

# ECONOMIA



**Dr. Humberto Ríos Bolívar**



**Mtro. Alí Aali Bujari**

**CRECIMIENTO ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN AMÉRICA  
LATINA. UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL DESDE EL  
ENFOQUE SCHUMPETERIANO**

**Dr. Humberto Ríos Bolívar**

Licenciado en Matemáticas (*UJED-UNAM*), Maestro en Economía (*CIDE*) y Doctor en Economía (*IPN*) Beca EDI Nivel IX, Beca COFAA.

Miembro de: Sistema Nacional de Investigadores (Nivel II), Academia Mexicana de Ciencias, Grupo de Investigadores del Verano de la Investigación Científica en México, Sistema Nacional de Evaluación Científica y Tecnológica del CONACYT además es Consejero Editor de *Asian Journal of Latin American Studies*, *Panorama Económico de la ESE-IPN*, *Investigación Económica de la UNAM*, *Análisis Económico de la Universidad Autónoma Metropolitana*, *Siglo XXI del CIECAS/IPN*.

Profesor de tiempo completo en: Escuela Superior de Economía del IPN, Centro de Investigación y Docencia Económicas, Universidad Panamericana y la Escuela Bancaria y Comercial. Con publicaciones en Reino Unido, CIDE, IPN, UNAM, UAM, el Colegio de México y *Asian Journal of Latin American Studies*.

**Mtro. Alí Aali Bujari**

Licenciado en Economía p (*Universidad de Camagüey*), Maestro en Economía (*IPN*) actualmente Doctorante en Economía (*IPN*).

Con producción de Conferencias en el IPN, Universidad del Valle de México y el Ilec UNAM. Docente en la ESCA-Tepepan, Universidad Chapultepec y la Universidad del Valle de México.

**Fecha de Envío:** 11 de Mayo 2011

**Fecha de Aceptación:** 29 de Julio 2011

# CONTENIDO

- ❖ Introducción
- ❖ El Crecimiento Endógeno Schumpeteriano
- ❖ Fuentes de Información, Principales Variables y Análisis Descriptivo
- ❖ Estimaciones Empíricas
  - Sobre Panel
  - Resultados de la Estimación de Panel
    - Estimaciones de Raíces Unitarias y Cointegración en Panel
    - Pruebas de Causalidad de Granger
- ❖ Conclusiones

# CRECIMIENTO ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN AMÉRICA LATINA. UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL DESDE EL ENFOQUE SCHUMPETERIANO

Dr. Humberto Ríos Bolívar <sup>1</sup>

Mtro. Alí Aali Bujari <sup>2</sup>

## Resumen

En este artículo examinamos el papel de la innovación en el crecimiento económico de América Latina. Utilizamos un análisis de panel de datos para doce países de la región, constatando el cumplimiento de la hipótesis Schumpeteriana de que las actividades de innovación impulsan la productividad total de los factores y el crecimiento económico en Latinoamérica.

**Palabras Clave:** Crecimiento Endógeno, I+D, Innovación.

## Abstract

In this article we examined the roll of the innovation on the economic growth of Latin America. We use an analysis of panel data for twelve countries of the region, stating the fulfillment of the Schumpeterian hypothesis that the innovation activities impel the total productivity of the factors and the economic growth in Latin America.

**Keywords:** Endogenous growth , I+D, Innovation.

**Clasificación JEL:** O10, O31, O47

---

<sup>1</sup> Correo Electrónico: hrios@ipn.mx

<sup>2</sup> Correo Electrónico: alibujari@yahoo.es

## 1. Introducción.

Los modelos de crecimiento exógeno tipo Solow y Swan (1956), explicaban que el crecimiento económico está relacionado con el progreso técnico, sin embargo no explicaban los factores que determinan el progreso técnico dentro del sistema económico. A mediados de los ochentas y principios de los noventa del siglo pasado surgió la teoría del crecimiento endógeno, cuyo aporte fundamental era explicar el progreso técnico desde el interior del sistema, endoginizaron el progreso técnico y por ende el crecimiento económico.

El crecimiento endógeno inicia con la investigación de Paul Romer (1986), donde explica que el crecimiento del ingreso per cápita puede ser ilimitado y no hay productividad marginal decreciente del capital<sup>3</sup>. Romer plantea que en largo plazo la determinante principal del crecimiento económico es el progreso técnico, interpretado endógenamente como capital humano. Los rendimientos crecientes a escala de la producción son resultado de aumento del nivel de conocimiento en la economía y que el aumento de la productividad resulta de la existencia de externalidades que provocan rendimientos crecientes de la producción y a diferencia del crecimiento exógeno, éstas externalidades se potencian por los agentes económicos. Robert Lucas (1988), pone especial énfasis en que el capital humano es el factor que impulsa el crecimiento económico de las naciones, el concepto de capital humano es amplio e incluye la educación formal y el aprendizaje por la práctica (learning by doing) introducido por Arrow, en la teoría del crecimiento económico. Tanto Romer como Lucas señalan que el crecimiento económico en el largo plazo está ligado con el capital humano y el conocimiento formal e informal, aunque no tratan de forma explícita el rol de la innovación en el desarrollo económico.

Para explicar las diferencias de productividad y crecimiento económico entre las naciones importantes investigaciones estudian el papel de la innovación y sus fuentes endógenas, entre los cuales destacan los trabajos de Helpman y Grossman (1991) y Alesina (1992), se les conoce como Crecimiento Endógeno Schumpeteriano<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Son características claves del crecimiento endógeno y que lo diferencian del crecimiento exógeno.

<sup>4</sup> El Crecimiento Schumpeteriano, se le denomina así, en honor al destacado economista Joseph Schumpeter por su introducción del papel que tiene la innovación en el sistema económico, aunque no fue el creador del Crecimiento Endógeno Schumpeteriano sentó las bases con su aporte de "Destrucción Creativa".

AH (1992) utilizan la idea Schumpeteriana de "Destrucción Creativa" y muestran que las empresas innovadoras, la cantidad de trabajo dedicado a la innovación, tienden a incrementar el progreso tecnológico y la productividad de la economía. Señalan que el motor del crecimiento económico es la tecnología de la producción de innovaciones.

La teoría del crecimiento endógeno schumpeteriano utiliza en sus modelos importantes supuestos, Coe y Helpman (1995) prueban que la inversión en investigación y desarrollo impulsa la productividad total de los factores, otra investigación realizada por Young (1998) señala que el crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) sigue al gasto en Investigación y Desarrollo (I+D).

Zachariadis (2002) en un estudio aplicado a la industria manufacturera estadounidense muestra que los aumentos en la inversión en investigación y desarrollo incitan al incremento de patentes, estos últimos, inducen a un mayor progreso técnico que provoca a su vez, un mayor crecimiento económico.

Las diferencias de bienestar, ingreso per cápita y productividad entre las naciones ricas y los países en desarrollo, puede estar ligada a las actividades de innovación tecnológica en las distintas naciones. Del problema anterior se desprende nuestra hipótesis: "Las actividades de innovación son de significativa relevancia para el aumento de la productividad y crecimiento económico en América Latina". Es decir, que las determinantes de innovación tecnológica como: Inversión en investigación y desarrollo, el número de patentes, marcas registradas, exportaciones de alto contenido tecnológico, podrían jugar un papel relevante para aumentar la productividad y el crecimiento económico en la región.

Este documento examina el papel que juega la innovación en el crecimiento económico de la región, endógenamente, analizamos el rol de la investigación y desarrollo, el número de patentes, marcas registradas y las exportaciones de alto contenido tecnológico en el impulso de la productividad total de los factores en los países latinoamericanos.

Para demostrar la hipótesis utilizamos análisis de panel de datos para doce naciones latinoamericanas, con información del Banco Mundial para probar si se cumplen las predicciones de la teoría del Crecimiento Endógeno schumpeteriano, analizar las actividades de innovación<sup>5</sup> y proponer alternativas que permitan incrementar los niveles de bienestar en dichos países.

<sup>5</sup> Pero no solo analizamos el papel de la Inversión en investigación y desarrollo sino también la productividad de la misma (Patentes), su impacto y difusión (Exportaciones de Alto Contenido Tecnológico).

El resto del documento se organiza como sigue: la Segunda sección da una breve exposición de la teoría del Crecimiento Endógeno Schumpeteriano. La Tercera sección proporciona las fuentes de información, datos, y las principales variables utilizadas en nuestro modelo. La cuarta sección se encarga del análisis descriptivo preliminar de las variables que tendrá en cuenta nuestro modelo.

En la quinta sección se presentan los principales resultados de las estimaciones de panel, la interpretación de la evidencia empírica mostrada por los países latinoamericanos. Finalmente conclusiones y propuestas de política derivadas de la investigación.

## **2. El Crecimiento Endógeno Schumpeteriano.**

La evidencia muestra que hay naciones que han elevado sus niveles de bienestar como Irlanda y España, mientras que otras ha reducido sus niveles de ingreso per cápita como Chad y Venezuela, Helpman y Groosman (1994). Menos de la mitad de las quinientas empresas más grandes del mundo de la década de los setenta, conservan esa posición privilegiada hoy en día (Revista Fortune). La explicación a la situación anterior podría estar ligada a las estrategias de innovación que desarrollan dichos países y empresas. La clave para llegar al éxito y mantenerse, parece ser, innovar continuamente.

Schumpeter (1912) introduce el concepto de innovación y clasifica las innovaciones en la aparición de nuevo producto, un nuevo proceso, nuevos consumos intermedios, nuevo tipo de organización, nuevo mercado. Schumpeter (1928) define la innovación como el empleo de recursos productivos en usos sin probar en la práctica hasta ahora. Schumpeter (1939) explica la innovación como la creación de una nueva función de producción. Schumpeter (1942) introduce el término de "Creación Destructiva", explica el papel de la innovación para la empresa y el dinamismo de la economía.

En la teoría de crecimiento económico endógeno, los primeros en incitar al papel de la innovación en el aumento del ingreso son Romer (1990) y Segetrom(1990). Griliches (1990) muestra que existe una relación fuerte y positiva entre la inversión en Investigación y Desarrollo y las Patentes. Kortum (1993) concluye con un estudio de panel que hay una relación positiva y significativa entre la tasa de crecimiento del volumen de Patentes y la Productividad Total de los Factores.

AH(1992) muestran que el crecimiento del ingreso per cápita y el progreso técnico en un país está ligado al aumento de la variedad de insumos y la calidad de sus productos, que se explican por la elasticidad de la demanda de bienes intermedios y por la productividad de sus investigadores.

Coe y Helpman (1997) prueban que el gasto en investigación y desarrollo de los socios comerciales tienen un efecto positivo sobre la productividad total de los factores doméstica. Para sostener el crecimiento de la Productividad Total de los Factores es necesario el aumento del gasto en Investigación y Desarrollo. AH (1998) y Peretto (1998).

Harris y Vickers (2001) muestran que el arribo de las empresas extranjeras tiene un impacto positivo en la innovación, ya que por una parte reduce las utilidades de las empresas locales y las presione a elevar su inversión en investigación y desarrollo para gozar de mayores ganancias, entonces la mayor competencia induce a mayor tasa de innovación.

Zachariadis (2002) estudia las relaciones de las diferentes etapas del proceso de innovación: primera etapa es la inversión en Investigación y Desarrollo, la segunda etapa, consiste en obtener Patentes, con la inducción de estas fases al aumento de la productividad total de los factores y el crecimiento del producto.

Ha y Howitt (2007) afirman que la productividad total de los factores sigue a la inversión en investigación y desarrollo per cápita. En su trabajo Madsen (2008) estudia a cinco países principales de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) mediante un panel y concluye que la teoría schumpeteriana es adecuada para explicar los aumentos el Productividad Total de los Factores y que no sólo está relacionada con las intensidades de investigación local, sino también con la investigación extranjera.

Consideramos una función de producción tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala:

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} \tag{1}$$



Donde Y es la Producción, A es el Conocimiento, K es el Capital, L es el Trabajo,  $\alpha$  es la productividad marginal del capital y  $(1-\alpha)$  es la productividad marginal del trabajo. Posteriormente definimos el crecimiento del conocimiento tecnológico como  $g_A$ , la cual representaremos como:

$$g_A = \frac{\dot{A}}{A} = \lambda \left[ \frac{X}{Q} \right]^\sigma A^{\theta-1} \quad \text{donde} \quad 0 < \sigma \leq 1 ; \theta \leq 1 \quad (2)$$

$$Q \propto L^\beta \quad \text{en el estado estacionario}$$

Esta función es utilizada por (Ha y Howitt, 2007) y (Madsen, 2008), en la cual, Q es la variedad del producto,  $\theta$  es retorno de escala en el conocimiento,  $\sigma$  es un parámetro de la duplicación, que es cero si todas las innovaciones son duplicaciones y 1 si no hay innovaciones de duplicación,  $\beta$  es el coeficiente de proliferación del producto,  $\lambda$  es un parámetro de la productividad de la investigación, L es empleo o la población y X son entradas o inputs de Investigación y Desarrollo. Q es la variedad de producto medida por el trabajo o la población, ya que la variedad del producto es proporcional a la población en el estado estacionario, entonces la ecuación (2) se convierte en:

$$g_A = \frac{\dot{A}}{A} = \lambda \left[ \frac{X}{L^\beta} \right]^\sigma A^{\theta-1} \quad (3)$$

Los Modelos de Crecimiento Schumpeterianos suponen que  $\frac{\dot{X}}{X} = \frac{I+D}{L}$ , y como X representa la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D), entonces resulta que:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \lambda \left[ \frac{I+D}{L} \right]^\sigma \quad (4)$$

El cociente entre  $\left[ \frac{I+D}{L} \right]$  se le denomina en estos trabajos la intensidad de investigación en otras palabras es la inversión en investigación y desarrollo per cápita o por persona en un país. La inversión en investigación y desarrollo per cápita en la Ecuación (4), la sustituimos por el cociente de  $\left[ \frac{I+D}{PIB} \right]$ , es decir, utilizamos la inversión en investigación y desarrollo por dólar en la economía, en vez de investigación y desarrollo por persona<sup>6</sup>. Para el presente trabajo la intensidad en investigación y desarrollo es el cociente entre I+D y el ingreso del país.

<sup>6</sup> Suponemos que la inversión en investigación y desarrollo por unidad monetaria en una economía muestra de una forma mejor la intensidad en investigación, en comparación con la inversión en investigación y desarrollo per cápita heredada de la tradición macroeconómica.

La ecuación (4) se convierte en:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \lambda \left[ \frac{I + D}{PIB} \right]^\sigma \quad (5)$$

Introduciendo logaritmos queda:

$$\ln \left[ \frac{\dot{A}}{A} \right] = \ln \lambda + \sigma \ln(I + D) - \sigma \ln(PIB) + e_{1,t} \quad (7)$$

Sacando factor Común  $\sigma$  :

$$\ln \left[ \frac{\dot{A}}{A} \right] = \ln \lambda + \sigma \ln[(I + D) - (PIB)] + e_{1,t} \quad (8)$$

Ahora suponemos que  $\left[ \frac{\dot{A}}{A} \right]$  es estacionario, según lo encontrado por Howitt (2007):

$$e_t = \ln(I + D) + \ln(PIB) \quad (9)$$

Entonces los cambios en la inversión en investigación y Desarrollo y el Producto Interno Bruto de un país, son necesarios, pero no suficientes, para explicar la variación en la Productividad Total de los Factores.

Helpman y Groosman (1991), AH (1992) relacionan los aumentos de la productividad total de los factores con la difusión de la tecnología a través del comercio internacional, también Romer (1990).

Segerstrom (1990) llega a la conclusión de que la calidad de los productos finales de un país esta relacionada con la nueva tecnología incorporada a los bienes intermedios importados del extranjero con los cuales produce, éstos, los bienes intermedios importados, elevan la eficacia y aumenta la variedad de los bienes producidos.

Howitt (2007) y Madsen (2008) analizan el papel de las importaciones en la difusión de la tecnología, y consideran la proximidad geográfica como elemento que puede influir en el aprovechamiento del desbordamiento internacional del conocimiento tecnológico.

Otras investigaciones como Helpman (1995) y Madsen (2008) relacionan el aumento de la productividad total de los factores con las importaciones de bienes intensos en Investigación y Desarrollo, con las patentes de los socios comerciales.

Para estimar la tasa de aumento de la Productividad Total de los Factores (PTF), seguimos a Joseph Stiglitz (2004) donde en su libro de Macroeconomía, parte de la contribución del capital al incremento de la producción y lo explica de la siguiente manera:

$$\Delta Q = r \Delta K \quad (10)$$

Donde  $\Delta Q$  es el aumento de la Producción,  $r$  es el rendimiento del Capital y  $\Delta K$  es el aumento del Capital.

El aumento porcentual de Q es simplemente:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = r \frac{\Delta K}{K} \quad (10.1)$$

Ahora multiplicamos el numerador y el denominador de la parte derecha de la ecuación 10.2, por K, tenemos que:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = r \left( \frac{\Delta K}{K} \right) \frac{K}{Q} = r \frac{K}{Q} \frac{\Delta K}{K} \quad (10.2)$$

Entonces  $r \frac{K}{Q}$  es la cuota de participación del capital en el PIB total,  $rK$  es el rendimiento del Capital, Q es la producción total. Por tanto el aumento porcentual de la producción atribuible al capital, es el aumento porcentual del capital multiplicado por su cuota de participación.

Siguiendo con la misma lógica, el incremento porcentual atribuible al trabajo es el aumento porcentual del trabajo multiplicado por su cuota de participación. La tasa aumento de la productividad de los factores, es aumento del producto, que no es explicado por el aumento del trabajo y del capital, es decir, que es el incremento de la producción explicado por otros factores, como la eficiencia en el uso de los recursos, el avance tecnológico, la inversión en Investigación y desarrollo, patentes, exportaciones de productos de alto contenido tecnológico, etc.

$$PTF = g_Q - (S_K * g_K) - (S_L * g_L) \quad (11)$$

La tasa de aumento de la Productividad Total de los Factores se puede hallar del siguiente modo, Stiglitz (2004):

Donde  $g_Q$  es la tasa de crecimiento del producto,  $S_K$  es participación del capital en el producto,  $g_K$  es tasa de aumento del capital,  $S_L$  es participación del trabajo en el PIB,  $g_L$  es la tasa de aumento del trabajo. La Ecuación (11), es la que utilizamos en el presente trabajo para calcular la tasa de aumento de la productividad total de los factores<sup>7</sup> en el análisis gráfico.

<sup>7</sup> Existen varias formas de estimar la Productividad Total de los Factores como la utilizada por Angus Madison, Anthony Douglas y otros; producen resultados muy similares.

### 3. Fuentes de Información, Principales Variables y Análisis Descriptivo

En las gráficas se utilizan datos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología, mientras que en las estimaciones se usa información del Banco Mundial, las variables estarán expresadas en dólares estadounidenses de la paridad del poder adquisitivo del 2000, excepto las variables como el Trabajo, Patentes y Marcas Registradas que están medidas en unidades.

Inicialmente las estimaciones están hechas en el periodo de 1960-2008 con panel desbalanceado, posteriormente las estimaciones con logaritmos están hechas con un panel balanceado en el periodo 1996-2008, esto debido a la disponibilidad de información.

Con éstos datos examinamos la correlación entre las distintas variables del modelo para los países latinoamericanos y llegamos a conclusiones relevantes. Analizar la participación de cada una de las variables con respecto a Producto Interno Bruto centrando nuestra atención en Investigación y Desarrollo, Patentes Otorgadas, Marcas Registradas y Exportaciones de Alto Contenido Tecnológico. En seguida presentaremos, las variables que utilizaremos en el trabajo, su definición y la denotación.

El Producto Interno Bruto  $Y_{it}$  comprende el valor total de bienes y servicios finales en un país, en un periodo de tiempo determinado, para todos los países incluyendo México, el PIB estará expresado en dólares norteamericanos de la Paridad del Poder Adquisitivo (PPA) del 2000.

El Trabajo  $L_{it}$  es uno de los factores de producción y tomaremos como variable proxy al total de la población de cada país latinoamericano, que estará expresada en personas; el Capital es otro relevante factor de producción y tomaremos como su variable proxy al Formación Bruto de Capital en cada uno de los países latinoamericanos, que estará expresada en dólares estadounidenses de la PPA del 2000 y se denota como  $K_{it}$ .

La inversión Investigación y Desarrollo  $R_{it}$  es el valor de la inversión en investigación y desarrollo en cada uno de los países, expresado en dólares norteamericanos de PPA del 2000. Las Patentes Otorgadas: es el número de patentes otorgadas en cada uno de los países latinoamericanos y se denota como  $P_{it}$ .

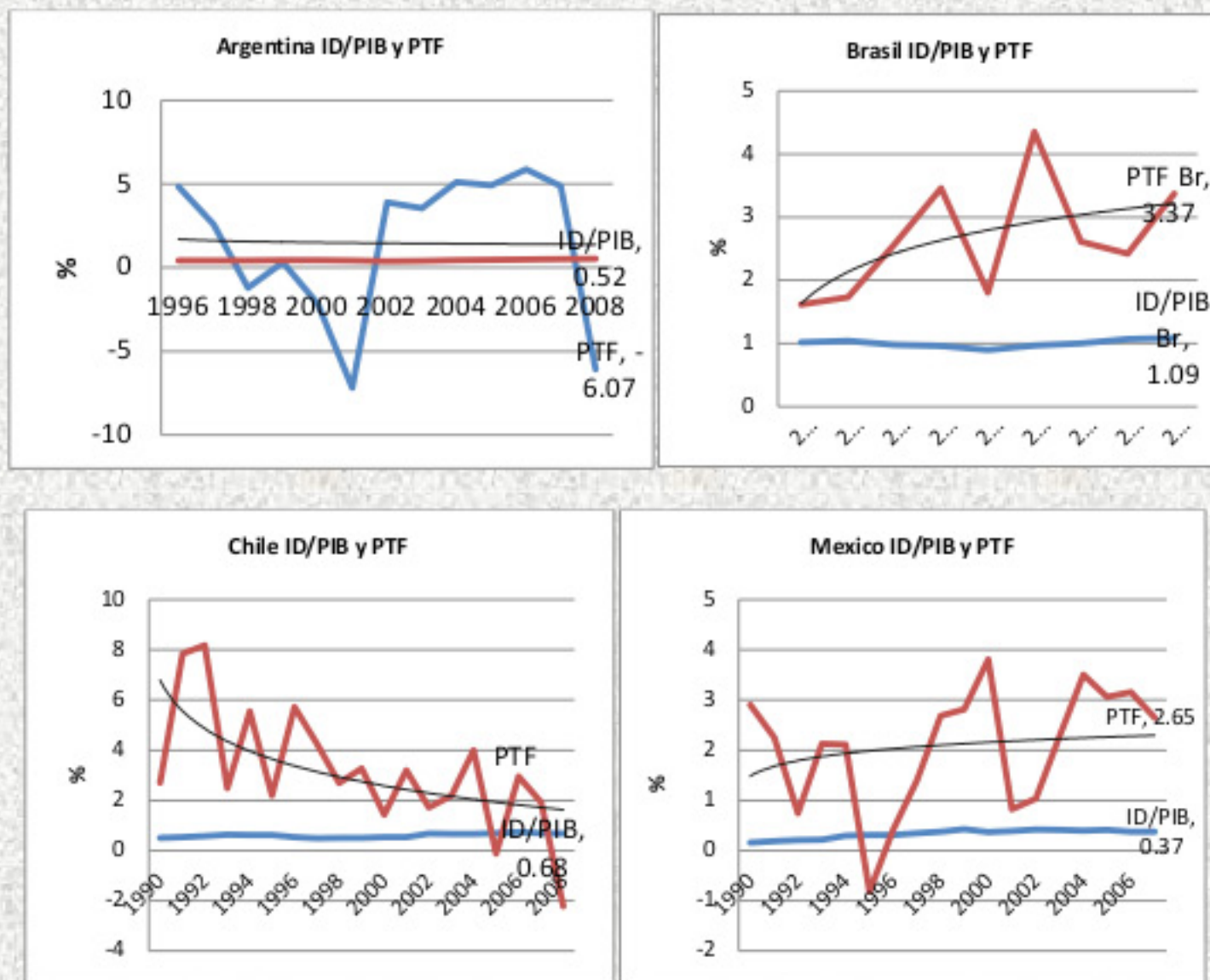
Las Marcas Registradas es el número de Marcas Registradas en cada una de las naciones latinoamericanas y se denota como  $M_{it}$ . Exportaciones de Alto Contenido Tecnológico: es el valor de las exportaciones que son intensos en tecnología, por ejemplo, las exportaciones de partes de aviones, automóviles, medicamentos, software, hardware.

Se mide en dólares norteamericanos de la PPA del 2000, y se denota como  $\Delta$ . La teoría del crecimiento Schumpeteriano predice que el crecimiento de Productividad Total de los Factores (PTF) varía proporcionalmente con la intensidad del gasto en investigación y desarrollo. Los niveles de inversión en investigación y desarrollo son disímiles entre las naciones ricas y los países en desarrollo, los países desarrollados invierten en Investigación y desarrollo alrededor del 3% de su Ingreso, por ejemplo, según el Banco Mundial, en el 2007, Japón invirtió el 3.4% de su ingreso, Finlandia el 3.7%, Israel y Corea del Sur invierten 4.5% y 3.5% respectivamente. EUA invirtió el 2.70% de su PIB, Alemania invierte 2.60%.

El promedio de la OCDE es 2.5% de la proporción del PIB. Países en desarrollo como China e India invierten el 1.5% y el 0.8% de su ingreso respectivamente, en el 2007, según el Banco Mundial.

Los cuadros siguientes, muestran el comportamiento de la inversión en investigación y desarrollo como proporción del PIB, el crecimiento de la productividad total de los factores PTF para algunos de los países latinoamericanos como: México, Argentina, Chile y Brasil.

Cuadro 1.1 Proporción de I+D respecto al PIB y el Crecimiento de PTF de algunos Países Latinoamericanos.



Fuente: Elaboración Propia con Datos de Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología

En el Cuadro 1.1 se nota que en Argentina la Inversión en investigación y Desarrollo no llega al 1% como proporción del Producto Interno Bruto (PIB) del país sudamericano. En Argentina el aumento de la PTF<sup>8</sup> parece no seguir a la inversión en investigación y desarrollo, ya que la proporción de I+D respecto el PIB es insignificante.

El lector puede notar, que el gasto en investigación y desarrollo respecto al PIB ha sido casi constante en el periodo analizado, mientras que la PTF ha ido a la baja en el periodo de 1997-2001, aumenta de manera significativa del 2002-2003 y cae otra vez del 2003-2007.

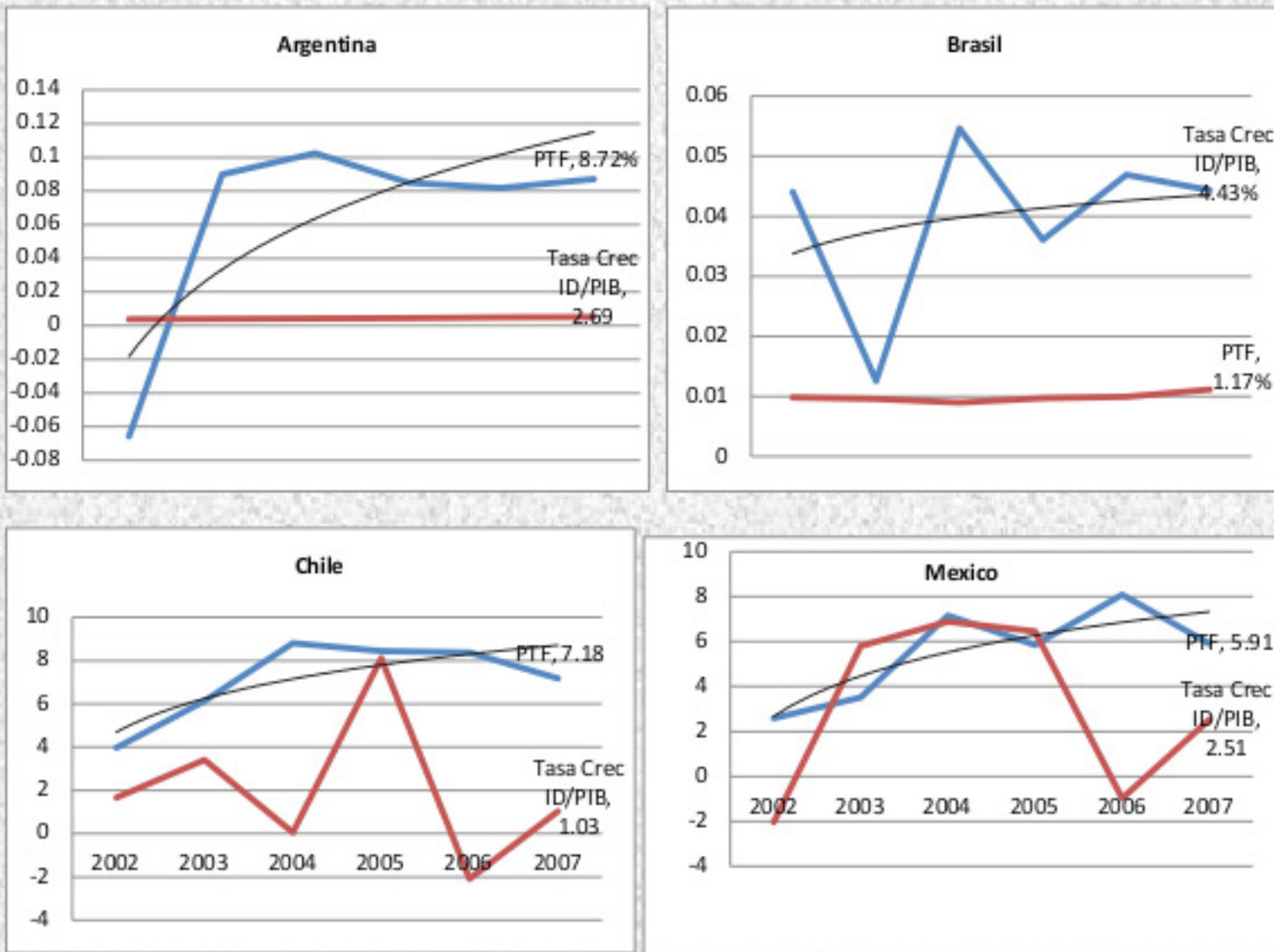
El comportamiento de la economía brasileña es distinto a la argentina, y también el peso del gasto en investigación y desarrollo, que supera el 1% del PIB. Se puede observar que a medida que se incrementa la proporción de la inversión en I+D respecto al PIB como 2000-2001 y 2004-2008 se incrementa la PTF. Y cuando disminuye dicha proporción como en el periodo del 2002-2004 cae la Productividad Total de los Factores. La dinámica de la Economía Brasileira sigue la predicción de la hipótesis schumpeteriana, esto tal vez es atribuible a que el peso de ID/PIB es mayor que las otras economías latinoamericanas.

En el caso chileno en general podemos decir que la proporción la inversión en I+D respecto al PIB es insignificante y que en general ha ido a la alza en el periodo analizado, mientras que el comportamiento medio de la PTF tiene tendencia a la baja.

El relación a México, en general podemos decir, que a pesar de las variaciones importantes de la PTF, el comportamiento generalizado del periodo 1990-2007, es a la alza, mientras se gasta más investigación y desarrollo como proporción del ingreso. Aunque la proporción de I+D/PIB ha ido en aumento, sigue siendo muy inferior a países desarrollados e inclusive a naciones de similar desarrollo como Brasil, Chile y China.

<sup>8</sup> Los cálculos de la Productividad Total de los Factores utilizados en las gráficas son determinados siguiendo a Stiglitz (2004), comentada en la sección anterior.

Cuadro 1.2 El aumento del peso de I+D en el PIB y el Crecimiento de PTF en algunos Países de América Latina (2001-2008).

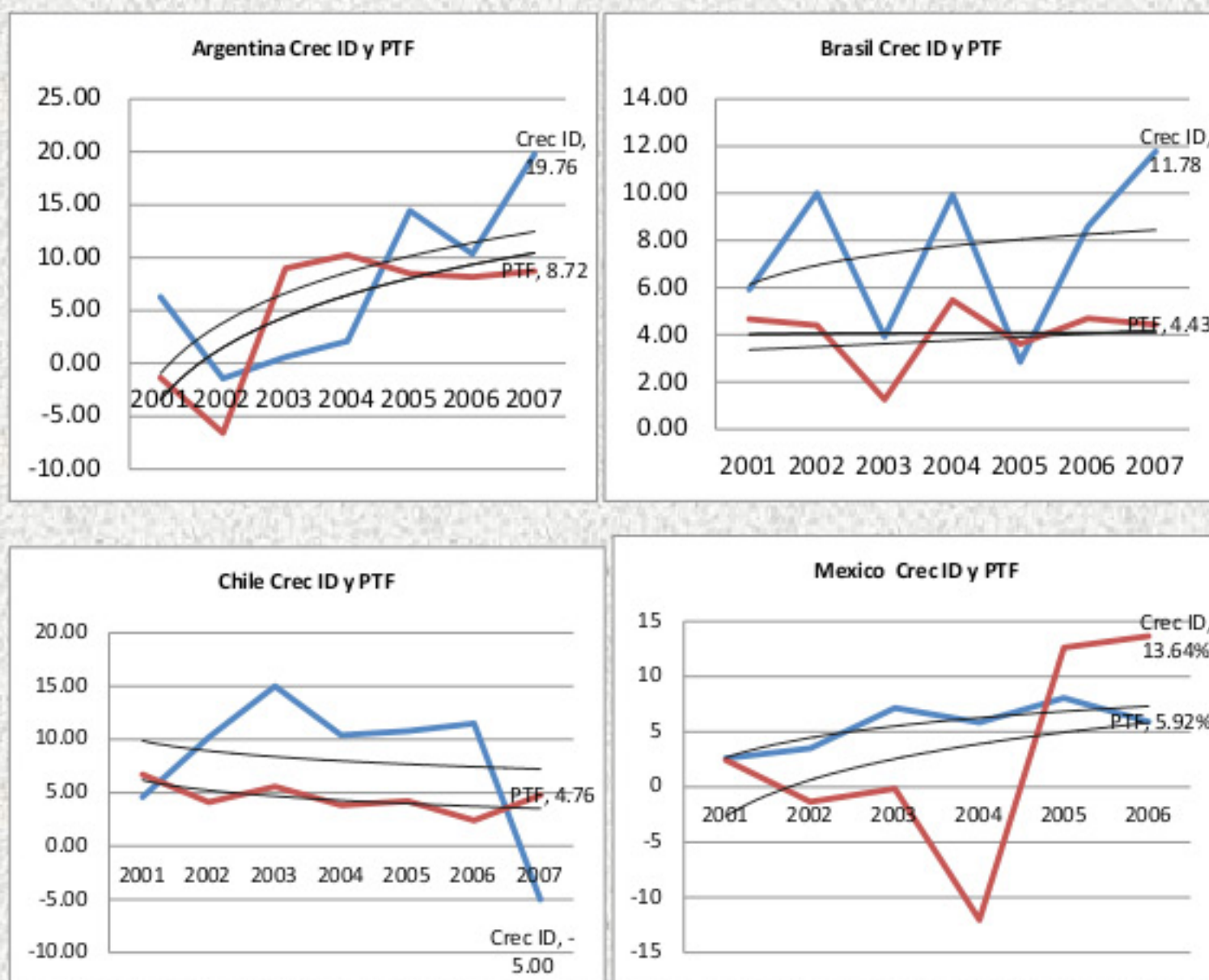


Fuente: Elaboración Propia con Datos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología 2011

Considerando la gráfica anterior, que muestra el crecimiento de la productividad total de los factores y el crecimiento del peso de la investigación y desarrollo en el ingreso de las cuatro economías latinoamericanas más importantes, podemos decir que en general que no se comportan de manera estable los aumentos de intensidad de I+D en la región. Pero en general se puede apreciar en las líneas de tendencias que los incrementos de la intensidad de investigación, tienden a aumentar la productividad total de los factores.

En general podemos percatarnos de se experimentó crecimiento de la TFP y un aumento de la intensidad de la investigación en el período analizado, que concuerda con las predicciones de la teoría del crecimiento de Schumpeteriano, la evidencia de la serie cronológica es, hasta cierto punto, constante con teoría del crecimiento Schumpeteriano.

Cuadro 1.3 Dinámica del Crecimiento de la Inversión en I+D y el Aumento de la PTF (2001-2008).



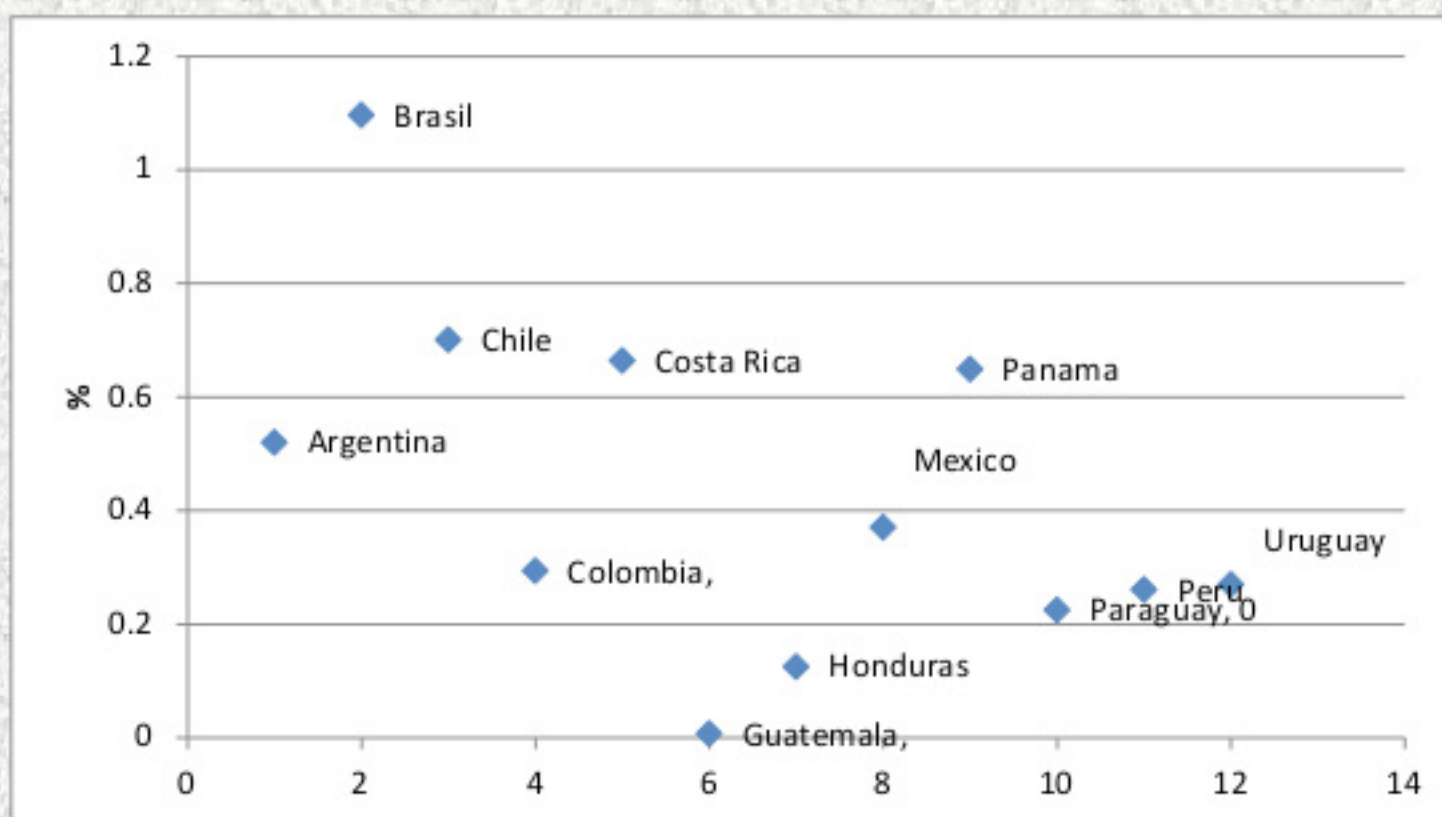
Fuente: Elaboración Propia con Datos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología 2011.



La grafica 1.3 muestra las tasas de crecimiento de la inversión en investigación y desarrollo con el crecimiento de la productividad total de los factores en las economías más importantes de América Latina y el Caribe. En la Argentina se puede apreciar una tendencia general del crecimiento de la inversión en el desarrollo científico y tecnológico que tiende a impulsar el crecimiento de la productividad total de los factores.

En México y Brasil la tendencia es similar a la Argentina, un aumento de las tasas de crecimiento de la inversión en investigación y desarrollo que impulsa el crecimiento de la productividad total de los factores. En Chile ocurre lo contrario, una tendencia a la baja de la inversión en investigación y desarrollo que provoca una tendencia negativa en la productividad total de los factores. La evidencia empírica coincide con las predicciones de la teoría schumpeteriana de crecimiento.

Cuadro 1.4 La inversión en I+D como proporción del PIB de algunos Países latinoamericanos en el año 2000



Fuente: Elaboración Propia con Datos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología 2011.

Aunque Brasil todavía invierte muy poco respecto a ingreso en comparación con países punteros como Israel y Suecia que gastan 4.5% y 4.2% en relación a su ingreso respectivamente.

Podemos resumir en esta sección que pese a los incrementos en la inversión en investigación y desarrollo en la región, todavía el esfuerzo es pobre en comparación con los países más desarrollados e inclusive en comparación con China, la intensidad de la investigación se podrá elevar para aumentar la productividad en la región y así como los niveles de vida de la población latinoamericana.

El aumento de la inversión en investigación y desarrollo en América Latina debe ser un objetivo fundamental para los políticos y tomadores de decisión para fomentar el crecimiento económico, el empleo y el bienestar.

#### 4. Estimaciones Empíricas

Este epígrafe lo dividiremos en dos subepígrafes, el primero estará dedicado a la teoría de panel y la segunda parte del epígrafe mostraremos los principales resultados e interpretaremos dicha información.

##### 4.1 Sobre Panel

El uso del análisis de panel es cada vez más frecuente, ya que es muy útil para la investigación aplicada. Un Panel es una muestra de características (variables) que tienen los Países a lo largo del tiempo.

El Panel relaciona datos de cortes transversales (información de varios países, individuos en un momento dado) durante varios períodos de tiempo. El modelo general que pretendemos estimar es el siguiente:

$$y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + u_{it} \quad (12)$$

Si no se disponen de todas las variables de influencia entonces  $Cov(X_{it}, \varepsilon_{it}) \neq 0$ , es decir los residuos no son independientes de las observaciones por lo que Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) estará sesgado. Para solucionarlo se proponen modelos alternativos a la regresión agrupada mediante el anidamiento de los datos: Panel de Efectos Fijos y Panel de Efectos Aleatorios, que comentaremos más adelante.

El uso de panel presenta varias ventajas porque tiene mayor número de Observaciones, más y mejor información, admite mayor número de variables y menos multicolinealidad entre datos de las variables explicativas, mayor eficiencia en la estimación, otra ventaja es que se dispone de más datos y se puede hacer un seguimiento de cada país o individuo. También alivia el problema de variables omitidas, ya que se pueden eliminar por diferencia las que no cambian en el tiempo. Para un análisis más detallado revisar más ventajas de panel revisar Baltagi (1995).

El panel también presenta desventajas ya que los datos son más complejos, no se trata la heterogeneidad o las individualidades, si todas las cualidades del país no son observables entonces los errores estarán correlacionados con las observaciones y los MCO serán inconsistentes.

El modelo de efectos fijos implica menos suposiciones sobre el comportamiento de los residuos. Supone que el modelo a estimar es ahora:

$$y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \tag{12.1}$$

Consideramos que  $\varepsilon_{it} = v_i + u_{it}$ , luego reemplazando en (12.1) queda:

$$y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + v_i + u_{it} \tag{12.2}$$

Es decir, supone que el error  $\varepsilon_{it}$  puede descomponerse en dos partes, una parte fija, constante para cada país  $v_i$  y otra aleatoria que cumple los requisitos MCO ( $E(u_{it}) = 0$ ,  $Var(u_{it}) = \sigma^2$ ), lo que es equivalente a realizar una regresión general y dar, a cada individuo un punto de origen (ordenadas) distinto.

El modelo de efectos aleatorios tiene la misma especificación que el de efectos fijos con la salvedad de que  $v_i$ , en lugar de ser un valor fijo para cada individuo y constante a lo largo del tiempo es una variable aleatoria con un valor medio  $E(v_i) = 0$  y una varianza  $Var(v_i) \neq 0$ . Es decir la especificación del modelo es igual a (12.2)

$$y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + v_i + u_{it} \tag{12.3}$$

Salvo que ahora  $v_i$  es una variable aleatoria. Este modelo es más eficiente (la varianza de la estimación es menor) pero menos consistente que el de efectos fijos.

#### 4.2 Resultados de la Estimación de Panel.

El objetivo de este subepígrafe es analizar la información en un modelo de panel que permite analizar dos aspectos de importancia cuando se trabaja con este tipo de información y que forman parte de la heterogeneidad no observable: los efectos individuales específicos y los efectos temporales.

En lo que se refiere a los efectos individuales específicos, se dice que estos son aquellos que afectan de manera desigual a cada uno de los países seleccionados en la muestra que son invariables en el tiempo y que afectan de manera directa las decisiones que tomen dichas unidades. Usualmente se identifica este tipo de efectos con cuestiones de política en cada uno de los países, solidez de instituciones, eficiencia acceso a la tecnología, etc.

Los efectos temporales serían aquellos que afectan por igual a todas las unidades individuales del estudio pero que no varían en el tiempo. Este tipo de efectos pueden asociarse, por ejemplo, a los choques macroeconómicos, crisis económicas que pueden afectar por igual a todos los países de la región, objetos de estudio

Nuestro modelo incluye una muestra de doce países latinoamericanos: México, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay. Teniendo en cuenta las variables como el Producto Interno Bruto, el Capital, Trabajo, Productividad Total de los Factores, La inversión en Investigación y Desarrollo, el número de Patentes Otorgadas en cada país, el número de Marcas Registradas, las Exportaciones de Alto Contenido Tecnológico del periodo analizado de 1960 al 2008, contando con 586 observaciones. El panel se estimó con el paquete econométrico: Stata. Los principales Resultados que se obtuvieron son los siguientes:

Cuadro 1.5 .Estimaciones del PIB con varias variables tecnológicas  
(1960-2008).

Estimación	Método	Resultado	F	$R^2$	Rho
Es01	Be	$PIB = -81.85 ID + 3.26 PatenO - 30.37 XAT + 1533171 MR$ (0.12) (0.02) (0.19) (0.26)	0	0.99	78.58
Es02	Fe	$PIB = 7.33 ID + 9917729 PatenO + 4.50 XAT + 2778716 MR$ (0.00) (0.00) (0.00) (0.00)	0	0.94	79.96
Es03	Re	$PIB = 6.54 ID + 1.02 PatenO + 4.84 XAT + 3579866 MR$ (0.00) (0.00) (0.00) (0.00)	0	0.93	79.95
Es04	Hausman	Chi2=-77 chi2<0			

**Fuente: Elaboración Propia**

El cuadro 1.5 muestra estimaciones realizadas con el paquete Stata, la primera estimación (Es01) se efectuó con el Método de Panel generalizado (be, Mínimos Cuadrados Ordinarios)<sup>9</sup>, obteniendo los coeficientes que acompañan a las variables en la primera estimación. Con un coeficiente de correlación bastante alto del 99%. El número debajo de los coeficientes y que está dentro del paréntesis se refiere a la probabilidad T.

El lector se puede percatar de que el coeficiente de la Inversión en Investigación y Desarrollo es negativo (-81.85) y la probabilidad T para dicho coeficiente es 88%. En general en la estimación (Es01) podemos decir que solo es significativo el coeficiente de las patentes otorgadas y que los signos esperados coinciden con las patentes otorgadas y las marcas registradas; mientras que los signos negativos de la inversión en investigación y desarrollo con las exportaciones de alto contenido tecnológico no son los esperados, pero tampoco son significativos.

En la segunda estimación (Es02), se realizó con panel de efectos fijos (fe) resultando todos los coeficientes de las variables tecnológicas (investigación y desarrollo, patentes otorgadas, marcas registradas, exportaciones de alto contenido tecnológico) y los signos de todas las variables son positivos, es decir, los signos esperados. El coeficiente de correlación bastante considerable de 94.6%.

En la tercera estimación (Es03), se realizó con panel de efectos aleatorios (re) resultando que todos los coeficientes y los signos de las variables tecnológicas son los esperados, positivos y significativos. El coeficiente de correlación bastante considerable de 93.3%, ligeramente menor al de efectos fijos.

El test F en las estimaciones indica que hay efectos significativos individuales o de cada uno de los países y sugiere que el panel de Mínimos Cuadrados Ordinarios no sería el adecuado. El rho sugiere que los cambios en el producto interno bruto están relacionados con las tasas de las variables tecnológicas de cada uno de los países.

<sup>9</sup> En los Métodos de Estimación que es la segunda columna, Be, significa estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios; Fe, es la estimación de Efectos Fijos y Re, Estimación con Efectos Aleatorios.

La prueba de Hausman cuyo resultado es  $\text{Chi}^2 = -77$ . El signo negativo de  $\text{Chi}^2$ , indica que los efectos fijos tienen mayor consistencia que los efectos aleatorios, esto es, los efectos individuales de cada uno de los países tienen mayor peso, que el del conjunto de la región, sobre las individualidades, en otras palabras, las políticas implementadas en cada una de las naciones, la eficiencia de las organizaciones de cada país, el rol de las instituciones de cada uno de los países, el acceso a la tecnología de cada país de la región tiene mayor relevancia, mayor peso en el desempeño económico de cada nación. Mientras que el desempeño conjunto, tiene menos influencia sobre las individualidades.

Cuadro 1.6 Estimación logarítmica del PIB con varias variables tecnológicas (1996-2008).

Estimación	Método	Resultado	$R^2$
Es05	Be	$\ln \text{PIB} = 0.19 \ln \text{ID} + 1.24 \ln \text{PatenO} + 0.31 \ln \text{XAT} + 0.13 \ln \text{MR}$ (0.81) (0.01) (0.03) (0.26)	0.957
Es06	Fe	$\ln \text{PIB} = 0.001 \ln \text{ID} - 0.01 \ln \text{PatenO} + 0.41 \ln \text{XAT} + 0.39 \ln \text{MR}$ (0.61) (0.15) (0.00) (0.00)	0.855
Es07	Re	$\ln \text{PIB} = 0.001 \ln \text{ID} - 0.01 \ln \text{PatenO} + 0.40 \ln \text{XAT} + 0.41 \ln \text{MR}$ (0.68) (0.26) (0.00) (0.00)	0.856
Es08	Hausman	$\text{Chi}^2 = -2.03$ $\text{chi}^2 < 0$	

**Fuente: Elaboración Propia**

El cuadro 1.6 muestra estimación logarítmica del PIB respecto a variables tecnológicas, los resultados son parecidos a las del cuadro 1.6, las conclusiones son las mismas, variables son significativas, los efectos fijos son más consistentes que efectos aleatorios, lo cual indica que las individualidades de cada una de las naciones latinoamericanas tiene mayor relevancia que el conjunto de las naciones sobre cada uno de los países de la región.

#### 4.2.1 Estimaciones de Raíces Unitarias y Cointegración en Panel.

Gujarati (2009) la cointegración significa que a pesar de que las series no son estacionarias en un nivel individual, una combinación lineal de dos o más series de tiempo puede ser estacionaria. Granger (2003) define la cointegración como la diferencia estacionaria, entre un par de series; y añade que dos o más series son no estacionarias de orden  $I_1((1))$ , son cointegradas si existe una combinación lineal de esas series que sea estacionaria o de orden  $I_1((0))$ . El vector de coeficientes que crean esta serie estacionaria es el vector cointegrante.

Guisan (2002), la cointegración está relacionada con causalidad y sentido de Causalidad entre Variables y también está relacionada con Predicciones y Pronósticos. La cointegración también significa que a pesar de que las variables individualmente no causan la variable explicada, una combinación o integración de dos o más variables, puede resultar más robusto y así explicar a los cambios en la variable dependiente.

Se dice que dos series son cointegradas si se mueven conjuntamente a lo largo del tiempo, y las diferencias entre ellas son estables (estacionarias). La cointegración refleja la convergencia de la economía en un equilibrio en el largo plazo. Las diferencias (termino de error) representan el error de desequilibrio en cada punto del tiempo. La cointegración desde el punto de vista económico representa Banxico (1995), Según la teoría económica significa que, ciertas variables no deben alejarse mucho, unas de otras en el largo plazo. Tales variables pueden alejarse en el corto plazo pero existen fuerzas económicas, ya sea mecanismos de mercado o intervenciones del gobierno, que tienden a juntarlas en el largo plazo. Por ejemplo: las tasas de interés, los precios de un mismo bien en diferentes localidades de un país, ingresos y gastos del gobierno, oferta de dinero y nivel de precios, etc. Si se tiene un par de series, cada una de las cuales es  $I(1)$ , en general una combinación lineal de estas series es también  $I(1)$ . Sin embargo, si existe una constante  $A$  tal que  $t$  Se puede considerar una relación de largo plazo o de equilibrio.

Granger (2003) si dos series estaban cointegradas al menos una de ellas debía causar a la otra.

Cuadro 1.7 Estimaciones de Raíz Unitaria y Cointegración (1990-2008)						
	Test	Hipótesis Nula	Series	ADF	Prob.	Observaciones
Es09	Raíz Unitaria	Existe	PIB, ID, XAT, PATENO, MR	-8.79	0.00	Se Rechaza $\chi^2$
Es10	Raíz Unitaria	Existe	A, ID	-4.49	0.00	Se Rechaza $\chi^2$
Es11	Pedroni Conintegración	No Cointegración	PIB, ID	2.58	0.01	Se Acepta $\chi^2$
Es12	Pedroni Conintegración	No Cointegración	PIB, ID, XAT, PATENO, MR	-3.27	0.00	Se Rechaza $\chi^2$
Es13	Pedroni Conintegración	No Cointegración	ID, XAT, MR, PATENO	2.96	0.00	Se Acepta $\chi^2$
Es14	Pedroni Conintegración	No Cointegración	A, ID, XAT, MR, PATENO	-2.52	0.01	Se Rechaza $\chi^2$
Es15	Johansen-Fischer	No Cointegración	A, ID	(52.8)	0.00	Se Rechaza $\chi^2$
Es16	Kao Conintegración	No Cointegración	A, ID	-3.07	0.00	Se Rechaza $\chi^2$
<b>Fuente: Elaboración Propia</b>						

El cuadro 1.7 muestra las estimaciones de estacionariedad y de cointegración, en la estimación (Es09) se examina si existe raíz unitaria de las series del PIB y las variables tecnológicas, obteniendo un ADF bastante negativo que indica que se rechaza la hipótesis nula de que existe raíz unitaria y por tanto las series son estacionarias. En la estimación (Es10) se prueba la estacionariedad de las series de inversión en investigación y desarrollo con la productividad total de los factores y la evidencia muestra que las series son estacionarias, ya que, ADF es negativo y la probabilidad es de 0.00. Esto muestra que hay una estabilidad de las variables en el largo plazo y que una de ellas causa a la otra como pronostica nuestro trabajo, que la inversión investigación y desarrollo causa el incremento de la productividad total de los factores.

La estimación (Es11) muestra que la prueba de cointegración de residuos de Pedroni para series ingreso y la inversión en investigación y desarrollo, resultando que ADF es positivo y de entrada se acepta la hipótesis nula de que no hay cointegración entre las variables estimadas. Seguido por una prueba de cointegración de residuos de Pedroni entre el producto y las variables tecnológicas, donde obtuvimos un ADF negativo indicando que debemos de rechazar la hipótesis nula de no existencia de cointegración entre las variables y por tanto si existe cointegración entre el producto interno bruto y las variables tecnológicas.



















Posteriormente estimamos cointegración Pedroni entre las variables tecnológicas donde aceptamos la hipótesis nula de que, no existe cointegración entre las variables, para posteriormente encontrar que existe cointegración entre PTF y las variables tecnológicas. Al final se cumple las predicciones de las teorías schumpeterianas con las estimaciones de cointegración con los métodos de Johansen-Fischer y Kao, que muestran que existe cointegración en el principal motor de la economía (Progreso Técnico) y la inversión en investigación y desarrollo.

#### 4.2.2 Pruebas de Causalidad de Granger

La causalidad de Granger es un análisis fundamental para detectar relación entre variables, ésta es una prueba que consiste en medir el nivel de relación causal entre dos o más variables, es decir, mide que proporción de los cambios de una variable que son provocados por los cambios dados en otra variable.

La prueba consiste en establecer la hipótesis nula de que no existe causalidad entre dos variables, el criterio de rechazo se basa en detectar el valor del estadístico t y su nivel de probabilidad, se rechazan los estadísticos t que tienen asociados niveles menores o iguales a 0.05. A continuación se hacen pruebas de causalidad para las distintas variables de interés para ésta investigación.

Cuadro 1.8 Causalidad de Granger en el periodo (1990-2008)			
Rezagos	Hipótesis	Prob.	Observaciones
Retardo 0	PIB does not Granger Cause PATENO	0.01	Se Rechaza 
	L does not Granger Cause ID	0.05	Se Rechaza 
	K does not Granger Cause PATENO	0.01	Se Rechaza 
Retardo 1	PIB does not Granger Cause PATENO	0.01	Se Rechaza 
	ID does not Granger Cause PATENO	0.04	Se Rechaza 
	ID does not Granger Cause K	0.05	Se Rechaza 
	L does not Granger Cause ID	0.05	Se Rechaza 
	K does not Granger Cause PATENO	0.01	Se Rechaza 
Retardo 2	PIB does not Granger Cause PATENO	0.01	Se Rechaza 
	L does not Granger Cause ID	0.05	Se Rechaza 
	K does not Granger Cause PATENO	0.01	Se Rechaza 
Retardo 3	K does not Granger Cause PATENO	0.03	Se Rechaza 
Retardo 4	ID does not Granger Cause PATENO	0.00	Se Rechaza 
	PATENO does not Granger Cause L	0.02	Se Rechaza 
Retardo 5	ID does not Granger Cause PIB	0.04	Se Rechaza 
	ID does not Granger Cause PATENO	0.05	Se Rechaza 
Fuente: Elaboración Propia			

En el cuadro anterior se hace la prueba de causalidad entre todas las variables de interés con distintos rezagos, encontramos importantes hallazgos. Esto es, que en el corto plazo (hasta tres años) el Producto Interno Bruto, Capital son los que impulsan las variables tecnológicas (Patentes Otorgadas, Investigación y Desarrollo, Marcas Registradas y Exportaciones de Alta Tecnología). Mientras que las variables tecnológicas impulsan al producto, capital y trabajo en mediano plazo (cuatro o cinco años) causa las Patentes Otorgadas en el mismo año.

Del análisis de Granger podemos deducir que en el corto plazo la producción y sus factores (capital y trabajo) impulsan el desarrollo científico y tecnológico, y que el progreso tecnológico en los países impulsará el crecimiento del ingreso y bienestar con retardos de tres años.

## Conclusiones

La Literatura del crecimiento endógeno schumpetriano es enfática en señalar que las actividades generadoras de innovación como la inversión en investigación y desarrollo, las patentes, tienen efectos importantes en el crecimiento económico. Un mayor esfuerzo en investigación y desarrollo impulsa el aumento de la productividad total de los factores de una economía y con ello fomenta el crecimiento económico y el bienestar de la población. Howitt (1999) señala que las altas tasas de crecimiento económico de una nación son generadas por altas tasas de intensidad en investigación y desarrollo.

La evidencia empírica presentada en este documento muestra las predicciones de la hipótesis schumpeteriana para los países latinoamericanos que son objetos de estudio, señalamos que hay un impacto positivo de la intensidad de la inversión en investigación y desarrollo y demás variables tecnológicas con el incremento de la productividad total de los factores y el crecimiento económico en el periodo analizado 1960-2008.

Nuestro trabajo a parte de endogenizar la PTF, endoginizamos también I+D en función de sus resultados o su productividad que suponemos (Patentes otorgadas en el país) y el impacto que tiene no solo localmente (Patentes, Marcas Registradas) también el impacto internacional (Exportaciones de Bienes de alto Contenido Tecnológico).

Debido a las diferentes infraestructuras: económica, social, tecnológica, ubicación geográfica, tamaño de la economía, acceso a la tecnología, etc. proponemos que cada nación latinoamericana debe buscar los instrumentos, incentivos adecuados para fomentar las actividades innovativas, que inciden en el incremento de la Productividad Total de los Factores y por tanto en el Crecimiento Económico y el Bienestar de la población.

Estas medidas pueden estar orientadas al sector privado con incentivos fiscales, financieros, etc. que promuevan las actividades de innovación, también garantizar los derechos de propiedad y mejores leyes que repercuten en mayores actividades de innovación. Promover un mayor vínculo entre académicos y emprendedores. Por otra parte el comercio internacional, la apertura comercial y financiera, la competencia pueden ser condiciones para promover la inversión en investigación y desarrollo y canal para el acceso al conocimiento tecnológico internacional.

## Bibliografía.

- Aghion, Philippe, and Peter Howitt, 1998, *Endogenous Growth*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Aghion, Philippe, and Peter Howitt, 2006, "Appropriate Growth Policy: A Unifying Framework," *Journal of the European Economic Association*.
- Coe, David T., and Elhanan Helpman, 1995, "International R&D Spillovers," *European Economic Review*.
- Dinopoulos, Elias, and Peter Thompson, 1998, "Schumpeterian Growth without Scale Effects," *Journal of Economic Growth*.
- Griffith, Rachel, Stephen Redding, and John Van Reenen, 2003, "R&D and Absorptive Technology: Theory and Empirical Evidence," *Scandinavian Journal of Economics*.
- Griffith, Rachel, Stephen Redding, and John Van Reenen, 2004, "Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries," *Review of Economics and Statistics*.
- Grossman, Gene M., and Elhanan Helpman, 1991, *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Ha, Joonkyung, and Peter Howitt, 2007, "Accounting for Trends in Productivity and R&D: A Schumpeterian Critique of Semi-Endogenous Growth Theory," *Journal of Money Credit and Banking*.
- Howitt, Peter, 2000, "Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences," *American Economic Review*.
- Jones, Charles I., 1995, "R&D Based Models of Economic Growth," *Journal of Political Economy*.
- Keller, W, 2002, "Geographic Localization and International Technology Diffusion," *American Economic Review*.
- Kortum, Samuel, 1993, "Equilibrium R&D and the Patent-R&D ratio: U.S. Evidence," *American Economic Review Papers and Proceedings*.
- Kortum, Samuel, 1997, "Research, Patenting, and Technological Change," *Econometrica*.
- Madsen, Jakob B, 2007a, "Technology Spillover through Trade and TFP Convergence: 135 Years of Evidence for the OECD Countries," *Journal of International Economics*.
- Madsen, Jakob B, 2007b, "Semi-Endogenous versus Schumpeterian Growth Models: Testing the Knowledge Production Function using International Data," Discussion Papers No. 26/07, Department of Economics, Monash University.
- Madsen, Jakob B, 2008, "Economic Growth and World Exports of Ideas: A Century of Evidence," *Scandinavian Journal of Economics* (forthcoming).
- Madsen, Jakob B., and E. Philip Davis, 2006, "Equity Prices, Productivity Growth and the New Economy," *Economic Journal*.

Segerstrom, Paul S., 1998, "Endogenous Growth without Scale Effects," American Economic Review.

Segerstrom, Paul S., T. C. A. Anant and Elias Dinopoulos, 1990, "A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle" American Economic Review.

Young, Alwyn, 1998, "Growth Without Scale Effects," Journal of Political Economy.

Zachariadis, Marios, 2003, "R&D, Innovation, and Technological Progress: A Test of the Schumpeterian Framework without Scale Effects," Canadian Journal of Economics.

Joseph E. Stiglitz (2004), "Macroeconomía". Ariel, Segunda Edición. España

Zachariadis, Marios, 2004, "R&D-Induced Growth in the OECD?" Review of Development

