicos, resultados y actividades derivadas de las propuestas de una política pública, además de involucrarla con la sociedad.

La metodología de marco lógico está conformada por 6 etapas, descritas a continuación.

- 1) **Definición del problema.** Identificar el problema principal de la política pública, a partir del cual se elaborará el árbol de problemas.
- 2) **Identificación de involucrados.** Se identifican todos los grupos, organizaciones y personas afectadas con el problema determinado en la etapa anterior.
- 3) **Análisis del problema.** Se analiza el problema y se establecen las relaciones causa-efecto, entre los efectos negativos de la situación existente.
- 4) **Definición del objetivo.** Algunas de las relaciones causa-efecto, se convierten en relaciones medios-fines, es decir, los problemas se reformularán, convirtiéndose en objetivos.

- 5) **Selección de alternativa.** Se identifican las diferentes combinaciones de medio-fines en el diagrama de objetivos, considerando criterios como recursos disponibles, probabilidad de alcanzar objetivos, factibilidad política, duración y sostenibilidad del proyecto.
  
- 6) **Elaboración de Matriz de Indicadores.** La Matriz de Marco Lógico (Cuadro 2) presenta información acerca de los objetivos, indicadores, medios de verificación y supuestos en cuatro momentos diferentes de la vida del proyecto.

**Cuadro 2. Matriz de Marco Lógico.**

|                                  | <b>Objetivos.</b> | <b>Indicadores.</b> | <b>Medios de Verificación.</b> | <b>Supuestos.</b> |
|----------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|
| <b>Fin</b>                       |                   |                     |                                |                   |
| <b>Propósito</b>                 |                   |                     |                                |                   |
| <b>Componente/<br/>Resultado</b> |                   |                     |                                |                   |
| <b>Actividades</b>               |                   |                     |                                |                   |

La matriz deberá proporcionar información sobre los impactos que se quieren alcanzar (objetivos general y específicos) y la forma en la que se realizarán actividades, metas y resultados.

El proceso anteriormente descrito, busca proporcionar indicadores que permitan evaluar los resultados e impactos obtenidos de la política pública. Esta metodología también se basa en una evaluación de resultados que consiste en análisis de eficacia, análisis de eficiencia y análisis de sostenibilidad, mediante estos análisis se pueden medir la evaluación de una política pública.

El **análisis de eficacia** consiste en la comparación de capacidades productivas obtenidas durante un periodo de tiempo, así como un aumento de oportunidades (empleo, inversión, entre otros).

El **análisis de eficiencia** se realiza a través de un muestreo en las áreas productivas con la finalidad de confirmar la existencia de una mayor productividad del trabajo y productividad total de los factores de trabajo.

El **análisis de sostenibilidad** se evalúa en tres dimensiones **1)** La ecológica toma como parámetro un subíndice citado en el IMI sobre ecología sustentable **2)** La económica se evalúa en función del ingreso per cápita y **3)** La social considera las inversiones en capital humano desde un punto de vista intrageneracional e intergeneracional.

Esta revisión de literatura indica que un nivel alto de penetración de Internet de banda ancha ha generado crecimiento económico en varios países, por lo cual diversos organismos sugieren darles prioridad a los aspectos relacionados con la infraestructura de TIC, lo cual genera mayores resultados en cuanto a la innovación y provoca una mayor productividad laboral en función del uso de TIC en la industria.

Asimismo el uso de las TIC fomentan el crecimiento económico, debido a que permiten una actualización de conocimientos, lo cual sirve para realizar actividades de investigación y desarrollo, así como para transferir conocimiento pues los profesores que utilizan TIC basadas en videos, redes sociales y aprendizajes colaborativos coadyuvan a tener una educación de mayor calidad debido a que el alumno cuenta con más entornos de aprendizaje que ayudan a que el estudiante sea más competitivo en un mundo globalizado. Por lo cual los profesionistas que están preparados con el uso de las TIC tienen trabajos en empresas con penetración en mercados extranjeros, lo cual lleva también a una mayor productividad.

De igual forma al considerar la importancia de las TIC en las ciencias económicas y a la economía como una ciencia social se deben de hacer supuestos que generen una

política pública derivada de un análisis de datos en función de la inversión en TIC en cuanto a la infraestructura de internet, la telefonía móvil, las computadoras y el capital humano para promover el crecimiento económico, dichos supuestos deben estar basados en la teoría clásica de crecimiento económico con las bases de Solow y Swan y el modelo AK considerando una función con rendimientos crecientes a escala.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó para México, se utilizaron datos de estadísticas de la Secretaría de Educación Pública (SEP), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de educación superior (ANUIES), Servicios de Estrategia en Electrónica, S.A. de C.V. (SELECT-IDC) y Banco de México, los datos económicos están en pesos reales - base 20013. Se consideró una muestra para los años de 1991 al 2010.

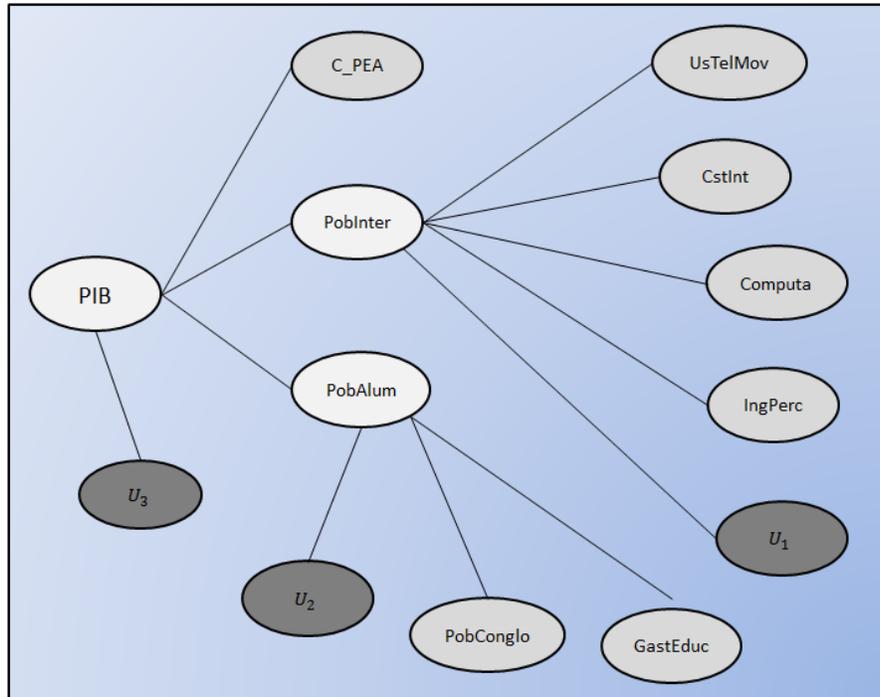
En esta investigación se relaciona la teoría económica con la educación y las TIC, utilizando los métodos estadísticos que predicen el comportamiento de las variables relevantes. Se propone un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas, las variables endógenas son porcentaje de usuarios de la población que usan Internet (PobInter), porcentaje de la población de alumnos de nivel superior y posgrado (PobAlum) y PIB, las cuales han definido el problema, y como variables predeterminadas a los usuarios de telefonía móvil (UsTelMov), el costo del internet (CstInt), las computadoras (Computa), el ingreso per cápita (IngPerc), el gasto educativo (GastEduc), las poblaciones conglomeradas de más de un millón de habitantes (PobConglo) y la población económicamente activa (C\_PEA)

El modelo econométrico se estimó mediante mínimos cuadrados en tres etapas (MC3E), a través de un ajuste simultáneo de funciones con el procedimiento SYSLIN de SAS (SAS Institute Inc, 2002) versión 9.0. Este procedimiento estima los parámetros de un sistema interdependiente de las ecuaciones de regresión lineal, SYSLIN proporciona varias técnicas que producen estimaciones consistentes y asintóticamente eficientes para los sistemas de ecuaciones de regresión. El método MC3E consistió en estimar cada una de las ecuaciones del modelo por el método de los MC2E, calcular los residuos para estimar la matriz de varianzas y covarianzas, para finalmente aplicar mínimos cuadrados generalizados factibles al modelo completo. Este método es más eficiente que el de mínimos cuadrados de dos etapas cuando existe correlación contemporánea entre variables.

Una vez que ya se tiene el sustento teórico para el crecimiento económico en función de la educación y de la tecnología, en este capítulo se procede a mostrar primeramente los datos que se utilizaron como variables los cuales se muestran en la Cuadro 3, la cual contiene las variables de estudio con su descripción, tipo y relación, unidades, frecuencia, longitud de los datos, representación geográfica y fuente de los datos y justificación, después se presenta el modelo econométrico y sus resultados estadísticos. En el Cuadro 5 se indican los Coeficientes de la forma estructural, estimados para el capital humano y capital tecnológico 1991 – 2010, posteriormente se indican los resultados económicos y sus elasticidades (coeficientes en forma reducida). Enseguida con los coeficientes en forma reducida se calculan tres escenarios **1)** Disminución del costo del internet, **2)** Incremento del gasto educativo y **3)** Incremento en telefonía celular. Con base en los coeficientes en forma reducida también se propone una política pública.

### **3.1 Datos utilizados**

El modelo propuesto consta de tres ecuaciones, de las cuales las tres son relaciones funcionales. Asimismo tiene tres variables endógenas y siete exógenas, las cuales se representan en la Figura 6 y se describen en el Cuadro 3.



**Figura 6. Modelo econométrico con variables endógenas y exógenas.**

**Nota:** Figura 6 elaborada con un lenguaje unificado de modelado de datos, las líneas continuas representan una asociación entre las variables, es decir la participación de una variable con otra.

**Cuadro 3. Variables de estudio con su descripción, tipo y relación, unidades, fuente y justificación.**

| Variable                   | Descripción                                       | Tipo y relación  | Unidades  | Fuente   | Justificación  |
|----------------------------|---|--|---|--|--|
| PobInter (Y <sub>3</sub> ) | Población de usuarios de Internet                 | <b>Endógena</b> , se relaciona en todo el modelo, con las variables PobAlum y PIB. Además se considerará como capital físico y tecnología para la función de crecimiento económico | Porcentaje (logaritmos)                         | SELECT -IDC  | Se escogió porque el internet forma parte de las TIC, las cuales generan crecimiento económico.  |
| PobAlum (Y <sub>2</sub> )  | Población de alumnos de nivel superior y posgrado | <b>Endógena</b> , se relaciona en con la variables PIB como capital humano para el crecimiento económico   | Porcentaje (logaritmos)                         | Estadística Histórica del Sistema Educativo Nacional (SEP) | Se escogió a los alumnos de nivel superior y posgrado por ser una fuente de capital humano de calidad que también generan crecimiento económico, según autores como Neira (2007), Lucchetti y Sterlacchini (2004), Baily <i>et al.</i> (2011), Barro y Sala-i-Martin (2004) entre otros. Además de que también generan competitividad y altos factores de productividad. |
| PIB(Y <sub>1</sub> )       | Producto Interno Bruto                            | <b>Endógena</b> , incluye a las variables PobInter y PobAlum   | Numérica expresada en pesos reales (logaritmos) | Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2009   | Variable principal se utilizó como indicador para medir el crecimiento económico del país.   |

| Variable                   | Descripción  | Tipo y relación   | Unidades  | Fuente   | Justificación   |
|----------------------------|--|---|---|--|---|
| UsTelMov (X <sub>4</sub> ) | Usuarios de telefonía móvil  | <b>Exógena</b> , se relaciona con la variable Poblnter, pues la telefonía móvil influye en los usuarios de Internet | Numérica (logaritmos)                           | Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2012 | Independientemente de la relación directa con el internet al ser un bien complementario, se consideró por generar crecimiento económico en cuanto al uso de las TIC, según los autores Waverman <i>et al.</i> (2005). |
| CstInt (X <sub>5</sub> )   | Índice creado para el costo del internet   | <b>Exógena</b> , se relaciona con la variable Poblnter, pues influye el costo del internet con el uso del mismo     | Numérica (logaritmos)                           | Telmex   | Por ser una variable económica que determina de acuerdo a la teoría ordinal de la utilidad y las preferencias del consumidor, la cantidad a usar del internet.  |
| Computa (X <sub>6</sub> )  | Computadoras   | <b>Exógena</b> , se relaciona con la variable Poblnter, pues es el equipo básico para el uso del internet           | Numérica (logaritmos)                           | INEGI  | Por ser un bien utilizado en el uso de las TIC.   |
| IngPerc (X <sub>7</sub> )  | Ingreso per cápita. Se obtiene del ingreso total de México dividido entre su número de habitantes. | <b>Exógena</b> , se relaciona con la variable Poblnter, pues dependiendo del ingreso se usa el internet             | Numérica expresada en pesos reales (logaritmos) | INEGI  | De acuerdo con las preferencias del consumidor y la maximización de su utilidad, el ingreso es importante para poder consumir determinado bien.   |

| Variable                    | Descripción  | Tipo y relación  | Unidades  | Fuente   | Justificación   |
|-----------------------------|--|--|---|--|---|
| GastEduc (X <sub>8</sub> )  | Gasto educativo en el nivel superior y posgrado  | <b>Exógena</b> , se relaciona con la variable PobAlum, pues la cantidad de alumnos depende del gasto educativo que se deriva en escuelas, profesores, bibliotecas y otras infraestructuras | Porcentaje en pesos reales con relación al PIB (logaritmos) | Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2009 | El gasto educativo genera capital humano de calidad, y este genera a su vez crecimiento económico, según los autores Neira (2007), Lucchetti y Sterlacchini (2004), Baily <i>et al.</i> (2011), Barro y Sala-i-Martin (2004) entre otros. |
| PobConglo (X <sub>9</sub> ) | Poblaciones conglomeradas de más un millón de habitantes (en logaritmos). <sup>1</sup> | <b>Exógena</b> , se relaciona con la variable PIB, pues a medida que las poblaciones son conglomeradas requieren de una mayor comunicación a través de sistemas de información web         | Numérica (logaritmos)                                       | Index mundi  | Debido a que las poblaciones conglomeradas requieren de una mayor comunicación, es necesario invertir en TIC, lo cual genera también crecimiento económico.   |
| C_PEA(X <sub>3</sub> )      | Cambio de la población económicamente activa   | <b>Exógena</b> , se relaciona con la variable PIB, pues es el trabajo forma parte de la función de crecimiento económico   | Porcentaje  | INEGI  | Considerada por el aumento de la oferta de trabajo-población en edad de trabajar y un crecimiento económico importante, pero insuficiente para lograr que se generen nuevas oportunidades de empleos                                      |

| Variable   | Descripción   | Tipo y relación       | Unidades   | Fuente   | Justificación  |
|--|---|-----------------------|------------|--|--|
| U <sub>1</sub> , U <sub>2</sub> , U <sub>3</sub> | Errores de estimación   |                       |            |  | Considerada por el aumento de la oferta de trabajo-población en edad de trabajar y un crecimiento económico importante, pero insuficiente para lograr que se generen nuevas oportunidades de empleos |
| ElIntCmp   | Es una variable que mide la intensidad con la que responden los usuarios de internet a una variación de las computadoras en términos porcentuales | Variable instrumental | Porcentaje | Variable calculada   |  |
| PProfAlum  | Profesores por alumno   | Variable instrumental | Porcentaje | Estadística Histórica del Sistema Educativo Nacional (SEP)   |  |
| CompL  | Computadoras rezagadas un periodo   | Variable instrumental | Numérica   | Estadísticas sobre la disponibilidad y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares (INEGI) |  |

| <b>Variable</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Tipo y relación</b> | <b>Unidades</b>          | <b>Fuente</b>  | <b>Justificación</b> |
|-----------------|---|------------------------|--------------------------|--|----------------------|
| CompL2          | Computadoras rezagadas dos periodos   | Variable instrumental  | Numérica                 | Estadísticas sobre la disponibilidad y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares (INEGI) |                      |
| InSusBA         | Índice de suscriptores de banda ancha   | Variable instrumental  | Numérica                 | International communication Union  |                      |
| EIPrDem         | Elasticidad precio de la demanda del internet (mide los cambios en la demanda de internet con respecto al precio del mismo) | Variable instrumental  | Porcentaje               | Variable calculada   |                      |
| PcongloL        | Poblaciones conglomeradas de más un millón de habitantes con relación a la población mexicana rezagada un periodo           | Variable instrumental  | Porcentaje               | Index mundi  |                      |
| CtoL            | Costo del internet rezagado un periodo  | Variable instrumental  | Numérica en pesos reales | Elaboración propia   |                      |

| Variable  | Descripción  | Tipo y relación       | Unidades                              | Fuente   | Justificación |
|-----------|--|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------|
| YPerL     | PIB per cápita rezagado un periodo                           | Variable instrumental | Numérica en pesos reales (logaritmos) | Anuario Estadístico 2009                                   |               |
| C_EscueL  | Porcentaje de crecimiento de escuelas rezagadas a un periodo | Variable instrumental | Porcentaje                            | Estadística Histórica del Sistema Educativo Nacional (SEP) |               |
| UsTelMovL | Usuarios de telefonía móvil rezagados un periodo             | Variable instrumental | Numérica (logaritmos)                 | Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2012   |               |

- (1) Aglomeración urbana es la concentración espacial de la actividad económica en las ciudades. Una razón por la que la aglomeración se lleva a cabo es que existen rendimientos crecientes externos, también conocidos como economías de aglomeración. La investigación teórica ha identificado varias fuentes de economías de aglomeración, incluyendo el mercado de trabajo puesta en común, el intercambio de insumos y difusión de conocimientos. La investigación empírica ha ofrecido pruebas de acuerdo con cada una de ellas. (Strange, 2008)
- (2) Nota: todos los datos tienen una frecuencia anual, con una longitud de 20 años y su representatividad geográfica es México.

### 3.2 Relación entre el PIB y la población de alumnos en nivel superior y posgrado

La Figura 7 muestra la relación funcional entre la variable PIB y la variable Población de alumnos en nivel superior y posgrado (PobAlum), esta última ha tenido una tasa de crecimiento promedio anual de 4.41% en los últimos 20 años, por su parte el PIB ha tenido una tasa de crecimiento promedio anual de 2.62% para el mismo periodo. Se observa que ambos tienen una tendencia de crecimiento positiva, sin embargo la población de alumnos a nivel superior y posgrado crece más rápido que el PIB.

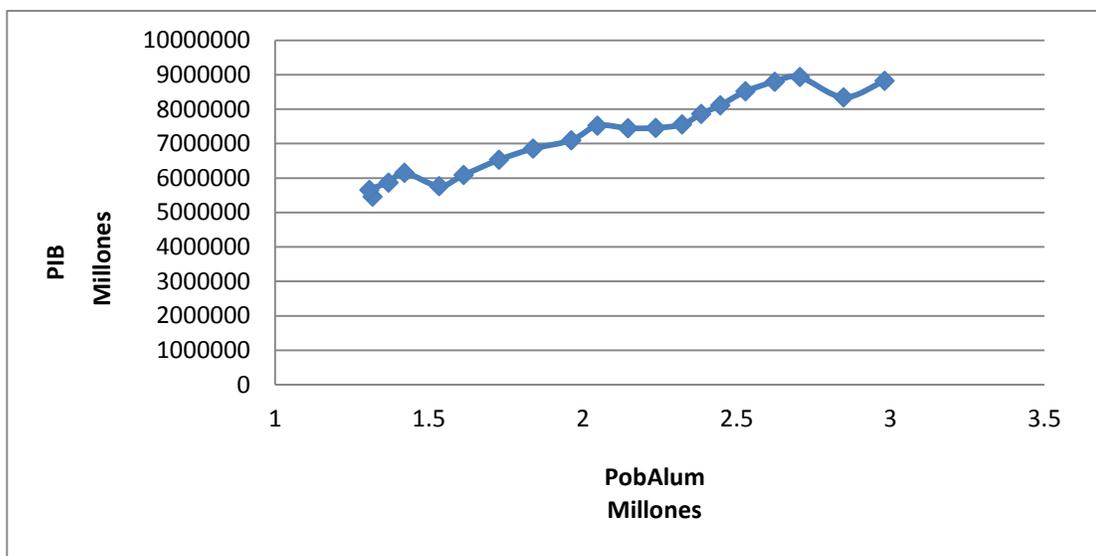


Figura 7. Relación funcional de PIB y PobAlum (Población de alumnos en nivel superior y posgrado).

### 3.3 Relación entre el PIB y la población de usuarios de internet

La Figura 8 muestra la relación funcional entre la variable PIB y Población de usuarios de internet (PobInter). Se puede observar que ambas variables tienen una tendencia de crecimiento positiva, así mismo se observa que en el año 1998 la tasa de crecimiento anual de 218.71%, la más alta en el periodo 1991-2010.

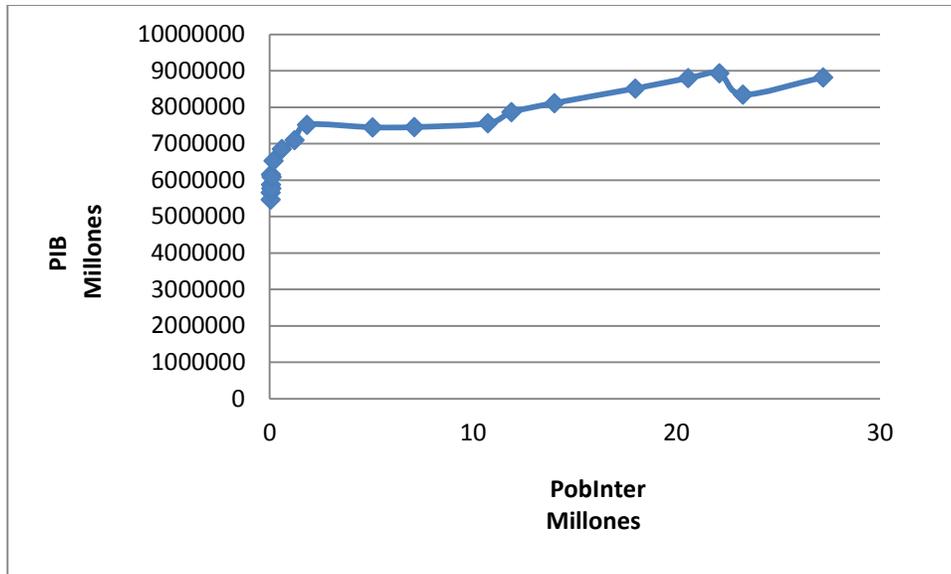


Figura 8. Relación funcional de PIB y PoblInter (Población de usuarios de internet).

### 3.4 Modelo econométrico

Los modelos de ecuaciones estructurales son una familia de modelos estadísticos multivariantes que permiten estimar el efecto y las relaciones entre múltiples variables. Son menos restrictivos que los modelos de regresión por el hecho de permitir incluir errores de medida tanto en las variables criterio (dependientes) como en las variables predictoras (independientes). Podría pensarse en ellos como varios modelos de análisis factorial que permiten efectos directos e indirectos entre los factores. Este tipo de modelos en particular también se denominan modelos de análisis de rutas (path analysis) y en él todas las variables son observables, excepto los errores de predicción.

Existen dos enfoques para la estimación de los parámetros del modelo de ecuaciones estructurales, el enfoque basado en la estructura de las covarianzas (SEM) y el enfoque PLS (PLS-Path Modeling). Los modelos SEM son la conjunción de tres técnicas; por una parte la generalización del modelo factorial tradicional al caso multivariante, por otra la del análisis de rutas o path análisis, y finalmente por los modelos de ecuaciones simultáneas usadas en economía. Las estimaciones se

basan comúnmente en algoritmos máximo verosímiles basados en la normalidad multivariante de los datos (Caballero, 2006).

**Modelo de ecuaciones simultáneas (MES).** Es un conjunto de dos o más ecuaciones, las cuales incluyen dos o más variables desconocidas. Los modelos de ecuaciones simultáneas contienen tantas ecuaciones como variables endógenas. Cuando estas ecuaciones se resuelven, las variables desconocidas se satisfacen al mismo tiempo. Estos modelos son apropiados cuando cada ecuación en el sistema tiene una interpretación manteniendo todo lo demás constante (*ceteris paribus*). Son necesarios cuando existe interdependencia (relación bidireccional), entre dos o más variables y se deben medir simultáneamente. Una característica adecuada de los MES es que, al especificar totalmente el sistema, resulta evidente qué variables se suponen como exógenas y cuáles aparecen en cada ecuación. Dado un sistema completo, se podrá determinar qué ecuaciones se pueden identificar (es decir se pueden estimar).

Es un conjunto de ecuaciones de regresión donde existe influencia simultánea entre variables y ecuaciones. Los modelos de ecuaciones simultáneas se distinguen por estar conformadas por varias ecuaciones en las cuales hay un número de variables endógenas o variables determinadas conjuntamente y un número de variables predeterminadas, o determinantes (estas a su vez pueden ser variables exógenas, retardadas o no y variables exógenas retardadas). En estos modelos se estiman los parámetros de las ecuaciones teniendo en cuenta la información suministrada por todas las ecuaciones del sistema. Un supuesto implícito en estos tipos de modelos es que los valores observados corresponden siempre a situaciones de equilibrio, es decir no se concibe la posibilidad de obtener datos en algún momento de transición hacia el equilibrio.

Este trabajo está basado en el modelo de crecimiento de Solow-Swan ampliado con capital físico y capital humano. Considerando la función de producción *Cobb-Douglas* que se representa en la Ecuación 9.

$$Y = AK^\alpha H^\beta L^\chi \quad (9)$$

donde:

$Y$  = función de producción - Producto Interno Bruto

$K$  = capital físico;

$H$  = capital humano;

$L$  = trabajo;

$\alpha, \beta, \chi$  = factores de proporción a la función de producción, correspondientes al capital físico, capital humano y trabajo respectivamente.

El modelo econométrico de ecuaciones simultáneas que se presenta en las Ecuaciones 10, 11 y 12 corresponde al modelo utilizado en la presente investigación.

$$PobInter = I_0 + I_1UsTelMov + I_2CstInt + I_3Computa + I_4IngPerc + u_1 \quad (10)$$

$$PobAlum = A_0 + A_1GastEduc + A_2PobConglo + A_3PobInter + u_2 \quad (11)$$

$$PIB = E_0 + E_1C\_PEA + E_2PobAlum + E_3PobInter + u_3 \quad (12)$$

Utilizando notación matricial, el sistema se expresa de la siguiente forma, considerando las Ecuaciones 13, 14 y 15.

$$Y_3 = I_0 + I_1X_4 + I_2X_5 + I_3X_6 + I_4X_7 + u_1 \quad (13)$$

$$Y_2 = A_0 + A_1X_8 + A_2X_9 + A_3Y_3 + u_2 \quad (14)$$

$$Y_1 = E_0 + E_1X_3 + E_2Y_2 + E_3Y_3 + u_3 \quad (15)$$

$$\begin{bmatrix} Y_3 \\ Y_2 \\ Y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_0 \\ A_0 \\ E_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_1 & I_2 & I_3 & I_4 \\ A_1 & A_2 & A_3 & 0 \\ E_1 & E_2 & E_3 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_4 & X_8 & X_3 \\ X_5 & X_9 & Y_2 \\ X_6 & Y_3 & Y_3 \\ X_7 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}$$

Se tiene que  $Y_1, Y_2, Y_3$  son las variables endógenas de modelo,  $X_i$  ( $i = 3, \dots, 9$ ) son las variables predeterminadas o exógenas del modelo, que incluyen todas las

variables exógenas,  $I_i (i = 1,2,3,4)$ ;  $A_i (i = 1,2,3)$ ;  $E_i (i = 1,2,3)$  son los coeficientes de variables, mientras que  $u_i (i = 1,2,3)$  son las perturbaciones aleatorias que figuran en las ecuaciones del modelo.

### 3.4.1 Identificación del modelo

Gujarati (2003) mencionó que el problema de la identificación del modelo pretende establecer si las estimaciones numéricas de los parámetros de una ecuación estructural pueden ser obtenidas de los coeficientes estimados de la forma reducida. Si puede hacerse, se dice que la ecuación particular está identificada; si no, se dice entonces que la ecuación no está identificada o esta sub-identificada. Una ecuación puede estar exactamente (o total o precisamente) identificada o sobre-identificada. Se dice que está exactamente identificada si puede obtenerse más de un valor numérico para algunos de los parámetros de las ecuaciones estructurales.

Para identificar las ecuaciones del modelo se hace uso de las condiciones de orden y de rango.

#### Condición de orden

En un modelo de  $M$  ecuaciones simultáneas, para que una ecuación esté identificada, el número de variables predeterminadas excluidas de esa ecuación no debe de ser menos que el número de variables endógenas incluidas en la ecuación menos 1, es decir.

- $K - k > m - 1$ , la ecuación está sobre identificada
- $K - k = m - 1$ , la ecuación está exactamente identificada
- $K - k < m - 1$ , la ecuación está sub-identificada.

donde:

$m$  = número de variables endógenas en una ecuación dada;

$K$  = número de variables predeterminadas del modelo;

$k$  = número de variables predeterminadas en una ecuación dada.

**Para el caso de la Ecuación 10 - población de usuarios de internet**

$$K = 7; k = 4 \text{ y } m = 1$$

$$K - k = 3$$

$$m - 1 = 0$$

$3 > 0$ , la ecuación está sobre identificada.

**Para el caso de la Ecuación 11 - población de alumnos de nivel superior y posgrado**

$$K = 7; k = 2 \text{ y } m = 2$$

$$K - k = 5$$

$$m - 1 = 1$$

$5 > 1$ , la ecuación está sobre identificada.

**Para el caso de la Ecuación 12 - Producto Interno Bruto**

$$K = 7; k = 1 \text{ y } m = 3$$

$$K - k = 6$$

$$m - 1 = 2$$

$6 > 2$ , la ecuación está sobre identificada.

De acuerdo con la condición de orden, todas las ecuaciones que conforman el modelo están sobre identificadas; ésta es una condición necesaria pero no suficiente para la identificación del modelo. Al cumplirse esta condición se puede presentar el

caso de que una ecuación no esté identificada, debido a que las variables excluidas de la ecuación pero presentes en el modelo podrían no ser independientes y podría no existir una correspondencia uno a uno entre los coeficientes de la forma reducida. Por lo tanto, se requiere de la condición de rango de la identificación.

### **Condición de rango**

Se requiere una condición que sea tanto necesaria como suficiente para la identificación, entonces se recurre a la condición de rango. La condición de rango dice si la ecuación bajo consideración está identificada o no, mientras que la condición de orden expresa si dicha ecuación está exactamente identificada o sobre identificada.

En un modelo que contiene  $M$  ecuaciones con  $M$  variables endógenas, una ecuación está identificada si y solo si puede construirse por los menos un determinante diferente de cero, de orden  $(M-1)(M-1)$ , a partir de los coeficientes de las variables (endógenas predeterminadas) excluidas de esa ecuación en particular pero incluidas en las otras ecuaciones del modelo.

Según Gujarati (2003), para aplicar la condición de rango se puede dar de la siguiente manera.

- 1) Escribese el sistema en forma tabular;
- 2) Elimínese los coeficientes de la fila en la cual aparece la ecuación bajo consideración;
- 3) Elimínese también las columnas que corresponden a aquellos coeficientes en los que son diferentes de cero;
- 4) Los datos que quedan en la tabla corresponden únicamente a los coeficientes de las variables incluidas en el sistema pero no en la ecuación bajo consideración. Con estos datos, fórmense todas las matrices posibles de orden  $M-1$  y obténgase los determinantes correspondientes. Si es posible

encontrar al menos un determinante diferente de cero, la ecuación en cuestión estará identificada (en forma exacta o sobre-identificada).

El estudio de las condiciones de orden y de rango para la identificación conduce a los siguientes principios generales de identificabilidad de una ecuación estructural en un sistema de  $M$  ecuaciones simultáneas.

- Si  $K - k > m - 1$  y el rango de la matriz  $A$  es  $M - 1$ , la ecuación está sobre identificada.
- Si  $K - k = m - 1$  y el rango de matriz  $A$  es  $M - 1$ , la ecuación está exactamente identificada.
- Si  $K - k \geq m - 1$  y el rango de la matriz  $A$  es menor que  $M - 1$ , la ecuación está sub identificada.
- Si  $K - k < m - 1$  la ecuación estructural no está identificada. El rango de la matriz  $A$  en este caso debe ser menos que  $M - 1$ .

De acuerdo a los teoremas de los determinantes se tiene.

- El determinante de cualquier matriz con dos hileras o columnas iguales es cero.
- El determinante de cualquier matriz que contenga al menos una hilera o columna nula es igual a cero.
- El determinante de una matriz, cuyas hileras o columnas son proporcionales, siempre es igual a cero.

De acuerdo a la condición de rango, al menos una de las matrices resultantes de rango  $M - 1$  de cada una de las ecuaciones estructurales del sistema  $M=3$  ecuaciones, resultó ser diferente de cero, cumpliéndose así esta condición y pudiéndose estimar los parámetros del sistema (Ver Anexo 1).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En diversos países el alto nivel de penetración de internet de banda ancha ha generado crecimiento económico, por dicha razón diversos organismos sugieren darles prioridad a los aspectos relacionados con infraestructura TIC. Las características del modelo de crecimiento económico considerando las bases de Solow y Swan y el modelo AK ampliado con capital físico y capital humano y considerando una función con rendimientos crecientes a escala permiten realizar un análisis de las TIC.

Los resultados estadísticos se observan en la estimación del modelo en su forma estructural (Cuadro 4) con sus respectivos estadísticos  $t$  y valores de probabilidad. La variable endógena tecnología, vista como porcentaje de usuarios de la población con acceso a internet (Poblnter), resultó con efectos positivos en sus variables usuarios de telefonía móvil (UsTelMov), computadoras (Computa) e ingreso per cápita (IngPerc), lo cual favorece al PIB, en cuanto a la variable índice del costo del internet (CstInt), esta resultó de impacto negativo, lo cual indica que no es conveniente subir el precio del internet para que la población haga más uso de la tecnología.

La variable endógena capital humano, referida como porcentaje de la población de alumnos de nivel superior y posgrado (PobAlum) resultó con efectos positivos en todas sus variables exógenas: porcentaje del PIB en el gasto educativo (GastEduc), porcentaje de poblaciones conglomeradas de más de un millón de habitantes (PobConglo) y la variable tecnología (Poblnter).

La variable endógena más importante en este trabajo PIB, la cual incluye a las otras dos variables endógenas (Poblnter) y (PobAlum), además de la población económicamente activa (C\_PEA), también resultaron con efecto positivo. Además la participación individual de las variables del modelo se juzga con la razón de  $t$ , la cual

debe de ser mayor que la unidad, situación que indica que el parámetro estimado (estadístico), es mayor que su error estándar. Con este criterio se observó las variables explicativas fueron significativas.

**Cuadro 4. Coeficientes de la forma estructural, estimados para el capital humano, capital tecnológico y PIB.**

| Variable Dependiente | Intercepto | Variables exógenas |                  |                 |                |
|----------------------|------------|--------------------|------------------|-----------------|----------------|
| <b>PobInter</b>      |            | <b>UsTelMov</b>    | <b>CstInt</b>    | <b>Computa</b>  | <b>IngPerc</b> |
| Coefficiente         | -45.2968   | 0.8954             | -1.0711          | 0.3498          | 2.5520         |
| Error Estándar       | 14.2001    | 0.1794             | 0.4618           | 0.2056          | 1.3881         |
| Valor t              | -3.19      | 4.99               | -2.32            | 1.7             | 1.84           |
| Valor -p             | 0.0066     | 0.0002             | 0.036            | 0.1109          | 0.0873         |
| <b>PobAlum</b>       |            | <b>GastEduc</b>    | <b>PobConglo</b> | <b>PobInter</b> |                |
| Coefficiente         | -19.1394   | 0.0496             | 5.5812           | 0.0196          |                |
| Error Estándar       | 1.3804     | 0.0209             | 0.3877           | 0.0039          |                |
| Valor t              | -13.86     | 2.37               | 14.39            | 4.98            |                |
| Valor -p             | <.0001     | 0.0317             | <.0001           | 0.0002          |                |
| <b>PIB</b>           |            | <b>C_PEA</b>       | <b>PobAlum</b>   | <b>PobInter</b> |                |
| Coefficiente         | 29.3387    | 0.0072             | 0.3328           | 0.0383          |                |
| Error Estándar       | 0.1052     | 0.0025             | 0.1551           | 0.0125          |                |
| Valor t              | 278.85     | 2.89               | 2.15             | 3.05            |                |
| Valor -p             | <.0001     | 0.0112             | 0.0487           | 0.0082          |                |

Fuente: elaboración propia con el paquete estadístico SAS, 9.0.

#### 4.1 Resultados económicos y elasticidades

En el Cuadro 5 se observan los coeficientes de la forma reducida de las variables endógenas del modelo, lo cual permitió conocer el efecto de las variables dependientes que aparecen como explicativas en las relaciones funcionales. En lo económico los resultados se analizaron tanto por el signo de los estimadores, como

por la magnitud de los coeficientes obtenidos en forma reducida, utilizando el supuesto de *ceteris paribus* y los valores promedios de las variables de 1991 a 2010.

**Cuadro 5. Coeficientes de la forma reducida, estimados para el capital humano, capital tecnológico y el PIB.**

| Variable Depend. | Intercepto | Variables exógenas |         |         |         |          |           |        |
|------------------|------------|--------------------|---------|---------|---------|----------|-----------|--------|
|                  |            | UsTelMov           | CstInt  | Computa | IngPerc | GastEduc | Pobconglo | C_PEA  |
| PoblInter        | -45.2968   | 0.8954             | -1.0711 | 0.3499  | 2.5521  | 0        | 0         | 0      |
| PobAlum          | -20.0315   | 0.0176             | -0.0211 | 0.0069  | 0.0503  | 0.0497   | 5.5812    | 0      |
| PIB              | 20.9369    | 0.0402             | -0.0481 | 0.0157  | 0.1148  | 0.0165   | 1.8576    | 0.0073 |

### Las elasticidades de las TIC en el PIB son las siguientes

**1) Elasticidad Usuarios de Telefonía móvil del PIB = 0.0402**

Un aumento del 1% en los usuarios de telefónica móvil impulsa el crecimiento del PIB en un 0.0402%. Como se puede observar esta es inelástica.

**2) Elasticidad Costo de Internet del PIB = -0.0481**

Sí el índice del costo del internet aumenta en 1%, entonces el PIB se disminuirá en 0.0481%. Por lo que no se recomienda el aumento del costo de internet ya que esto disminuirá el nivel del PIB. Dicha elasticidad es inelástica.

**3) Elasticidad Computadoras del PIB = 0.0157**

Sí la cantidad de computadoras nuevas aumenta en 1%, el PIB se incrementa en 0.0157%. Esta es inelástica.

**4) Elasticidad Ingreso per cápita del PIB = 0.1148**

Un incremento del ingreso per cápita del 1%, entonces el PIB aumentará en 0.1148%. Esta elasticidad es inelástica.

**5) Elasticidad Gasto educativo del PIB = 0.0165**

Sí el gobierno aumenta en 1% el gasto público como porcentaje del PIB en la educación superior y de posgrado, entonces el PIB incrementará en 0.0165%. Se observa que esta es inelástica.

**6) Elasticidad Poblaciones Conglomeradas del PIB = 1.8567**

Por cada 1% de aumento en poblaciones conglomeradas de más de un millón de habitantes, el PIB crecerá en 1.8576%. Esta es elástica.

**7) Elasticidad Población económicamente activa del PIB = 0.0073**

Cuando la población económicamente activa aumenta en un 1%, el PIB, tendrá un impacto positivo del 0.0073%. Esta elasticidad es inelástica.

Las elasticidades resultaron con los signos económicos esperados y se comprueba que las variables independientes (usuarios de telefonía móvil, computadoras, ingreso per cápita, gasto educativo y poblaciones conglomeradas) tienen un impacto positivo sobre la variable dependiente educación (matriculas de alumnos de nivel superior y posgrado), asimismo la variable independiente costo de internet tiene un efecto negativo sobre la variable dependientes, por lo cual se sugiere no incrementar el costo del internet. El resultado de las elasticidades garantiza la eficiencia de formular una estrategia basada en indicadores (variables independientes).

Estos resultados son consistentes con los estudios realizados por Pohjola (2000) en 39 países, Dedrick *et al.* (2003) en Estados Unidos, Neira (2007) en 19 países de la OCDE, Skordili (2008) en Grecia, Antonopoulos y Sakellaris (2009) en Grecia, Venturini (2009) en Estados Unidos y 15 países de la Unión Europea, Katz *et al.* (2010) en Alemania, Baily *et al.* (2011) en Estados Unidos, Mayo y Wallsten (2011) en Estados Unidos, Işık (2011) en Turquía, West (2011) en Estados Unidos y Ahmed y Ridzuan (2012) en países asiáticos.

Con los resultados (Cuadro 5), se muestra la existencia de una relación directa del PIB y la educación como capital humano y el internet como capital físico y tecnología, pues los coeficientes (usuarios de telefonía móvil, computadoras, ingreso per cápita, gasto educativo y poblaciones conglomeradas) resultan con efecto positivo a excepción del costo del internet, con esto se coincide con el Banco Mundial, la OCDE, Dedrick *et al.* (2003); Lucchetti y Sterlacchini (2004); Skordili (2008); Antonopoulos y Sakellaris (2009); Mayo y Wallsten (2011); West (2011), lo cual refleja concordancia en el trabajo de investigación con otros autores.

Asimismo los coeficientes de la forma estructural muestran los efectos de corto plazo de algunas de las variables, y los de la forma reducida son en las que se observan los efectos de simultaneidad del modelo y los encadenamientos de las variables predeterminadas en las endógenas.

Una vez que ya se tiene comprobado para México la existencia de una relación directa del PIB y la educación como capital humano y el internet como tecnología además del empleo, se estiman tres escenarios y debido a los coeficientes obtenidos mediante el modelo posteriormente se propone una política pública.

## **4.2 Escenario 1. Disminución del costo del internet**

Una disminución del precio del internet incentiva la demanda pues los individuos tienden a modificar su canasta de consumo, demandando servicios de internet, lo cual tiene un impacto positivo al facilitar las comunicaciones y proporcionar acceso a información de toda índole en internet. Por esta razón el gobierno a través de la reforma de telecomunicaciones ofrecerá infraestructura de mayor ancho de banda en el internet a precios más bajos con cobertura nacional, con lo cual se tendría un crecimiento económico al tener un beneficio social con nuevas oportunidades económicas y educativas.

Con la finalidad de ejemplificar el impacto de una disminución del costo del internet se plantea el siguiente escenario donde se consideró los decrementos del 10, 15 y 20% en el costo de internet. El cambio se realizó en la variable CstInt (Costo del Internet) al pasar de 2.105 a 1.895 en el caso del decremento del 10%. Al realizar dicho cambio se observa que el PIB aumentará en 0.032%.

Al disminuir en 15% y 20% el costo del internet, el PIB aumentará en 0.048% y 0.064% respectivamente como se muestran en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Escenario 1. Disminución del costo del internet.**

|                       | Variable |          |         |          |
|-----------------------|----------|----------|---------|----------|
|                       | CstInt   | PobInter | PobAlum | PIB      |
| <b>Base</b>           | 2.10549  | 16.85078 | 2.82435 | 31.20786 |
| <b>Cambio</b>         | 1.89494  | 17.07630 | 2.82877 | 31.21797 |
| <b>Decremento (%)</b> | -10      | 1.33833  | 0.15650 | 0.03239  |
| <b>Cambio</b>         | 1.78967  | 17.18905 | 2.83098 | 31.22302 |
| <b>Decremento (%)</b> | -15      | 2.00750  | 0.23475 | 0.04859  |
| <b>Cambio</b>         | 1.68439  | 17.30181 | 2.83319 | 31.22808 |
| <b>Decremento (%)</b> | -20      | 2.67666  | 0.31300 | 0.06478  |

**Nota:** variables consideradas, CstInt: índice creado para el costo del internet; PobInter: población de usuarios de internet; PobAlum: población de alumnos de nivel superior y posgrado.

### 4.3 Escenario 2. Incremento del gasto educativo

Si el gobierno incrementa la inversión en educación específicamente en infraestructura y uso de TIC, los alumnos y profesores desarrollarían habilidades con el uso didáctico con TIC produciendo mayor conocimiento a través de redes educativas a nivel global, lo cual repercute en el sector productivo con la generación de sistemas informáticos que les permiten una mejor distribución y comercialización de sus bienes finales, lo cual conduce a un crecimiento económico.

Para analizar el impacto que tendría el incremento del gasto educativo en el PIB, se planteó un incremento de 0.5, 1 y 1.5% en el gasto educativo en el nivel superior y

posgrado. Los incrementos se realizaron en la variable GastEduc (Gasto Educativo) al pasar de -0.401 a -0.396 en el caso de 0.5%; y tiene como efecto un incremento del PIB en 0.0002% al pasar de 31.2078 a 31.2079. Al incrementar 1% y 1.5% el gasto educativo, el PIB incrementará en 0.0005% y 0.0007% respectivamente como se indica en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Escenario 2. Incremento del gasto educativo.**

|                                  | <b>GastEduc</b> | <b>Variable<br/>PobAlum</b> | <b>PIB</b>          |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| <b>Base</b>                      | -0.40131        | 2.82435                     | 31.20786            |
| <b>Cambio<br/>Incremento (%)</b> | -0.39631<br>0.5 | 2.82460<br>0.00878          | 31.20794<br>0.00026 |
| <b>Cambio<br/>Incremento (%)</b> | -0.39131<br>1   | 2.82485<br>0.01756          | 31.20803<br>0.00053 |
| <b>Cambio<br/>Incremento (%)</b> | -0.38631<br>1.5 | 2.82509<br>0.02634          | 31.20811<br>0.00079 |

**Nota:** variables consideradas, GastEduc: gasto educativo en el nivel superior y posgrado; PobAlum: población de alumnos de nivel superior y posgrado.

#### 4.4 Escenario 3. Incremento en telefonía celular

Debido a que la telefonía celular cada día llega a todo el país, incluyendo las comunidades lejanas, y que para muchas personas es un instrumento de acceso a internet y de que cada día surgen aplicaciones móviles de alto valor en todos los sectores (educativo, económico, laboral, social y salud entre otros), debería de existir un subsidio al uso del celular a fin incrementar el uso del internet con este dispositivo con la finalidad de incrementar la productividad laboral y educativa que repercutirán en un incremento del PIB.

En el tercer escenario (Cuadro 8) análisis del impacto de la telefonía celular en el PIB, por lo cual se plantea un incremento del 10, 15 y 20% en los usuarios de telefonía móvil. El incremento se realizó en la variable UsTelMov, al realiza el

incremento de 10% la variable pasó de 15.831 a 17.415 y se refleja en un incremento en el PIB de 0.20% el cual paso de 31.207 a 31.271.

Al incrementar los usuarios de telefonía móvil en 15% y 20%, el PIB aumentará en 0.30% y 0.40% respectivamente.

**Cuadro 8. Escenario 3. Incremento de telefonía celular.**

|                       | Variable |          |         |          |
|-----------------------|----------|----------|---------|----------|
|                       | UsTelMov | PobInter | PobAlum | PIB      |
| <b>Base</b>           | 15.83151 | 16.85078 | 2.82435 | 31.20786 |
| <b>Cambio</b>         | 17.41467 | 18.26833 | 2.85213 | 31.27140 |
| <b>Incremento (%)</b> | 10       | 8.41239  | 0.98373 | 0.20360  |
| <b>Cambio</b>         | 18.20624 | 18.97711 | 2.86603 | 31.30317 |
| <b>Incremento (%)</b> | 15       | 12.61859 | 1.47560 | 0.30540  |
| <b>Cambio</b>         | 18.99782 | 19.68588 | 2.87992 | 31.33494 |
| <b>Incremento (%)</b> | 20       | 16.82479 | 1.96747 | 0.40720  |

Nota: variables consideradas, UsTelMov: usuarios de telefonía móvil; PobInter: población de usuarios de internet; PobAlum: población de alumnos de nivel superior y posgrado.

## 4.5 Representación gráfica del PIB

Con los parámetros obtenidos en la forma reducida e información que se indica en el Anexo 3 con relación a los datos. Se muestra en la Figura 9, el PIB real (observado) y el PIB estimado para los años 1991 al 2012, el PIB estimado fue calculado con el modelo presentado en este trabajo.

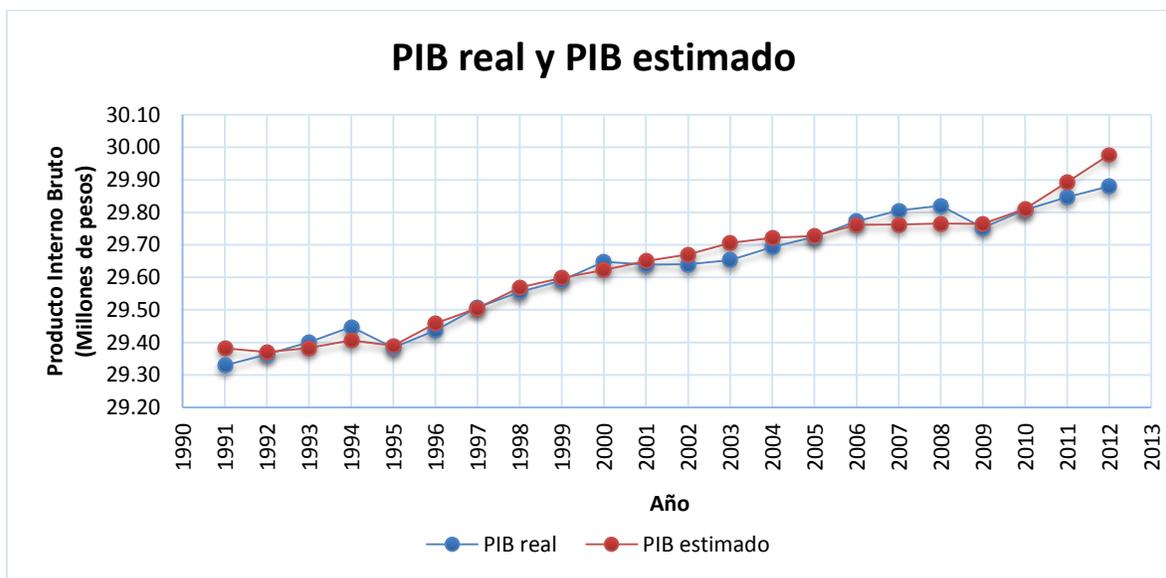


Figura 9. PIB observado y estimado.

## 4.6 Política pública propuesta

Se recomiendan los siguientes puntos a ser considerados en una política pública educativa.

- Incrementar la inversión en el gasto público en cuanto a educación (escuelas, profesores, computadoras e internet).

**Explicación:** según los resultados en forma reducida la variable dependiente PIB aumenta por cada 1% que se incrementa el gasto educativo.

- Propiciar programas de motivación al personal docente, para incrementar el uso de las TIC a través del material educativo, para favorecer una mayor calidad educativa, a través de un sistema de incentivos (económicos y no económicos) que influyan en que el profesor junto con sus alumnos usen el material multimedia en internet para fomentar el uso de las TIC y forjar innovación y subir así el IMI y asegurar una mayor disponibilidad del índice IMSA.

**Explicación:** considerando la Figura 6, se observa que para tener crecimiento económico (PIB) se debe de incluir la educación superior y la tecnología a través del uso del internet y este a su vez del uso de dispositivos móviles y computadoras. Por lo cual con relación a la educación, se está proponiendo que se propicien “programas de motivación al personal docente, para incrementar el uso de las TIC a través del material educativo, para favorecer una mayor calidad educativa, a través de un sistema de incentivos (económicos y no económicos) que influyan en que el profesor junto con sus alumnos usen el material multimedia en internet para fomentar el uso de las TIC y forjar innovación”. En cuanto al aumento del Índice Mundial de Innovación (IMI), está considerado porque el internet y las computadoras son indicadores de dicho índice. Con respecto al aseguramiento de una mayor disponibilidad del Índice Mundial de Seguridad Alimentaria (IMSA) y considerando que las TIC en función de los programas informáticos que se manejan vía internet a través del uso de las computadoras y teléfonos móviles, pueden consultar la información en tiempo real, lo cual ocasiona la disponibilidad alimentaría.

- Fomentar la producción de material educativo virtual en línea, para incrementar una educación de calidad a través de la tecnología, para tener una mayor innovación y poder así incrementar el IMI y el IMSA a través de aplicaciones informáticas que coadyuven sistemas logísticos de política comercial en cuanto a la producción y venta de productos que garanticen la disponibilidad y acceso a la alimentación a través de un abasto adecuado, logrando así tener una mejor

calificación en América Latina y aumentar globalmente la posición del IMSA, disminuyendo así los costos de salud ocasionados por inseguridad alimentaria y aumentando la productividad laboral y académica al tener una mejor calidad de proteína disponible evitando el desbalance actual entre carbohidratos, grasas y proteínas.

**Explicación:** considerando la Figura 6, se observa que para tener crecimiento económico (PIB) se debe de incluir la educación superior y la tecnología a través del uso del internet y este a su vez del uso de dispositivos móviles y computadoras. Por lo cual con relación a la educación, se está proponiendo “material educativo virtual en línea..., incrementar el IMI y el IMSA a través de aplicaciones informáticas que coadyuven sistemas logísticos de política comercial...”. Pues la educación de calidad con el material educativo virtual incrementa el IMI y genera un entorno educativo adicional, para que los estudiantes de nivel superior aprendan a realizar aplicaciones informáticas de tipo web y móvil, en cuanto a la generación de sistemas logísticos de política comercial, incrementándose así el IMSA.

- Incrementar y redistribuir el gasto público en infraestructura tecnológica que permita aumentar el nivel de penetración del Internet para incrementar el IMI y lograr así una apertura comercial basada en una política gubernamental de innovación que incremente el IMSA en el indicador de gasto público en investigación y desarrollo, al ser éste un parámetro de la innovación y la tecnología agrícola que aumenta la eficiencia del mercado y su acceso, con lo cual se espera la disponibilidad y el acceso a los alimentos, así como un mayor PIB.

**Explicación:** con base en el Cuadro 5 se debe incrementar la infraestructura de computadoras, la telefonía móvil, el gasto público, por el impacto positivo (elasticidades de 0.0157 y 0.0402, 0.0165 respectivamente), para aumentar el nivel de penetración del internet y se genere crecimiento económico.

- Incrementar la infraestructura tecnológica en cuanto a hardware a fin de que existan más espacios públicos virtuales de trabajo que generen innovación.

**Explicación:** con base en el Cuadro 5 se debe incrementar la infraestructura de hardware computadoras y la telefonía móvil, por el impacto positivo (elasticidades de 0.0157 y 0.0402 respectivamente), para aumentar el nivel de penetración del internet y se genere crecimiento económico.

- Favorecer acciones tecnológicas en cuanto a software y hardware, para poder generar una mayor innovación en cuanto a sistemas integrales informáticos para todas las organizaciones que coadyuven en la producción y logística de productos.

**Explicación:** con base en el Cuadro 5 que muestra en computadoras y la telefonía móvil “hardware” un impacto positivo (elasticidades de 0.0157 y 0.0402 respectivamente), es necesario aumentar para aumentar el nivel de penetración del internet y se genere crecimiento económico con la diada “software y hardware” que genera una mayor innovación.

- Generar nuevas unidades académicas con el fin de tener un mayor capital humano que genere acciones de innovación tecnológica.

**Explicación:** en la Figura 6, el capital humano depende del gasto educativo y de las poblaciones conglomeradas con impacto positivo y elasticidades de 0.0497 y 5.5812 respectivamente, además dichas poblaciones requieren de unidades académicas para formar capital humano y este a su vez genere crecimiento económico.

## CONCLUSIONES

El análisis plantea un modelo de crecimiento económico en función de las TIC (internet, telefonía celular, computadoras), capital humano (alumnos de nivel superior y posgrado) y el empleo (población económicamente activa). También permite aportar elementos necesarios para la generación de una política pública educativa

Los datos relacionados con la variable internet (Poblnter) indican que en México tienen un impacto positivo sobre ella el acceso a la telefonía móvil, las computadoras y el ingreso per cápita, lo que influye en el crecimiento económico. Asimismo la variable índice del costo del internet (CstInt) tiene un efecto negativo.

Los datos relacionados con la variable capital humano (PobAlum), indican que en México el acceso a la telefonía móvil, las computadoras, el ingreso per cápita, el gasto educativo y las poblaciones conglomeradas tienen un impacto positivo sobre ella, lo que influye en el crecimiento económico.

Por lo que los datos relacionados con la variable PIB muestran que la telefonía móvil, las computadoras, el ingreso per cápita, el gasto educativo y las poblaciones conglomeradas tienen un impacto positivo sobre ella. Asimismo el costo del internet tiene un efecto negativo en el PIB, por lo cual no es conveniente incrementarlo, por lo que se recomienda reducir su precio para incidir positivamente en el PIB.

De acuerdo con los resultados del análisis estadístico se tiene que si acaso el costo del internet disminuye en un 10%, entonces el PIB se incrementaría en un 0.032%, sin considerar cambios en el resto de las variables.

Asimismo, si la inversión en gasto educativo en el nivel superior y posgrado aumenta en 1%, entonces el PIB se incrementará en un 0.001%, sin considerar cambios en el resto de las variables.

Además, si la telefonía celular aumenta un 10%, entonces el PIB se incrementará en un 0.20%, sin considerar cambios en el resto de las variables.

Por lo anterior la política pública en el país debe de fomentar la inversión educativa en cuanto a la tecnología e impulsar el uso del internet, las computadoras y la telefonía celular, así como una disminución del costo del internet, pues con esto se coadyuva en el aceleramiento del crecimiento económico a través de la innovación.

En este trabajo se tuvo como limitación los pocos datos encontrados, pues solo se contó con la serie de datos de los años 1991 a 2010. Asimismo en este periodo la tecnología basada en el internet se expandió en los últimos años (2000 a 2010). Queda pendiente para futuros trabajos un análisis con los usuarios de telefonía móvil específicamente en el uso del Smartphone, pues del 2011 al 2014 existe a nivel mundial un gran crecimiento de uso de dichos dispositivos.

## LITERATURA CITADA

- Ahmed, E. M. and R. Ridzuan. 2013. The impact of ICT on east Asian economic growth: panel estimation approach. *Journal of the knowledge economy* 4: 540-555.
- Antonopoulos, C., and P. Sakellaris. 2009. The contribution of information and communication technology investments to Greek economic growth: an analytical growth accounting framework. *Information economics and policy* 21: 171-191.
- Aoun, D. 2012. Capital structure of ICT vs. non-ICT firms: evidence from the UK. *international research. Journal of finance and economics* 1:15-32.
- Ark, B., A. Gupta, y A. A. Erumban. 2011. Midiendo la contribución de las TIC al crecimiento económico. *In Un mundo conectado: las TIC transforman sociedades, culturas y economías.* Ark, B. España (Ariel, S.A.) pp. 9-35.
- Baily, M., Katz, B., and D. West. 2011. *Building a Long-Term Strategy for Growth Through Innovation.* Brookings Institution. 24 p.
- Barbero C., y A. Fuentes. 2012. Estudios de caso sobre las percepciones de los estudiantes en la inclusión de las TIC en un centro de educación secundaria. *Revista de curriculum y formación del profesorado* 16: 285-305.
- Barro R. J., y i Martin, X. S. 2009. *Crecimiento Económico.* Reverté. España.660 p.
- Bartolomé A. 2008. *Video Digital y Educación.* Síntesis. Madrid. pp: 1-11
- Bataller S. C. 2013. El Uso didáctico de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la práctica docente de la licenciatura en pedagogía del sistema de universidad abierta y a distancia (Suayed) de la UNAM. *Amicus Curiae segunda epoca* 2: 1-12
- Bilbao-Osorio, B., S. Dutta, and B. Lanvin. 2013. *The global information technology report 2013. Growth and jobs in a hyperconnected world.* 380 p.
- Borba, M. C., and R. B. Zulatto. 2010. Dialogical education and learning mathematics online from teachers. *In Mathematics Teachers Education (Springer Netherlands)* 5: 111-125.
- Buttkereit, S., L. Enriquez, F. Grijpink, S. Moraje, W. Torfs and T. Vaheri-Delmulle. 2009. *Mobile broadband for the masses: regulatory levers to make it happen.* McKinsey & Company. 16 p
- Caballero A. J. 2006. SEM vs. PLS: un enfoque basado en la práctica. *In IV Congreso de Metodologías de Encuestas.* Madrid, España. pp: 57-66.

- Criado R., y A. B. Moreno. 2009. Una propuesta de enseñanza virtual y su aplicación a la asignatura "Matemáticas e imaginación". *Revista Electrónica del Proyecto ADA-Madrid (Aula a distancia abierta de la comunidad de Madrid)* 1: 59-64.
- Cué J. L. y J. A. Santino. 2006. Integración de TIC en México. *Colegio de Postgraduados*. 18 p.
- De Castro Sanz M. 2013. Equidad, cohesión y economía social. *Cuadernos de trabajo social* 26: 31-41.
- Dedrick, J., V. Gurbaxani and K. Kraemer. 2003. Information technology and economic performance: a critical review of the empirical evidence. *ACM Computing Surveys* 35: 1-28.
- Dieck-Assad, F. A., and E. Peralta. 2012. Energy and capital inputs: cornerstones of productivity growth in Mexico: 1965–2004. *Empirical Economics* 44: 563-590.
- Dutta, S. 2012. The Global Innovation Index 2012. Stronger Innovation Linkages for Global. 464 p.
- Fong, R. W., and T. Holland. 2011. A study of teachers' beliefs and practices of using Information and communication technology (ICT) in classrooms. *Science education in international contexts*, III:143-158.
- Freeman, C., and L. Soete. 1997. *The economics of industrial innovation*. Third Edition. Great Britain. (MIT Press). 462 p.
- Friedrich, R., K. Sabbagh, B. El-Darwiche, and M. Singh. 2009. *Digital Highways: The role of government in 21st-century infrastructure*. Booz & Company. 20 p.
- García L., A. L. Cruces, y R. P. Herrera. 2006. Economía simulada por un sistema multiagente. *In XIX Congreso Nacional y V congreso internacional de informática y computación de la ANIEI*. 7 p.
- Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. 2007. *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. Diario Oficial de la Federación. 323 p.
- Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. 2013. *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. 184 p.
- Hanna, N. 2012. Why National e-Transformation Strategies? *In N. Hanna, and P. Knight, National strategies to harness information technology*. New York (Springer). pp: 1-40.
- ILPES. 2004. *Metodología del Marco Lógico*. Santiago. Chile. Instituto latinoamericano y del caribe de planificación económica y social. 49 p.

- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. 2013. Panorama Educativo de México 2012. Indicadores del Sistema Educativo Nacional. Educación básica y media superior. 569 p.
- Işık, C. 2013. The importance of creating a competitive advantage and investing in information technology for modern economies: an ARDL test approach from Turkey. *Journal of the knowledge economy* 4: 387-405.
- Katz, R. L., S. Vaterlaus, P. Zenhäusern, and S. Suter. 2010. The impact of broadband on jobs and the German economy. *Intereconomics* 45: 26-34.
- Khalil, M., P. Dongier, and C. Zhen-Wei Qiang. 2009. Information and communications for development: extending reach and increasing impact. World Bank. 342 p.
- Krishnan, S. N., R. A. Rahim, R. Setia, A. F Adam, N. Husin, E. Sabapathy, .N.A. Jalil. 2012. ICT and teachers' attitude in english language teaching. *Asian social science* 8: 8-12.
- Larrain, F., y J. Sachs. 2006. Macroeconomía en la Economía Global. Pearson. Argentina. 716 p
- Licona A., y J. Rangel. 2012. Inversión en investigación y desarrollo. Los casos de la República de Corea y México. *Revista mexicana de estudios sobre la cuenca del pacífico* 6: 99-125.
- Lucchetti, R., and A. Sterlacchini. 2004. The adoption of ICT among SMEs: evidence from an Italian survey. *Small business economics* 23: 151–168.
- Mankiw, G. 2011. Principios de Economía. Cengage learning. México. 912 p.
- Mankiw, N. G., D. Romer, and D. N. Weil. 1992. A contribution to the empirics of economic growth. *The quarterly journal of economics* 107: 407-437.
- Mayo, J. W., and S. Wallsten. 2011. From network externalities to broadband growth externalities: a bridge not yet built. *Review of industrial organization* 38:173-190.
- Monroy G. V., y R. P. Flores. 2009. Perspectiva de la teoría del capital humano acerca de la relación entre educación y desarrollo económico. *Tiempo de Educar* 10: 273-306.
- Mungaray, A., y V. H. Torres. 2010. Actividad económica y educación superior en México. *Revista de la educación superior* 39: 7-18.
- Napoleoni, C. 1977. Curso de Economía Política. Barcelona. Oikus-tau. 397 p.
- Neira I. 2007. Capital humano y desarrollo economico mundial: modelos econométricos y perspectivas. *Estudios económicos de desarrollo internacional* 7: 53-80.

- Nour, S. M. 2013. Technological change and human capital: conceptual framework, theoretical and empirical literature. In *Technological change and skill development in Sudan* (Springer Berlin Heidelberg) (pp. 77-112).
- Parkin, M. 2009. *Economía*. Pearson College Division. Edición 8. Addison-Wesley Pearson. México. 798 p.
- Parkin, M., G. Esquivel, y M. Muñoz. 2007. *Macroeconomía*. Edición 7. Addison-Wesley Pearson. México. 584 p.
- Peeraer, J., and P. Van Petegem. 2011. ICT in teacher education in an emerging developing country: Vietnam's baseline situation at the start of 'The Year of ICT'. *Computers & Education* 56: 974-982.
- Pohjola, M. 2000. Information technology and economic growth: a cross-country analysis. *World institute for development economics research*. 28 p.
- Rebelo, S. 1991. Long-run policy analysis and long run growth. *Journal of political economy* 1: 501-521.
- Reyes G. 2013. Política económica, crecimiento y desarrollo humano: principales relaciones. *Revista tendencias* 9: 101-126.
- Reynolds, T. 2009. The role of communication infrastructure investment in economic recovery. *OECD Digital economy papers*.
- Rincón A. 1996. El crecimiento endógeno: orígenes, ideas fundamentales y críticas. *Revista de ciencias sociales*. II: 339-351.
- Romer, P. M. 1990. Endogenous technological change. *Journal of political economy*, 98: S71-S102.
- Russo, O. F. (1985). *Elementos de Economía para Uso de No - Economistas*. Fondo Editorial de Humanidades y Educación, Universidad Central Venezuela. 226 p.
- Samuelson, P. 1975. *Curso de economía moderna*. Biblioteca de Ciencias Sociales. España. 1004 p.
- Shapley, K., D. Sheehan, C. Maloney, and F. Caranikas-Walker. 2011. Effects of technology immersion on middle school students' learning opportunities and achievement. *The journal of educational research* 104: 299-315.
- Skordili, S. 2008. Regional Inequalities and the digital Economy Challenge: variations in internet accessibility across Greek regions. *In* H. Coccossis, and Y. Psycharis, *Regional analysis and policy: The Greek experience* Greek (Springer) pp. 231-248.

- Smith, A. 1976. An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations. *Science and Society* 42: 458 - 477
- Solow, R. 1956. A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics* 70: 65-94.
- Solow, R. 1957. Technical change and the aggregate production function. *The review of economics and statistics* 39: 312-320.
- Strange, W. C. 2008. *The new palgrave dictionary of economics online*. Second Edition.
- Suárez O. M. 2004. Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico. *Scientia et Technica* 10: 209-213.
- Swan, T. W. 1956. Economic growth and capital accumulation. *Economic record* 32: 334-361.
- Toporkoff, S. 2013. ICT convergence and Europe's digital agenda 2010–2020. *In The real issues of the middle east and the Arab*. T. Andersson, and D. A. (Springer) New York pp. 315-330.
- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2009. Conferencia mundial sobre la educación superior/2009: la nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo. Unesco.Paris.
- Venturini, F. 2009. The long-run impact of ICT. *Empirical economics* 37: 497–515.
- Waverman, L., M. Meschi, and M. Fuss. 2005. The impact of the telecoms of economic growth in developing countries. *The Vodafone Policy Paper Series* 2: 10-24.
- West, D. M. 2011. *Technology and the innovation economy*. Center for Technology. Brookings.12 p.
- World Bank. 2012. *ICT for greater development impact World Bank group strategy for information and communication technology 2012-2015*. World Bank. 79 p.

## ANEXOS

### Anexo 1 Matrices M-1 de la condición de rango

Para el caso de la Ecuación 10 - población de usuarios de internet

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -A_3 & 0 & -A_1 & -A_2 \\ -E_3 & -E_2 & 1 & -E_1 & 0 & 0 \end{bmatrix} |A| \neq 0$$

Para el caso de la Ecuación 11 - población de alumnos de nivel superior y posgrado

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -I_1 & -I_2 & -I_3 & -I_4 \\ -E_2 & 1 & -E_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} |A| \neq 0$$

Para el caso de la Ecuación 12 - Producto Interno Bruto

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -I_1 & -I_2 & -I_3 & -I_4 & 0 & 0 \\ -A_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & -A_1 & -A_2 \end{bmatrix} |A| \neq 0$$

## Anexo 2 Ejemplo concreto del cálculo del Índice Mundial de Innovación

En el Cuadro 9, se muestra el Índice Global de Innovación (o IMI) calculado para México en el año 2013. Con datos obtenidos de

<http://www.globalinnovationindex.org/content.aspx?page=data-analysis>

**Cuadro 9. Factores del Índice Mundial de Innovación.**

|   | Puntaje |
|---|---------|
| <b>Índice Global de Innovación</b> ( $\bar{x}GII$ )         | 36.82   |
| Índice de Recursos para la Innovación ( $\bar{x}IRECI$ )    | 32.90   |
| Índice de Resultados para la Innovación ( $\bar{x}IRESI$ )  | 40.74   |
| <b>1 Instituciones</b> ( $\bar{x}INST$ )                    | 61.80   |
| <b>2 Capital humano e Investigación</b> ( $\bar{x}CHEINV$ ) | 31.90   |
| <b>3 Infraestructura</b> ( $\bar{x}INFRA$ )                 | 35.50   |
| <b>4 Desarrollo de mercados</b> ( $\bar{x}DESM$ )           | 45.60   |
| <b>5 Desarrollo empresarial</b> ( $\bar{x}DESE$ )           | 28.90   |
| <b>6 Producción científica</b> ( $\bar{x}PRODC$ )           | 23.40   |
| <b>7 Producción creativa</b> ( $\bar{x}PRODCRE$ )           | 42.40   |

A continuación se muestran las fórmulas utilizadas para realizar dicho cálculo.

**El Índice de Recursos de la Innovación** tiene cinco pilares de entrada que capturan los elementos de la economía nacional que permiten las actividades de innovación:

- 1) **Instituciones:** media ponderada de las puntuaciones del entorno político, entorno normativo y entorno empresarial.

Fórmula

$$\bar{x}INST = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i w_i}{\sum_{i=1}^3 w_i}$$

donde:

$\bar{x}INST$  = media Instituciones

$x_1$  = entorno político

$x_2$  = entorno normativo

$x_3$  = entorno empresarial

- 2) **Capital humano e investigación:** media ponderada de las puntuaciones de educación, formación de tercer ciclo e investigación y desarrollo.

Fórmula:

$$\bar{x}CHEINV = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i w_i}{\sum_{i=1}^3 w_i}$$

donde:

$\bar{x}CHEINV$  = media capital humano e investigación

$x_1$  = educación

$x_2$  = formación de tercer ciclo

$x_3$  = investigación y desarrollo

- 3) **Infraestructura:** media ponderada de las puntuaciones de TIC, energía, infraestructura general.

Fórmula:

$$\bar{x}INFRA = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i w_i}{\sum_{i=1}^3 w_i}$$

donde:

$\bar{x}INFRA$  = media infraestructura

$x_1$  = tecnologías de la información y la comunicación

$x_2$  = energía

$x_3 = \text{Infraestructura general}$

- 4) **Desarrollo de los mercados:** media ponderada de las puntuaciones de entorno crediticio, entorno inversor, entorno comercial.

Fórmula:

$$\bar{x}DESM = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i w_i}{\sum_{i=1}^3 w_i}$$

donde:

$\bar{x}DESM = \text{media desarrollo de los mercados}$

$x_1 = \text{entorno crediticio}$

$x_2 = \text{entorno inversor}$

$x_3 = \text{entorno comercial}$

- 5) **Desarrollo empresarial:** media ponderada de las puntuaciones de especialización de trabajadores, ecosistemas de innovación, absorción de conocimientos.

Fórmula:

$$\bar{x}DESE = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i w_i}{\sum_{i=1}^3 w_i}$$

donde:

$\bar{x}DESE = \text{media desarrollo empresarial}$

$x_1 = \text{especialización de trabajadores}$

$x_2 = \text{ecosistemas de innovación}$

$x_3 = \text{absorción de conocimientos}$

**El Índice de resultados de la Innovación** tiene dos pilares de salida que muestran la evidencia real de resultados de la innovación:

- 6) **Producción científica:** media ponderada de las puntuaciones de creación de conocimiento, trascendencia de los conocimientos, difusión de los conocimientos.

Fórmula:

$$\bar{x}PRODC = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i w_i}{\sum_{i=1}^3 w_i}$$

donde:

$\bar{x}PRODC$  = media producción científica

$x_1$  = creación de conocimiento

$x_2$  = trascendencia de los conocimientos

$x_3$  = difusión de los conocimientos

7) **Producción creativa:** media ponderada de las puntuaciones de intangibles creativos, bienes y servicios creativos.

Fórmula:

$$\bar{x}PRODCRE = \frac{\sum_{i=1}^2 x_i w_i}{\sum_{i=1}^2 w_i}$$

donde:

$\bar{x}PRODCRE$  = media producción creativa

$x_1$  = intangibles creativos

$x_2$  = bienes y servicios creativos

A continuación, se indican los cálculos del Índice de recursos para la innovación y del Índice de resultados de la Innovación, los cuales son necesario para el cálculo del Índice Mundial de Innovación:

- I. **El Índice de recursos para la innovación** es el promedio simple de los resultados de los pilares: instituciones, capital humano e investigación, infraestructura, desarrollo de mercados, desarrollo empresarial.

$$\bar{x}IRECI = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 x_i$$

donde:

$\bar{x}IRECI$  = media Índice de recursos para la innovación

$x_1$  = instituciones ( $\bar{x}INST$ )

$x_2$  = capital humano e investigación ( $\bar{x}CHEINV$ )

$x_3$  = infraestructura ( $\bar{x}INFRA$ )

$x_4$  = desarrollo de mercados ( $\bar{x}DESM$ )

$x_5$  = desarrollo empresarial ( $\bar{x}DESE$ )

- II. **El Índice de resultados de la Innovación** es el promedio simple de los resultados de los pilares: producción científica, producción creativa.

$$\bar{x}IRESI = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 x_i$$

donde:

$\bar{x}IRESI$  = media índice de resultados para la innovación

$x_1$  = producción científica

$x_2$  = producción creativa

### Cálculo del Índice Mundial de Innovación:

El Índice Mundial de Innovación (IMI -español ó GII- Ingles) es el promedio simple del Índice de recursos para la innovación y del Índice de resultados de la innovación.

$$\bar{x}GII = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 x_i$$

donde:

$\bar{x}GII$  = Índice de innovación general (GII)

$x_1 = \text{Índice de recursos para la innovación}$

$x_2 = \text{Índice de resultados de la innovación}$

### Anexo 3 Base de datos

Para calcular la variable  $PobInter$  de la Ecuación 10 ( $PobInter = I_0 + I_1UsTelMov + I_2CstInt + I_3Computa + I_4IngPerc + u_1$ ) se tienen los siguientes datos, los cuales en el modelo fueron tratados como se indica en el Cuadro 3.

| Año  | PobInter      | UsTelMov      | CstInt    | Computa    | IngPerca  |
|------|---------------|---------------|-----------|------------|-----------|
| 1991 | 38,800.00     | 161,000.00    | 35,183.55 | 900,000    | 53,514.59 |
| 1992 | 48,000.00     | 313,000.00    | 30,457.63 | 1,306,963  | 54,146.28 |
| 1993 | 57,200.00     | 386,000.00    | 27,752.90 | 1,717,822  | 53,899.67 |
| 1994 | 66,400.00     | 572,000.00    | 25,949.46 | 2,165,149  | 55,163.51 |
| 1995 | 75,600.00     | 689,000.00    | 19,219.25 | 2,369,717  | 51,195.99 |
| 1996 | 94,000.00     | 1,022,000.00  | 14,301.63 | 2,724,519  | 54,109.09 |
| 1997 | 187,000.00    | 1,741,000.00  | 11,857.47 | 3,289,864  | 57,976.22 |
| 1998 | 596,000.00    | 3,349,000.00  | 10,227.66 | 4,113,327  | 60,538.90 |
| 1999 | 1,222,000.00  | 7,732,000.00  | 8,773.34  | 4,778,294  | 61,190.65 |
| 2000 | 1,822,000.00  | 14,078,000.00 | 8,012.48  | 7,791,935  | 65,455.05 |
| 2001 | 5,058,000.00  | 21,758,000.00 | 7,533.01  | 14,931,364 | 65,091.40 |
| 2002 | 7,097,000.00  | 25,928,000.00 | 7,172.22  | 19,970,852 | 67,826.40 |
| 2003 | 10,718,000.00 | 30,098,000.00 | 6,860.09  | 21,319,301 | 67,714.03 |
| 2004 | 11,883,000.00 | 38,451,000.00 | 6,568.58  | 22,667,750 | 70,288.74 |
| 2005 | 13,983,000.00 | 47,129,000.00 | 6,301.39  | 26,373,695 | 71,687.40 |
| 2006 | 17,967,000.00 | 55,395,000.00 | 6,080.70  | 28,313,816 | 74,768.14 |
| 2007 | 20,564,000.00 | 66,559,000.00 | 5,889.87  | 30,550,748 | 76,493.86 |
| 2008 | 22,104,000.00 | 75,303,000.00 | 5,633.67  | 31,953,523 | 76,502.12 |
| 2009 | 23,260,000.00 | 83,528,000.00 | 5,361.38  | 34,735,349 | 70,085.08 |
| 2010 | 27,200,000.00 | 91,363,000.00 | 5,096.43  | 38,862,930 | 73,511.39 |

Para calcular la variable *PobAlum* de la Ecuación 11 ( $PobAlum = A_0 + A_1GastEduc + A_2PobConglo + A_3PobInter + u_2$ ) se tienen los siguientes datos, los cuales en el modelo fueron tratados como se indica en el Cuadro 3.

| Año  | PobAlum   | GstEdPB        | PobConglo  | PobInter   |
|------|-----------|----------------|------------|------------|
| 1991 | 1,316,315 | 25,656,387,665 | 28,708,610 | 38,800     |
| 1992 | 1,306,621 | 29,746,610,169 | 29,359,030 | 48,000     |
| 1993 | 1,368,027 | 34,180,308,880 | 30,025,300 | 57,200     |
| 1994 | 1,420,461 | 39,281,588,448 | 30,710,720 | 66,400     |
| 1995 | 1,532,846 | 37,170,588,235 | 31,414,970 | 75,600     |
| 1996 | 1,612,318 | 35,323,716,673 | 32,090,010 | 94,000     |
| 1997 | 1,727,484 | 34,425,272,187 | 32,756,830 | 187,000    |
| 1998 | 1,837,884 | 41,614,968,697 | 33,445,570 | 596,000    |
| 1999 | 1,962,763 | 41,418,894,178 | 34,156,360 | 1,222,000  |
| 2000 | 2,047,895 | 44,966,113,031 | 34,782,690 | 1,822,000  |
| 2001 | 2,147,075 | 50,169,566,129 | 35,240,290 | 5,058,000  |
| 2002 | 2,236,791 | 53,239,173,818 | 35,705,920 | 7,097,000  |
| 2003 | 2,322,781 | 55,462,874,594 | 36,179,100 | 10,718,000 |
| 2004 | 2,384,858 | 57,686,283,469 | 36,660,630 | 11,883,000 |
| 2005 | 2,446,726 | 62,995,704,392 | 37,148,670 | 13,983,000 |
| 2006 | 2,528,664 | 61,981,219,863 | 37,645,350 | 17,967,000 |
| 2007 | 2,623,367 | 69,925,106,522 | 38,142,910 | 20,564,000 |
| 2008 | 2,705,190 | 75,773,885,101 | 38,633,490 | 22,104,000 |
| 2009 | 2,847,376 | 80,636,980,682 | 39,109,420 | 23,260,000 |
| 2010 | 2,981,313 | 79,339,336,358 | 39,563,560 | 27,200,000 |

Para calcular la variable *PobAlum* de la Ecuación 12 ( $PIB = E_0 + E_1C\_PEA + E_2PobAlum + E_3PobInter + u_3$ ) se tienen los siguientes datos, los cuales en el modelo fueron tratados como se indica en el Cuadro 3.

| Año  | PIB               | C_PEA | PobAlum   | PobInter   |
|------|-------------------|-------|-----------|------------|
| 1991 | 5,463,615,000,000 | 2.60  | 1,316,315 | 38,800     |
| 1992 | 5,657,088,000,000 | 1.12  | 1,306,621 | 48,000     |
| 1993 | 5,871,531,000,000 | 0.74  | 1,368,027 | 57,200     |
| 1994 | 6,153,219,000,000 | 2.24  | 1,420,461 | 66,400     |
| 1995 | 5,769,962,000,000 | -3.20 | 1,532,846 | 75,600     |
| 1996 | 6,086,542,000,000 | 3.52  | 1,612,318 | 94,000     |
| 1997 | 6,528,335,000,000 | 3.86  | 1,727,484 | 187,000    |
| 1998 | 6,851,893,000,000 | 4.38  | 1,837,884 | 596,000    |
| 1999 | 7,096,983,000,000 | 2.29  | 1,962,763 | 1,222,000  |
| 2000 | 7,520,344,000,000 | 2.26  | 2,047,895 | 1,822,000  |
| 2001 | 7,448,713,000,000 | -0.86 | 2,147,075 | 5,058,000  |
| 2002 | 7,455,361,000,000 | -1.15 | 2,236,791 | 7,097,000  |
| 2003 | 7,555,803,000,000 | 0.37  | 2,322,781 | 10,718,000 |
| 2004 | 7,861,679,000,000 | 1.36  | 2,384,858 | 11,883,000 |
| 2005 | 8,113,679,000,000 | 0.51  | 2,446,726 | 13,983,000 |
| 2006 | 8,513,900,000,000 | 2.82  | 2,528,664 | 17,967,000 |
| 2007 | 8,798,342,000,000 | 1.11  | 2,623,367 | 20,564,000 |
| 2008 | 8,929,455,000,000 | 0.14  | 2,705,190 | 22,104,000 |
| 2009 | 8,345,648,000,000 | -2.10 | 2,847,376 | 23,260,000 |
| 2010 | 8,820,038,000,000 | 1.69  | 2,981,313 | 27,200,000 |

Las variables instrumentales se muestran a continuación.

| Año  | ElIntCmp | PProfAlum | CompL      | CompL2     | InSusBA | ElPrDem | PcongloL | CtoL      | YPercl    | C_Escuel | UsTelMovL     |
|------|----------|-----------|------------|------------|---------|---------|----------|-----------|-----------|----------|---------------|
| 1991 | 0.04     | 10.29     | 680,000    | 530,000    | 0.0006  | -1.5273 | 33.44    | 43,145.26 | 62,749.00 | 2.21     | 64,000.00     |
| 1992 | 0.07     | 10.62     | 900,000    | 680,000    | 0.0007  | -1.1201 | 33.54    | 35,183.55 | 64,163.00 | 8.15     | 161,000.00    |
| 1993 | 0.05     | 10.40     | 1,306,963  | 900,000    | 0.0007  | -1.0472 | 33.67    | 30,457.63 | 65,221.00 | -2.48    | 313,000.00    |
| 1994 | 0.05     | 10.75     | 1,717,822  | 1,306,963  | 0.0013  | -0.9673 | 33.83    | 27,752.90 | 66,487.00 | 13.22    | 386,000.00    |
| 1995 | 0.02     | 10.69     | 2,165,149  | 1,717,822  | 0.0022  | -0.1358 | 34.02    | 25,949.46 | 68,462.00 | 6.82     | 572,000.00    |
| 1996 | 0.02     | 10.57     | 2,369,717  | 2,165,149  | 0.0029  | -0.1447 | 34.25    | 19,219.25 | 63,099.00 | 10.86    | 689,000.00    |
| 1997 | 0.01     | 10.30     | 2,724,519  | 2,369,717  | 0.0040  | -0.3671 | 34.46    | 14,301.63 | 65,442.00 | 6.00     | 1,022,000.00  |
| 1998 | 0.02     | 10.47     | 3,289,864  | 2,724,519  | 0.0054  | -0.2731 | 34.67    | 11,857.47 | 69,026.00 | 7.35     | 1,741,000.00  |
| 1999 | 0.04     | 10.27     | 4,113,327  | 3,289,864  | 0.0071  | -0.0530 | 34.92    | 10,227.66 | 71,285.00 | 5.44     | 3,349,000.00  |
| 2000 | 0.30     | 10.19     | 4,778,294  | 4,113,327  | 0.0079  | -0.0249 | 35.17    | 8,773.34  | 72,701.00 | 5.91     | 7,732,000.00  |
| 2001 | 0.17     | 10.24     | 7,791,935  | 4,778,294  | 0.1038  | -0.0442 | 35.33    | 8,012.48  | 75,924.00 | 6.13     | 14,078,000.00 |
| 2002 | 0.30     | 10.35     | 14,931,364 | 7,791,935  | 0.2312  | -0.0085 | 35.34    | 7,533.01  | 74,185.00 | 3.63     | 21,758,000.00 |
| 2003 | 0.07     | 10.39     | 19,970,852 | 14,931,364 | 0.4011  | -0.0075 | 35.38    | 7,172.22  | 73,309.00 | 6.91     | 25,928,000.00 |
| 2004 | 0.31     | 10.56     | 21,319,301 | 19,970,852 | 0.9716  | -0.0014 | 35.47    | 6,860.09  | 73,391.00 | 2.21     | 30,098,000.00 |

| <b>Año</b> | <b>ElIntCmp</b> | <b>PProfAlum</b> | <b>CompL</b> | <b>CompL2</b> | <b>InSusBA</b> | <b>ElPrDem</b> | <b>Pconglol</b> | <b>CtoL</b> | <b>YPercl</b> | <b>C_Escuel</b> | <b>UsTelMovL</b> |
|------------|-----------------|------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|------------------|
| 2005       | 0.49            | 10.70            | 22,667,750   | 21,319,301    | 2.1551         | -0.0020        | 35.59           | 6,568.58    | 75,442.00     | 2.92            | 38,451,000.00    |
| 2006       | 0.16            | 10.86            | 26,373,695   | 22,667,750    | 2.7896         | -0.0028        | 35.74           | 6,301.39    | 76,905.00     | 8.41            | 47,129,000.00    |
| 2007       | 0.37            | 10.90            | 28,313,816   | 26,373,695    | 4.1748         | -0.0013        | 35.90           | 6,080.70    | 79,854.00     | 2.40            | 55,395,000.00    |
| 2008       | 0.42            | 10.77            | 30,550,748   | 28,313,816    | 7.0520         | -0.0004        | 36.06           | 5,889.87    | 81,413.00     | 3.45            | 66,559,000.00    |
| 2009       | 1.11            | 10.89            | 31,953,523   | 30,550,748    | 8.8877         | -0.0002        | 36.21           | 5,633.67    | 81,315.00     | 2.58            | 75,303,000.00    |
| 2010       | 0.49            | 10.57            | 34,735,349   | 31,953,523    | 10.0000        | -0.0006        | 36.36           | 5,361.38    | 75,328.00     | 7.57            | 83,528,000.00    |

## Anexo 4 Estimación del modelo

Se muestra el código de SAS.

```
DATA EDUC_1;
/*Datos de entrada*/
INPUT Anio GstEduc Computa Y Y_Perca CostoInt IngPerc
      UsTelMov Pconglom C_Escue C_PEA ElPrDem ElIntCmp CompL
      CompL2 InSusBA nCstInt PALumPob PIntePob PProfAlum;

/*Trasformación de datos de entrada*/

LY=LOG(Y);
LComputa=LOG(Computa);
LPInterPob= LOG(PIntePob);
LCtoInt =LOG(CostoInt);
LPconglom = LOG(Pconglom);
LUsTelMov=LOG(UsTelMov);
UsTelMovL=LAG(LUsTelMov);
LInCstInt=LOG(InCstInt);
LPAlumPob=LOG(PAlumPob);
PcongloL =LAG(Pconglom);
LPGstEdPB=LOG(PGstEdPB);
C_EscueL= LAG(C_Escue);
LIngPerc=LOG(IngPerc);

/*Variables necesarias para el cálculo*/
InteL= Lag(LPInterPob);
CtoL= Lag(LCtoInt);
LY_Perca =LOG(Y_Perca);
YPercL= Lag(LY_Perca);
c_2= CtoL**2;
i_3= InteL**2;

CARDS;
.
.
.
/*Para comprobar que los datos se han leído correctamente*/
PROC PRINT;
/*Obtiene estadísticos sencillos*/
PROC MEANS;
/*El procedimiento SYSLIN estima parámetros en un sistema
interdependiente, 3sls estima por mínimos cuadrados en tres
etapas*/
PROC SYSLIN 3SLS DATA=EDUC_1 OUTEST=B 3SLS REDUCED OUT=EDUC_2;
ENDGENOUS LPInterPob LY LPAlumPob;
INSTRUMENTS ElIntCmp PProfAlum CompL CompL2 InSusBA ElPrDem PcongloL
      CtoL YPercL c_2 i_3 C_EscueL UsTelMovL ;
Internet: MODEL LPInterPob = LUsTelMov LInCstInt LComputa LIngPerc
```

```

Alumnos:      /DW; OUTPUT P=LPInterPob3;
MODEL LPAlumPob = LPGstEdPB LPconglom LPInterPob
              /DW; OUTPUT P=Alum2;
PIB:          MODEL LY = C_PEA LPAlumPob LPInterPob
              /DW ; OUTPUT P=PIB2;

TEST C_PEA + LPAlumPob + LPInterPob = 0;
output pred=PIB2 r=RESIDUAL;

```

**PROC PRINT**

```

DATA=EDUC_2;
VAR LY PIB2 LPInterPob LPInterPob3 LPAlumPob Alum2;
run;

```

*/\*Graficas de Residuales\*/*

```

proc gplot data=EDUC_2;
plot RESIDUAL*LPInterPob /overlay;

```

```

proc gplot data=EDUC_2;
symbol1 value=dot color=green;
plot RESIDUAL*LPAlumPob /overlay;

```

```

proc gplot data=EDUC_2;
symbol2 value=dot color=red;
plot RESIDUAL*PIB2 /overlay;

```

**run;**