

# INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO Y SU INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE ALGUNOS PAÍSES EN DESARROLLO DE LATINOAMÉRICA

Juan Felipe Rendón Ochoa, Est. MSc Economía.

Asesor: Andrés Julián Rendón Cardona, MSc Economía.

## Resumen:

La inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) tiene un papel importante sobre el aumento de la productividad, el nivel de innovación y el crecimiento económico. Sin embargo, esto no sucede en todos los países. A partir de lo anterior se plantea si la inversión en I+D favorece obtener un PIB superior para una selección de países de Latinoamérica compuesto por Argentina, Brasil, Colombia, Panamá y México. Se tomaron datos del Banco Mundial en millones de dólares constantes sobre Inversión en I+D, inversión de capital fijo, Producto Interno Bruto e Inversión Extranjera Directa, del periodo 1999-2011. También se tomó información sobre personas dedicadas a I+D y Población Económicamente Activa (PEA) por millón de habitantes, y el grado de exposición al comercio exterior en volumen de exportaciones. Los resultados obtenidos plantean que, *Ceteris paribus*, por cada incremento del 1% de inversión en I+D, el PIB se reduce en 0.07% siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Dado que la inversión de capital fijo tuvo significancia positiva respecto el PIB, se explica el resultado negativo de la inversión en I+D porque los incrementos marginales de crecimiento económico por aumentos de capital son mayores en países en desarrollo que en desarrollados -efecto "catch up"-, lo cual genera incentivos para invertir en capital antes que hacerlo en I+D. Esto lleva a bajos stocks acumulados de I+D, los cuales afectan el impacto de estas actividades sobre el crecimiento en los países de interés de esta investigación. Se plantean otras posibles causas con fines de discusión académica.

**Palabras claves:** I+D, innovación, crecimiento económico, cambio técnico, Latinoamérica.

**Clasificación JEL:** 030, 032, 033, 038

Mayo19 de 2014

## 1. INTRODUCCIÓN

El modelo de crecimiento endógeno propuesto por Romer (1986) determina que el crecimiento de la productividad es causado por el avance tecnológico. Este avance es el resultado de inversiones intencionales que se hacen para lograrlo; es decir, a través de la asignación de recursos para realizar actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) se busca alcanzar cambios técnicos (innovaciones) y con estos generar crecimiento económico.

Según el Índice de Innovación Global 2013 que publican la Universidad de Cornell, el INSEAD y la OMPI (Cornell, 2013), los países latinoamericanos tienen un desempeño en innovación que va entre incipiente como el de Colombia (puesto 60 entre 142) y malo como el de Venezuela (puesto 114). Esto a pesar de los continuos esfuerzos y señales de los gobiernos de incrementar año tras año la inversión en I+D (Quiñones, 2011). De hecho, en los países latinoamericanos entre los años 2000 y 2009, el promedio de inversión en I+D como porcentaje del PIB pasó de 0,59% a 0,76% (Banco Mundial, 2014).

Diferentes estudios empíricos han encontrado que la inversión en I+D genera un impacto positivo y significativo en el crecimiento de economías desarrolladas de diferentes continentes tal como lo reseña Nadiri (1993) en el documento de trabajo del National Bureau of Economics Research. En dicho artículo se analizan estudios de diferentes autores, durante el periodo 1969 al 1991, en los cuales se evidencia el impacto de la inversión en I+D sobre el crecimiento económico. Concluye que existe una fuerte relación entre estas variables pero, aunque encuentra que la relación es positiva, la magnitud del efecto varía entre firmas, industrias y países, sin establecer de manera concluyente las causas para ello. Las variaciones de las elasticidades respecto los retornos a la inversión en I+D, según Griliches (1991), van del 20% al 80% dependiendo de la empresa, el sector o el país bajo consideración.

Otros autores van más allá y afirman que la relación entre inversión en I+D y crecimiento económico no se da necesariamente en todos los países. Por ejemplo, Birdsall y Rhee (1993), utilizando datos de la UNESCO sobre inversión en I+D y personal dedicado a esta actividad en 21 países miembros de la OCDE y 19 no

miembros (6 latinoamericanos pero sólo 4 de ellos con información sobre inversión en I+D en el periodo analizado), evaluaron la relación entre estos factores y el crecimiento económico para el periodo 1970-1985. A partir de un panel de datos, las autoras aplicaron un modelo de regresión que les permitió reportar que la inversión en I+D y el crecimiento económico estaban relacionadas positivamente sólo en los países de la OCDE, mientras que no encontraron relación significativa para el caso de los países en desarrollo (no miembros de la OCDE). Incluso, para los países de la OCDE, se evidencia que la inversión en I+D es un vehículo de crecimiento sólo cuando un país alcanza un determinado umbral de prosperidad económica. Debido al reducido número de países seleccionados de Latinoamérica y la carencia de datos en ellos, en este estudio no se pueden extraer resultados concluyentes para la región de interés de esta investigación y queda abierta la pregunta de si ellos se comportarían como las autoras lo sugieren.

La productividad de los países Latinoamericanos ha venido decreciendo en los últimos años y cada vez dependen más del uso intensivo de los recursos naturales (Cepal, 2014). Se ha planteado que aumentar la inversión en I+D podría generar impactos positivos significativos en el crecimiento de largo plazo tomando afirmaciones de Schumpeter (1934), Solow (1957), Dowrick (1989), Romer (1990) y Stratmann (2005), entre otros. Sin embargo, actualmente se encuentran resultados divergentes con respecto a la influencia de la inversión en I+D sobre el crecimiento económico de los países en desarrollo. En ese sentido, está abierta la discusión académica sobre esta materia pues algunos autores reportan que la relación para países en desarrollo es positiva y significativa como Gyekye (2013), pero otros como Ulku (2004), afirman que no es significativa.

La información disponible en bancos de datos como los de la Unesco, el Banco Mundial, la Cepal y otros, sobre inversión en I+D y otros indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación en los países de Latinoamérica es escasa debido a que los países de esta región no los publican o no lo hacen con regularidad. Por ende no abundan los estudios con respecto a la influencia de la inversión en I+D sobre el crecimiento económico de los países de esta región. En efecto, en la revisión realizada no se encontraron estudios específicos para la región con relación a este tema. Crespi (2010) realiza un análisis entre innovación y productividad para 6

países de Latinoamérica, a saber Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Panamá y Uruguay, pero no profundiza en el tema de crecimiento económico. Lo mismo ocurre con otros autores como Benavente (2009), Arbeláez (2010) y López (2010) que tratan el mismo tema para países específicos de la región como son Chile, Colombia y Argentina respectivamente. A excepción de Marroquín (2012), el resto de las fuentes consultadas, en el mejor de los casos, incluyen en la muestra de países analizados algunos de Latinoamérica para evaluar la influencia de la inversión en I+D sobre el crecimiento económico de economías de países en desarrollo y de países desarrollados.

Lo que Marroquín (2012) reporta para México es un análisis empírico de crecimiento económico e inversión en I+D en este país. En este caso el autor tomó datos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y el Banco de México del periodo 1999-2010 sobre patentes en este país, número de investigadores y crecimiento económico de los 32 estados que lo conforman; aplicó un panel de datos para estimar la influencia de la inversión en I+D sobre el nivel de innovación y posteriormente midió la influencia del nivel de innovación en el crecimiento del ingreso per cápita. Concluyó en ambos casos que la relación entre estas variables es positiva y estadísticamente significativa. Sin embargo, la magnitud del efecto fue mayor en los estados más desarrollados.

Adicionalmente, para los países de Latinoamérica se han planteado reformas para el fomento de la inversión en I+D como lo reporta Quiñones (2011), y estas se han materializado, para el caso de Colombia, en la promulgación de Leyes como la 1286 de 2009, la creación de agencias como Innpulsa y reformas a departamentos con nivel ministerial como Colciencias, medidas cuya efectividad se encuentra pendiente de ser validadas.

Por ende, dada la escasez de información para el caso de los países latinoamericanos, los resultados contradictorios entre estudios empíricos, y las reformas que los países han implementado en la última década para fomentar la I+D, es necesario determinar la relación que hay entre este tipo de inversión y el crecimiento económico de esos países, con lo cual se podrá ampliar la discusión académica respecto el tema. Así pues se considera pertinente preguntar qué

influencia tiene la inversión en I+D en el crecimiento económico de países en desarrollo, específicamente en algunos de Latinoamérica como Argentina, Brasil, Colombia, México y Panamá, en el periodo 1999-2011, lo cual es el objetivo principal de esta investigación.

En este trabajo se realizó un panel de datos de países seleccionados de Latinoamérica con información disponible sobre inversión en I+D para el periodo 1999-2011. Se utilizó la información sobre Producto Interno Bruto como variable dependiente. El PIB rezagado, la inversión en I+D, la formación bruta de capital y el número de personas dedicadas a I+D por millón de habitantes se utilizaron como variables independientes. Como variables control se tomó la inversión extranjera directa, las exportaciones como porcentaje del PIB (variable dummy con límite del 15%) para medir el grado de exposición al comercio exterior y la población económicamente activa por millón de habitantes, a la cual se le restaron las personas dedicadas a I+D por millón de habitantes.

A partir de lo anterior se planteó la hipótesis que en la selección de países de Latinoamérica -Argentina, Brasil, Colombia, Panamá y México- la inversión en Investigación y Desarrollo favorece el crecimiento económico (PIB superior). Los principales resultados obtenidos plantean que para los países analizados, por cada incremento del 1% de inversión en I+D se genera una disminución del PIB en 0,07% con significancia estadística y que más personas por millón de habitantes dedicadas a esta actividad no tienen significancia estadística para explicar el tamaño del PIB. A partir de los resultados encontrados se sugieren posibles líneas de política para la selección de países.

Luego de estas consideraciones, el presente documento continúa en la sección 2 con una breve revisión de literatura sobre I+D, innovación y algunos efectos de la inversión en I+D sobre el crecimiento de países desarrollados y en desarrollo. En la sección 3 se plantean el método y el modelo estimado, en la sección 4 se evalúan los resultados y se analizan los mismos y en la última sección, se definen conclusiones.

## 2. ESTADO DEL ARTE Y REVISIÓN DE LITERATURA

El Manual de Frascati es la guía para la estandarización de la medición de los procesos de investigación y desarrollo (I+D) que definió la OCDE. En dicho manual, la I+D es entendida como *“el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluidos el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de ese conocimiento para crear nuevas aplicaciones”* (OCDE, 2002. Pag. 30)

En ese manual se define que la I+D se compone de: **Investigación Básica** la cual comprende aquellas actividades y trabajos experimentales que se emprenden para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada; **Investigación Aplicada** que son los trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos dirigidos fundamentalmente hacia un objetivo práctico y específico; y **Desarrollo Experimental**, que son los trabajos creativos llevados a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de los conocimientos humanos, culturales y sociales, y el uso de esos conocimientos para derivar nuevas aplicaciones (OCDE, 2002).

Según cifras del Banco Mundial, en el año 2011 el 2,08% del PIB global se dedicó a I+D, los miembros de la OCDE destinaron 2,32% de su PIB y en América Latina y el Caribe la cifra fue de 0,80%. (Banco Mundial, 2014).

Como puede observarse en la Tabla 1, según el tipo de inversión en I+D se presenta una distribución diferente en los países en desarrollo respecto los países desarrollados – a excepción de China-. Mientras que los primeros concentran entre el 55 y 75% de sus actividades de I+D en investigación básica y aplicada, el segundo grupo orienta entre un 62 y 82% de sus esfuerzos de I+D en actividades de desarrollo experimental, la cual está más cercana a la *innovación*.

Tabla 1: Tipo de I+D como % del PIB -2009-

	Investigación Básica	Investigación Aplicada	Desarrollo Experimental
Argentina	33%	42%	25%
Panamá	41%	28%	31%
México	24%	31%	45%
Colombia*1995	40%	22%	38%
China*2006	5%	17%	78%
Israel	15%	3%	82%
Corea	18%	20%	62%
Japón	12%	22%	66%
EE.UU	19%	18%	63%

Elaboración propia con datos de UNESCO-Ricyt (2014)

El Manual de Oslo es una guía que los países del mundo usan para recolectar e interpretar datos sobre innovación, *“Una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores.”* (OCDE, 2005 pag. 56)

Según Gerryts y Buys (2008), las etapas discretas del modelo lineal del proceso de innovación –diferente al modelo económico- son en primera instancia la investigación (Investigación básica), seguida por el desarrollo (Investigación aplicada) y, por último la producción y comercialización (Desarrollo Experimental o Innovación). Así pues, para estos autores, la inversión en I+D es un componente crítico porque es el punto de partida en el proceso de innovación, y se constituye en el elemento esencial de la generación de la misma.

Tidd (2006) resume los modelos teóricos -no económicos- del proceso de la innovación en las siguientes cinco categorías generacionales:

- Los **Modelos Lineales** también conocidos como los de primera y segunda generación, los cuales enfatizan en la necesidad de que la demanda o la oferta jalone el desarrollo tecnológico (Market Pull o Technological Push).

- Los **Modelos de Acoplamiento** o modelos de tercera generación, en los cuales se enfatiza en la interacción entre los diferentes agentes y ciclos de retroalimentación entre ellos.
- Los **Modelos de Líneas Paralelas** o de cuarta generación. Estos modelos se enfocan en las alianzas y los vínculos entre los agentes, y
- Los **Modelos de Sistemas de Integración y Redes Extendidas** o de quinta generación. El énfasis de estos se da en la respuesta personalizada y flexible para procesos de innovación continua

Desde Adam Smith (1776) se describe la relación teórica entre la innovación y el crecimiento económico. Posteriormente autores como Schumpeter (1934), Solow (1957), Romer (1986) y otros refinaron las observaciones en este sentido planteando diversos modelos económicos donde se demuestra una relación positiva y directa entre la innovación -o cambio técnico- y el crecimiento económico.

Por otro lado Gyekye (2013) resume que:

- La inversión en I+D es uno de los responsables del crecimiento de la productividad.
- La inversión en I+D tiene un impacto positivo en la productividad total de los factores.
- Existe una correlación positiva entre la inversión en I+D y la calidad del capital humano.
- Existe una correlación positiva entre la inversión en I+D y el ingreso de inversión extranjera directa (IED).
- Las tasas de retorno social de la inversión en I+D son significativamente superiores a las tasas de retorno privadas.

Múltiples autores han evaluado el comportamiento de la relación entre inversión en I+D y crecimiento económico, encontrando resultados diversos dependiendo el territorio analizado.



Tabla 2: Resultados de diferentes autores respecto efectos de inversión en I+D en crecimiento de diferentes países

Autor	Método	Variables	Hallazgos	Causas
Nadiri (1993)	Revisión de literatura entre 1969 y 1991	Diferentes autores, metodologías y variables analizadas	I+D genera efectos significativos en el crecimiento pero varían según el país, sector y empresa analizada	Elasticidades de retorno de inversión en I+D son variables
Birdsall y Rhee (1993)	Panel de datos de 21 países OCDE y 19 no OCDE periodo 1970-1985	PIB explicado por Inversión en I+D y personas dedicadas a I+D	I+D no tiene efecto en países en desarrollo, para desarrollados sólo tiene efecto en aquellos con determinado nivel de ingreso.	Stock de capital mayor, genera incentivos a invertir más en I+D, lo que permite contar con mayores capacidades de innovación. Ingreso per cápita de compradores permite que resultados de inversión en I+D sean absorbidos por el mercado y por ende rentables económicamente
Ulku (2004)	Panel de datos de 20 países OCDE y 10 no OCDE periodo 1981-1997	PIB explicado por Inversión en I+D, Patentes y personas dedicadas a I+D	I+D no tiene efecto sobre innovación en países en desarrollo, para países desarrollados tiene efecto sólo en aquellos con acceso a grandes mercados. Innovación tiene efecto sobre crecimiento de los dos grupos de países	Stock de I+D no es suficiente para generar innovaciones en países en desarrollo. Nivel de ingreso de compradores de innovaciones producto de inversión en I+D no necesariamente tienen que estar en el mismo país donde se produce
Samini (2009)	Panel de datos de 30 países en desarrollo periodo 2000-2006	PIB explicado por Inversión en I+D, resultados de esta inversión como patentes y personas dedicadas a I+D	I+D no tiene efecto sobre tamaño de PIB en países en desarrollo	Nivel de stock de I+D no es suficiente para generar innovaciones en países en desarrollo. Nivel de ingreso de países no absorben innovaciones producto de inversión en I+D ni cuenta con acceso a mercados que lo hagan
Wang (2013)	Panel de datos de Taiwan y 23 países OCDE periodo 1991-2006	Ingreso per cápita explicado por Inversión en I+D en sectores de alta tecnología	Inversión en I+D en sectores de alta tecnología tiene efecto significativo y positivo en países de ingresos altos. Para países de ingresos medios el efecto es significativo pero negativo	Ingreso per cápita de compradores permite que sea rentable resultados de inversión en I+D
Marroquín (2012)	Panel de datos de 32 estados federales de Estados Unidos de México, Periodo 1999-2010	Ingreso per cápita explicado por Inversión en I+D, Patentes y personas dedicadas a I+D. Primero mide efecto de I+D sobre innovación y luego efecto de innovación sobre Ingreso	Inversión en I+D tiene efecto significativo sobre el nivel de innovación. El nivel de innovación tiene efecto significativo y positivo sobre el nivel de ingreso. La magnitud del efecto varía dependiendo el nivel de ingreso del territorio	I+D genera resultados positivos sobre innovación y estas tiene acceso a grandes mercados de norte américa
Maza (2013)	Panel de datos de 17 comunidades autónomas españolas periodo 1995-2010	PIB explicado por resultados de Inversión en I+D como Patentes y publicaciones científicas	Inversión en I+D tiene efecto significativo sobre el nivel de ingreso. La magnitud del efecto varía dependiendo el nivel de ingreso del territorio	I+D genera resultados positivos sobre innovación y estas tiene acceso a grandes mercados de la union europea
Gyekye (2013)	Panel de 5 países en desarrollo de Africa Subsahariana periodo 1997-2007	PIB explicado por Inversión en I+D, Capital Fijo y Población Económicamente Activa	La Inversión en I+D tiene un efecto significativo y positivo con el tamaño del PIB de países en desarrollo	I+D permite a este grupo de países tener un PIB mayor como resultado de una mayor productividad en sus economías

Elaboración propia con base en diferentes autores

Maza (2013), tomando datos publicados por Eurostat, analizó el efecto de la solicitud de patentes –resultado tangible de la inversión en I+D– en el crecimiento económico de las diversas regiones de España medido como los ingresos per cápita en el periodo 1995-2010. Encontró que la magnitud positiva de esta relación se da más fuerte en las regiones más desarrolladas que en las menos desarrolladas. Por su parte Wang (2013) realizó una regresión para explorar el efecto de la inversión en I+D en sectores de alta tecnología distribuidos en Taiwan y 23 países de la OCDE, con diferentes niveles de ingreso para el periodo 1991-2006. Usó datos del Fondo Monetario Internacional, la OCDE, y bases de datos de Main Science, Technology Indicators (MSTI), Education at a Glance (EAG) y Labour Market Statistics (LMS), y encontró heterogeneidad de resultados dependiendo del nivel de ingreso per cápita del país analizado. En aquellos países donde el ingreso per cápita era alto, la relación fue positiva entre la inversión en I+D en sectores de alta tecnología y el crecimiento económico. Para los países de ingresos medios la relación fue negativa. Con lo reportado por estos autores se confirmaría lo reportado por otros como Nadiri (1993), Aghnion (1996) y Greenhalgh (2001) en el sentido que el efecto de la inversión en I+D variaría según el país, el sector y el tipo de economía en la cual se realice.

Con respecto a la evaluación de los efectos de la inversión en I+D sobre el crecimiento económico de países en desarrollo también se encuentran resultados heterogéneos. Ulku (2004), por ejemplo, realizó un panel de datos tomando como variables las patentes como resultado de la inversión en I+D, la inversión en estas actividades, las personas dedicadas a este tema y el crecimiento del PIB, en 20 países miembros de la OCDE y 10 países no miembros en el período 1981-1997. Soportó el análisis en información publicada en la oficina de patentes de EE.UU, bases de datos de la OCDE, el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional. Los resultados de este estudio sugieren una relación positiva entre el PIB per cápita y la innovación, tanto en países miembros y no miembros de la OCDE, mientras que el efecto de la inversión en I+D sobre la innovación es significativa sólo en los países de la OCDE con grandes mercados. Según lo reportado por este autor un 1% de incremento de inversión en I+D aumenta en 0.2% la innovación en los países

miembros de la OCDE. Para el caso de los países no miembros la relación no es significativa. Igualmente un aumento de 1% en innovación genera un incremento de 0.05% de ingresos per cápita en todos los países. Samini (2009) realizó una regresión de panel de datos con información del periodo 2000 a 2006 para 30 países en desarrollo, utilizando datos publicados por el Banco Mundial y la UNESCO. Analizó, entre otros, el gasto del gobierno en I+D, número de investigadores por millón de habitantes y resultados de investigación de diferente tipo, intentando predecir su efecto sobre el crecimiento económico. La conclusión del estudio fue que no había significancia estadística para ninguno de ellos. Por su parte, Gyekye (2013), utilizando información publicada por el Banco Mundial del periodo 1997-2007, realizó un panel de datos de países en desarrollo de África Subsahariana, con las variables inversión en I+D, inversión en capital fijo, población económicamente activa y el crecimiento del PIB. Como resultado publicó, entre otros, que para esos países, aumentos del 1% de inversión en I+D generan un PIB superior de 0,326%, siendo éste estadísticamente significativo.

### 3. MÉTODO

Se realizó un panel de datos de países de Latinoamérica los cuales se seleccionaron con base en la disponibilidad de información sobre inversión en I+D para el periodo 1999-2011. A partir del Observatorio Económico Latinoamericano se tomó información proveniente del Banco Mundial para los países seleccionados, a saber: Argentina, Colombia, Brasil, México y Panamá. Se utilizó la información sobre Producto Interno Bruto, inversión en I+D y formación bruta de capital, todos en millones de dólares a valores constantes. Los datos de personas dedicadas a I+D por millón de habitantes se utilizaron como tal. Se tomaron como variables control la inversión extranjera directa en millones de dólares constantes, la población económicamente activa por millón de habitantes a la cual se le restaron las personas dedicadas a I+D por millón de habitantes y el grado de exposición al comercio exterior como variable dummy tomando las exportaciones como porcentaje del PIB con límite del 15%. La estimación de la regresión se realizó utilizando la técnica de panel de datos dado que ésta presenta ventajas al permitir analizar efectos individuales y efectos temporales, así como tener en cuenta y controlar la heterogeneidad individual.

El modelo se estimó partiendo de una simple función de producción Cobb –Douglas (1928) con período muestral de 1999-2011.

$$PIB_{it} = e^{\alpha_i} PIB_{it-1}^{\beta_1} L_{it}^{\beta_2} K_{it}^{\beta_3} ID_{it}^{\beta_4} X_{it}^{\beta_5} U_{it}$$

Donde:

PIB= Producto interno bruto en el país *i* en el periodo *t*.

L= Personas por millón de habitantes dedicado a I+D en el país *i* en el periodo *t*.

K= Inversión medida en formación fija de capital en el país *i* en el periodo *t*.

ID= Inversión en I+D en el país *i* en el periodo *t*.

X= Conjunto de variables control en el país *i* en el periodo *t*.

(1) Puede ser reescrita de manera lineal de la siguiente manera:

$$\ln(PIB_{it}) = \alpha_i + \beta_1 \ln(PIB_{it-1}) + \beta_2 \ln(L_{it}) + \beta_3 \ln(K_{it}) + \beta_4 \ln(ID_{it}) + \beta_5 \ln(X_{it}) + u_{it}$$

(2)

Donde:

$B_{i's}$  = Es el coeficiente de la elasticidad con respecto al PIB, de cada una de las variables explicativas.

Se realizó una regresión con panel de datos para estimar los coeficientes  $\beta$  (elasticidades) del modelo, por considerarla la técnica más apropiada para este tipo de investigaciones, al permitir usar secciones transversales y series de tiempo dimensionales de manera simultánea.

El modelo de regresión para el análisis de panel de datos se indica de la siguiente manera:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + U_{it},$$

$$U_{it} = \mu_i + v_{it}$$

Donde:

$\mu$  incluye los efectos fijos que se observan entre las características de los países.

$$v_{it} \sim \text{IID} (0, \sigma^2)$$

$E(U_i) = 0$  y tiene una varianza constante.

Para obtener las estimaciones de los efectos de las variables independientes de I+D (ID), trabajo dedicado a I+D (L), inversión (K), PIB rezagado y variables control se utilizó un método de estimación robusta bajo efectos fijos (FE). Se estimó el modelo de efectos aleatorios (RE) y se aplicó la prueba de Hausman la cual determinó que se prefiere evaluar el modelo bajo efectos fijos. Entre algunas variables como PIB rezagado y K, así como PIB rezagado e IED, se encontró una correlación alta, se estimó el VIF y se procedió a eliminar del modelo las variables de menor significancia con alta correlación. El resultado del modelo ajustado presenta en las demás variables la misma significancia y signo de coeficiente que en el modelo inicial. Dado que los resultados del modelo presentan significancia estadística mayor a la mitad más de las variables contempladas, que estos resultados no son anti intuitivos y que el valor de R cuadrado no es muy elevado, se presentan los resultados del modelo inicial. Para realizar el análisis se utilizó el software estadístico R ®. Se procedió corriendo una regresión de 2 variables (PIB y K), a la cual se le fueron adicionando variables hasta llegar al modelo final.

#### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados de las regresiones se presentan en la Tabla 3, las cuales arrojaron un nivel de significancia del 5% con un intervalo de confianza del 95%.

Se encontró que no hay significancia estadística para las variables personal dedicado a I+D (L), inversión extranjera directa (IED), ni grados de exposición al comercio internacional. Se presenta una relación positiva y significancia estadística para la formación fija de capital (K), PIB rezagado y población económicamente activa por millón de habitantes. Igualmente se encontró una relación negativa con significancia estadística para la inversión en I+D respecto al PIB. Según el modelo, para los países del panel, *Ceteris paribus*, por cada aumento del 1% de formación fija de capital, el PIB aumenta 0,1276%, por cada aumento en 1% de la PEA el PIB es mayor en 0,9402%, y por cada aumento del 1% de la inversión en I+D el PIB disminuye en 0,0701%.

En el panel de datos realizado la variable inversión fija de capital presentó una significancia estadística positiva para el crecimiento del PIB de los países seleccionados. La formación fija de capital se refiere al crecimiento de los activos fijos o bienes duraderos que permiten la producción de otros bienes y servicios, por tanto es esperable que esté estrechamente ligada al crecimiento económico de los países al condicionar mayores producciones en el futuro, por lo que está vinculada con fuerza al crecimiento del PIB potencial y real de cada país (Góngora, 2012).

Respecto al personal dedicado a I+D por cada millón de habitantes, tal como se reportó en la regresión, esta variable no tuvo significancia estadística. Según la Cepal (2013), aunque la productividad laboral ha tenido incrementos en Latinoamérica en el periodo analizado, esta no se explicaría por mayor cantidad de personas dedicadas a I+D sino más bien por otros factores como la acumulación de stock de capital fijo que permitiría incrementar la productividad laboral y ésta el crecimiento económico. En este sentido lo encontrado por Jones (1995) complementaría la explicación pues según lo reportado por este autor para países desarrollados, la productividad total de los factores no se relaciona con el crecimiento de personas dedicadas a I+D.

Tabla 3: Resultados de regresiones Efectos fijos

Variable Dependiente: lnPIB							
Número de grupos: 5							
Número de Observaciones: 58							
Periodo: 1999-2011							
	Reg PIB~K	Reg PIB~K-L	Reg PIB~K-L-ID	Reg PIB~K-L-ID-IED	Reg PIB~K-L-ID-IED PEA	Reg PIB~K-L-ID-IED PEA-Expor	Reg PIB~K-L-ID-IED PEA-Expor-PIBrez
Ln(K)	0.4907 0.0000***	0.4201 0.0000***	0.3765 0.0000***	0.3759 0.0000***	0.3579 0.0000***	0.2572 0.0002***	0.1276 0.0034**
Ln(L)		0.2315 0.0012**	0.2721 0.0000***	0.1689 0.0148*	0.1112 0.1077	0.0411 0.5466	0.0701 0.0773
Ln(I+D)			-0.0659 0.2475	0.0877 0.3633	0.0970 0.1175	0.1127 0.0740 .	-0.0701 0.0364*
Ln(IED)				-0.0419 0.0560 .	0.0128 0.4992	0.0236 0.2220	0.0080 0.4747
Ln(PEA)					2.3021 0.0000***	4.0191 0.0000***	0.9402 0.0163*
PIBexport						-0.2276 0.0000***	0.0039 0.8236
Ln(PIBrez)							0.0046 0.0000***
Colombia	6.8573 0.0000***	6.4144 0.0000***	7.0213 0.0000***	7.0828 0.0000***	-23.3111 0.0006***	-44.4846 0.0000***	-9.7169 0.0000***
Argentina	0.1099 0.0052**	-2.535 0.0267*	-0.2528 0.0051**	-0.2790 0.0204*	0.2148 0.1940	0.3895 0.0173*	0.1291 0.1460
Brasil	0.9787 0.0000***	0.7946 0.0000***	1.0569 0.0000***	0.6731 0.0094**	0.8856 0.0002***	0.9813 0.0000***	0.6212 0.0000***
Mexico	0.7782 0.0000***	0.7556 0.0000***	0.9872 0.0000***	0.6960 0.0000***	1.3660 0.0000***	2.0516 0.0000***	0.7188 0.0007***
Panama	-1.1397 0.0000***	-1.1909 0.0000***	-1.4179 0.0000***	-1.1932 0.0000***	-0.7469 0.0000***	-0.6402 0.0000***	-0.3566 0.0000***
R-cuadrado	0.7507	0.7662	0.7238	0.7677	0.7572	0.7574	0.7983
Error residual estandar	0.0518 con 53 grados de libertad	0.0443 con 52 grados de libertad	0.0386 con 51 grados de libertad	0.04617 con 50 grados de libertad	0.0350 con 49 grados de libertad	0.0358 con 48 grados de libertad	0.02848 con 46 grados de libertad

Codigos de significancia 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.'

Aghnion y Howitt (1998) explicaron este hallazgo al determinar que esto se debe a que el crecimiento de la complejidad tecnológica requiere inversiones constantes de I+D para mantener las tasas de innovación de los productos y que dados los aumentos de la cantidad de productos, el incremento marginal de cada innovación en cada uno de ellos es decreciente sobre el aporte al crecimiento de la economía y del stock de I+D. Por ende sugieren observar mejor el efecto de la inversión en I+D que el de personas dedicadas a estas actividades.

La relación negativa con significancia estadística de la inversión en I+D con el tamaño del PIB reportada en los resultados de la regresión es similar a lo reportado por Wang (2013), contraria a lo reportado por Marroquín (2012) y Gyekye (2013), y no concuerdan con lo publicado para países en desarrollo por otros autores como como Birdsall y Rhee (1993), Ulku (2004) y Samini (2009) quienes afirman que no hay significancia.

Birdsall y Rhee (1993) hallaron una fuerte relación entre la inversión en I+D, el nivel de ingreso y el stock inicial de I+D. Los países en desarrollo pueden experimentar procesos de crecimiento acelerados al adoptar capital y *know how* ya existente en economías desarrolladas. Los incrementos marginales del aporte de estas adopciones son mayores en los países en desarrollo que en los más avanzados, lo que permite que se dé el fenómeno de “catch up” el cual se describe como un crecimiento acelerado de las economías en desarrollo respecto las desarrolladas, proceso que se va atenuando mientras más cerca se está de estas últimas (OCDE, 2004). En ese orden de ideas, los incrementos de stocks de capital físico en los países de la muestra pueden presentar un aporte marginal mayor al crecimiento que los aumentos de stocks de capital en los países de altos ingresos y por tal razón tienen menores incentivos para invertir en I+D en busca de mayor productividad del stock de capital existente; por ende, los países analizados habrían acumulado menores stocks de I+D en comparación con países desarrollados. Esos menores stocks de I+D no permitirían generar efectos sobre el crecimiento dada la baja capacidad de influir en procesos de innovación. Dado el resultado significativo y positivo de la inversión de capital físico y la significancia negativa de la inversión en I+D respecto el PIB, esta sería la explicación más sólida del comportamiento observado en esta investigación.



También pueden existir otras causas como las que se describen a continuación, pero su solidez no es alta por lo cual se plantean con el único interés de dejar abierta la discusión respecto a una posible multicausalidad del efecto de I+D sobre el crecimiento del PIB. Por ejemplo, el bajo nivel de inversión en I+D que realizan los países de la muestra. En los países seleccionados, se realizaron inversiones en I+D respecto al PIB por debajo de la media de los países miembros de la OCDE. Mientras la media de inversión en I+D respecto al PIB de los países miembros de la OCDE para el periodo analizado fue de 2,33%, la de Argentina fue del 0,47%, Brasil 1,04%, Colombia 0,17%, México 0,40% y Panamá 0,28%. La media de Latinoamérica y el Caribe fue de 0,63%. De hecho podría estarse presentado lo encontrado por Jones y William (1998) en el sentido que el nivel de inversión de I+D sea inferior al óptimo para estos países. Estos autores desarrollaron un modelo de crecimiento endógeno esperando un retorno del 30% para la inversión en I+D, luego de estimarlo encontraron que el nivel de inversión óptima en I+D debía ser entre 2 y 4 veces mayor que el que presentaban los países desarrollados en el momento de análisis, que según el Banco Mundial (2014) era de 2,24% del PIB en el año 1998.

Algunos autores plantean que dependiendo de la fuente de financiación de la Inversión en I+D se facilita o se obstaculiza el crecimiento económico. Por ejemplo, Kealey (1996) plantea que si la inversión es pública podría obstaculizar el crecimiento. Según la Ricyt (2014) la inversión en I+D tiene un fuerte aporte de fondos públicos equivalente en promedio al 51% del total de inversión de este tipo para la selección de países en el periodo analizado y solo un 28% de la misma se da en empresas (la cual incluye fondos públicos). Por su parte Sywester (2001) encuentra que independiente de si la inversión en I+D es pública o privada la relación es positiva con el crecimiento económico pero sólo para los países desarrollados, lo cual puede deberse al tipo de actividades de I+D en las cuales se invierte, que para los países desarrollados principalmente son de desarrollo experimental mientras que para los países en desarrollo son actividades de investigación básica y aplicada.

Westmore (2013) plantea que la inversión en I+D podría generar crecimiento económico pero que éste dependería más del marco de políticas que de la inversión en sí. Es decir, según este autor lo que se espera es que las políticas permitan

generar derrames a otros sectores de la economía que permiten incrementos de la PTF. En efecto, Cruz, Sanz y Romero (2004) habían encontrado en un estudio de políticas comparadas de ciencia y tecnología entre algunas comunidades autónomas españolas, que el tipo de política implementada afecta su impacto sobre el desarrollo económico de las regiones. Para los autores, existen 3 tipos de política en I+D: empresariales, académicas y mixtas. La primera se relaciona con un mejor desempeño económico de las regiones que la implementaron comparada con la segunda. Los resultados de las políticas mixtas son variables dependiendo de los orígenes de las mismas -si nacieron a partir de empresariales o académicas-.

Tal como lo reportan Nadiri (1993) y Wang (2013), los sectores en los cuales se invierte en I+D presentan diferencias en la intensidad del aporte que realizan al crecimiento económico. Por su parte, Ejermo et al (2011) afirman según lo observado en Suecia, que la inversión en I+D afecta positivamente el crecimiento cuando se hace en industrias de alta productividad, pero no se orienta en las de baja productividad, lo que generaría como efecto que el impacto de la I+D sobre el crecimiento económico de los países sea menor al potencial. Dado que los países de la muestra concentran la producción y exportaciones en productos de baja productividad (Cepal, 2013), valdría la pena analizar en próximos estudios el efecto de la I+D por sectores en esta región.

Según Birdsall y Rhee (1993) la inversión en I+D es un vehículo de crecimiento cuando un país alcanza determinado umbral de prosperidad económica. Esto concuerda con Wang (2013) quien va más allá y reporta que incluso en industrias de alta productividad las inversiones en I+D generan rendimientos positivos y significativos para el crecimiento económico de países dependiendo de los ingresos per cápita, siendo en los de mayores ingresos en los que los efectos serían significativos y positivos. Esto se complementa con lo reportado por Ulku (2004) quien dice que la relación positiva entre la inversión en I+D y el crecimiento económico se da sólo en aquellos países que tienen acceso a grandes mercados. En este sentido los países seleccionados de América Latina no cumplen con condiciones de nivel de ingreso ni de sectores de alta productividad ni de acceso a grandes mercados, con lo cual también se pueden plantear nuevas investigaciones que analicen de manera profunda este aspecto.

Finalmente, la estimación a partir de un modelo lineal pudo no captar el impacto de la inversión en I+D sobre el crecimiento económico por diferentes restricciones. Pessoa (2010) plantea que el hecho de intentar captar en un modelo lineal el impacto de la inversión en I+D sobre el crecimiento económico puede ser restrictivo pues se pueden omitir factores en la regresión. Por su parte Comin (2004) plantea que hay factores que pueden ser omitidos en regresiones típicas que afectan al mismo tiempo la PTF y los incentivos para invertir en I+D, como por ejemplo las prácticas de gestión organizacional. En ese sentido Cornet (2004) afirma que las estimaciones en materia de I+D están sujetas a errores de medición pues las especificaciones econométricas no permiten diferenciar derrames intencionales y no intencionales, es decir entre flujos de conocimiento que llegan al mercado y los flujos de conocimiento que no lo hacen.

## 5. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue evaluar si existe una relación significativa y positiva entre la Inversión en I+D y un mayor PIB en países en desarrollo, específicamente algunos seleccionados de la región de Latinoamérica. Los resultados obtenidos muestran que la relación entre inversión en I+D y tamaño del PIB es negativa y significativa, y que la relación de PIB y el número de personas dedicadas a I+D por millón de habitantes no es significativa. La causa más sólida para explicar este resultado se basa en el efecto “catch up” asociado a la inversión en capital físico que permite incrementos marginales mayores de crecimiento en los países en desarrollo que en los desarrollados. Esto genera incentivos en los países en desarrollo a invertir en capital antes que en I+D, con lo cual los stock de I+D de los países en desarrollo no son suficientes para aportar al incremento del PIB vía innovación. También se plantean otras posibles causas aunque sólo con la intención de dejar abierta la discusión académica para un posterior análisis, entre las cuales se encuentran:

- El nivel de inversión en I+D en estos países es más bajo que el óptimo necesario para que este tenga efecto en el crecimiento económico.

- Los sectores en los cuales se invierte en I+D en los países de la muestra representan un bajo aporte al crecimiento económico por su bajo nivel de productividad.
- Los países no han alcanzado determinado umbral de prosperidad económica que les permita generar crecimientos económicos a partir de los resultados de la inversión en I+D.
- Las innovaciones que se logran en estos países producto de la I+D no tienen acceso a grandes mercados por lo cual no retribuyen con crecimiento económico a los países donde se generan.
- La financiación de la I+D se soporta en un alto porcentaje de fondos públicos lo cual podría obstaculizar el crecimiento.
- Las políticas no permiten generar derrames a otros sectores de la economía que conduzcan a incrementos de la PTF.

De validarse las anteriores causas en siguientes estudios, para lograr el objetivo de tener un mayor crecimiento apoyados en inversión en I+D, los países analizados podrían profundizar y ajustar sus reformas en materia de fomento de ciencia y tecnología para que sus políticas generen derrames a otros sectores de la economía. En ese sentido deberían buscar incrementar la inversión pública y especialmente privada en actividades de I+D para aumentar su stock de I+D en sectores relevantes para el crecimiento económico, que tengan posibilidades de acceder a grandes mercados.

Con esta investigación se amplía la información disponible respecto la inversión en I+D y su relación con el crecimiento de países en desarrollo, específicamente para Argentina, Brasil, Colombia, México y Panamá, sin embargo sus resultados no son concluyentes. Igualmente la estimación a partir de un modelo lineal pudo no captar el impacto de la inversión en I+D sobre el crecimiento económico por las restricciones que puede tener al omitir factores en la regresión.

## BIBLIOGRAFÍA

Aghnion, P., and Howitt, P., 1992. "A model of growth through creative destruction" *Econometrica* 60(2), p. 323-351

Aghnion, P., and Howitt, P., 1997. "Endogenous Growth Theory". Cambridge Massachuset. The Mit Press

Arbeláez, A. 2010. "Innovation, R&D Investment and Productivity in Latin American and Caribbean Firms: The Colombian Case." Mimeographed document.

Banco Mundial, 2014: URL: <http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS/countries/1W?display=graph> consultado 14/2/14 hora 19:55

Benavente, J., and Bravo, C., 2009. "Innovation, R&D Investment and Productivity in Latin American and Caribbean Firms: The Chilean Case." Washington, DC, United States: Latin American and Caribbean Research Network, Inter-American Development Bank.

Bridsall, N., and Rhee, C., 1993. "Does Research and Development Contribute to Economic Growth in Developing Countries?". Banco Mundial, Departamento de Investigación en Política, Working Paper 1221.

Cepal, 2013: Estudio Económico de América Latina y el Caribe. Tres décadas de crecimiento desigual e inestable. Santiago de Chile, Cepal

Cepal, 2014. Panorama Económico y Social de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños. Santiago de Chile, Cepal

Cobb, C., and Douglas, P., 1928. "A Theory of Production". *American Economic Review*, 18 (Supplement), p. 139-165. URL: <http://www.aeaweb.org/aer/top20/18.1.139-165.pdf> Consultado 12/12/13

Comin, D., 2004. "R&D: A small contribution to productivity growth", *Journal of Economic Growth*, 9: p. 391-421

Cornell University, INSEAD, and WIPO, 2013. "The Global Innovation Index 2013: The Local Dynamics of Innovation". Geneva, Ithaca, and Fontainebleau.

Cornet, M.F., and van de Ven, 2004. "The market for new technology", in B. Jacobs and JJM Theeuwes, "Innovation in the Netherlands: the market lingers and the government fails" preliminary reports from The Royal Society for Political Economy in 2004, KVS, Amsterdam.

Crespi, G., and Zuñiga, P., 2010. "Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries". IDB Working Paper Series No. IDB-WP-218

Cruz, L., Sanz, L., Romero, M., 2004. "Convergencia y divergencia en las políticas de ciencia y tecnología de los gobierno regionales". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Documento de trabajo 04-02.

Dowrick, S., and Duc-Tho N., 1989. "OECD Comparative Growth". *American Economic Review*, LXXIX, December, p. 1010-1030

Ejermo, O., Kander, A., Svensso, M., 2011. "The R&D growth paradox arises in fastgrowing sectors" *Research Policy*. 40, p. 664-672.

Gerryts B. A., and Buys A. J., 2008. "R&D as a source of innovation in South Africa". Portland International Centre for Management of Engineering and Technology (PICMET) conference 2008: Technology Management for Sustainable Economies, Cape Town, South Africa, 27-31 July: p. 337-343.

Góngora, J. P., 2012. "La formación bruta de capital fijo en México". *Comercio Exterior*, 62(6), Noviembre y Diciembre 2012: p. 7-9.

Greenhalgh, C., Longland, M., and Bosworth, D., 2001. "Technology activity and employment in panel of UK firms". *Scottish Journal of Political Economy*, 48(3), p. 260-282.

Griliches, Z., 1992. "The search for R&D spillovers". *Scandinavian Journal of economics*. 94, p. 29-47.

Gyekye, A., Oseifuah, E., and Vukor, G., 2013. "The Impact of Research and Development on Socio-Economic Development: Perspectives from Selected Developing Economies". *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences (JETEMS)* 3(6): p. 915-922.

Jones, C., 1995. "Time Series Test of Endogenous Growth Models". *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), p. 495-525.

Jones, C., Williams, J.C., 1998. "Measuring the social returns to R&D". *Quarterly Journal of Economics*, 113, p. 1119-1135.

Kealey, T., 1996. "The economic laws of scientific research". Macmillan, London.

López, A., and Arza, V., (2010). "Innovation and Productivity in the Argentine Manufacturing Sector." IDB Working Paper 187. Washington, DC, United States: Inter-American Development Bank.

Marroquín, J., y Rios, H., 2012. "Inversión en investigación y crecimiento económico: un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+D". *Investigación Económica*, vol. LXXI, N° 282, Octubre-Diciembre, 2012, p. 15-33

Maza, A., Villaverde, J., y Hierro, H., 2013. "Exploring the link between R&D and economic growth: Evidence from the Spanish provinces". Universidad de Cantabria. Departamento de Economía. URL: [http://www.researchgate.net/publication/23732425\\_Exploring\\_the\\_relation\\_between\\_technology\\_and\\_growth\\_The\\_Spanish\\_experience](http://www.researchgate.net/publication/23732425_Exploring_the_relation_between_technology_and_growth_The_Spanish_experience) Consultado 12/12/13

Nadiri, I., 1993: NBAR Working Paper Series: Innovations and Technological Spillovers. National Bureau of Economics Research, Working Paper 4423.

OBELA, 2014. Base de datos de América Latina 1965 – 2012. URL: <http://obela.org/datos> Consultado 04/10/14

OCDE, 2002. “Frascati Manual: Proposed standard practice for surveys on research and experimental development”. OECD Publishing. Paris

OCDE, 2004. “Understanding Economic Growth-Macro Level, Industry Level, Firm Level” OECD Publishing. Paris

OCDE, 2005. “Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data”. Organization for Economic Cooperation and Development, Statistical Office of the European Communities. OECD Publishing. Paris

Pessoa, A., 2010. “R&D and economic growth: How strong is the link?” *Economics Letters*, 107(2010), p. 152-154

Quiñonez, A., 2011: “Ayuda oficial al desarrollo científico-tecnológica: una evaluación macroeconómica de la distribución geográfica y sectorial”. XIII Reunión de Economía Mundial, 25, 26 y 27 de mayo de 2011. *Escuela Universitaria de Estudios Empresariales*. Universidad del País Vasco.

Ricyt., 2014. Base de datos, Indicadores de Insumo. URL: <http://db.ricyt.org/query/AR,BO,BR,CA,CL,CO,CR,CU,EC,ES,GT,MX,PA,PT,PY,SV,US,UY,AL,IB/1990%2C2011/GASIDSFPER> Consultado 04/10/14.

Romer, P. M., 1986. “Increasing Returns and Long Run Growth”. *Journal of Political Economy*, 94 (5), p. 1002-10037.

Romer, P. M., 1990. “Endogenous technological change”. *Quartely Journal of Economics*, n° 98 (S), p. S71-S102



Samini, A. J., and Alerrasoul S. M., 2009. "R&D and Economic Growth: New Evidence from Some Developing Countries". Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4): p. 3464-3469.

Schumpeter, J. A., 1996. "The Theory of Economic Development". Transaction Publishers: 1996 reprint (originally published 1934).

Solow, R. M., 1957. "Technical Change and the Aggregate Production Function". Review of Economics and Statistics, 39 (3): p. 312-20.

Stratmann, T., 2005. "The cost to the nation of underinvestment in educational R&D". New America Foundation. Spectrum Series Working Paper N°10.

Smith, A., [1776] 1981. "An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations". Indianapolis: Liberty Press.

Sywester, K., 2001. "R&D and economic growth". Knowledge, Technology, and Policy, 13(4), p. 71-84.

Tidd, J., 2006. "Innovation Models". Tanaka Business School, Imperial College London, Paper 1.

Ulku, H., 2004. "R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis". IMF Working Paper, WP/04/185.

Wang, D., Yu, T., Liu, H., 2013: "Heterogeneous effect of high-tech industrial R&D spending on economic growth". Journal of Business Research, n° 66, p.1990-1993.

Westmore, B., 2013. "R&D, patenting and growth: The role of public policy". OECD. ECO/ Working Paper 39.

## ANEXOS

### Estadística Descriptiva General

variable	obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
país	0				
paísano	58	2005.862	3.724967	1999	2011
PIBconstantes	58	433370.2	384034.3	12193	1096754
Kconstantes	58	92039.71	85333	2111	232535
Lpersonaspor	58	392.8113	297.8456	87.50159	1178.475
IDconstantes	58	2811.948	3574.77	35	12727
IEDconstantes	58	12224.91	11306	103.452	39098.71
PEAsinIDpor	58	456565.9	45984.95	382252.1	542919.9
PIBconsREZ	58	435856.5	381791.9	12193	1096754
PIBexpor15	58	.7931034	.4086186	0	1

#### PIBconstantes

Percentiles		Smallest		
1%	12193	12193		
5%	12596	12524		
10%	14427	12596	Obs	58
25%	127840	12876	Sum of wgt.	58
50%	190948		Mean	433370.2
		Largest	Std. Dev.	384034.3
75%	822580	972980	Variance	1.47e+11
90%	932747	1019917	Skewness	.3294104
95%	1019917	1023276	Kurtosis	1.34564
99%	1096754	1096754		

#### PIBexpor15

Percentiles		Smallest		
1%	0	0		
5%	0	0		
10%	0	0	Obs	58
25%	1	0	Sum of wgt.	58
50%	1		Mean	.7931034
		Largest	Std. Dev.	.4086186
75%	1	1	Variance	.1669691
90%	1	1	Skewness	-1.447136
95%	1	1	Kurtosis	3.094203
99%	1	1		

Kconstantes

Percentiles		Smallest		
1%	2111	2111		
5%	2513	2232		
10%	2944	2513	Obs	58
25%	19094	2760	Sum of wgt.	58
50%	45695.5		Mean	92039.71
		Largest	Std. Dev.	85333
75%	192698	223096		
90%	215256	225155	Variance	7.28e+09
95%	225155	229660	Skewness	.4388389
99%	232535	232535	Kurtosis	1.474324

Lpersonaspormillon

Percentiles		Smallest		
1%	87.50159	87.50159		
5%	92.02821	88.56347		
10%	93.80385	92.02821	Obs	58
25%	136.3493	93.44177	Sum of wgt.	58
50%	325.4173		Mean	392.8113
		Largest	Std. Dev.	297.8456
75%	611.9571	983.4647		
90%	824.5736	1046.55	Variance	88712
95%	1046.55	1092.279	Skewness	.880555
99%	1178.475	1178.475	Kurtosis	2.812996

I/Dconstantes

Percentiles		Smallest		
1%	35	35		
5%	37	35		
10%	43	37	Obs	58
25%	150	38	Sum of wgt.	58
50%	913.5		Mean	2811.948
		Largest	Std. Dev.	3574.77
75%	3465	10655		
90%	8569	11402	Variance	1.28e+07
95%	11402	11900	Skewness	1.328948
99%	12727	12727	Kurtosis	3.623338

IEDconstantes

Percentiles		Smallest		
1%	103.452	103.452		
5%	672.392	498.277		
10%	966.732	672.392	Obs	58
25%	2785.282	804.163	Sum of wgt.	58
50%	6798.819		Mean	12224.91
		Largest	Std. Dev.	11306
75%	20965.78	31606.19		
90%	28759.46	31733.44	Variance	1.28e+08
95%	31733.44	37133.17	Skewness	.6945142
99%	39098.71	39098.71	Kurtosis	2.153114

PEAsinI/Dpormillon

Percentiles		Smallest		
1%	382252.1	382252.1		
5%	385083.5	383204		
10%	391441	385083.5	Obs	58
25%	416671.5	387017.4	Sum of wgt.	58
50%	466082.3		Mean	456565.9
		Largest	Std. Dev.	45984.95
75%	488794.8	527808.2		
90%	516762.2	532962.1	Variance	2.11e+09
95%	532962.1	537909.5	Skewness	-.0834354
99%	542919.9	542919.9	Kurtosis	1.896278

PIBconsREZ

Percentiles		Smallest		
1%	12193	12193		
5%	12596	12524		
10%	14427	12596	Obs	58
25%	132849	12876	Sum of wgt.	58
50%	190948		Mean	435856.5
		Largest	Std. Dev.	381791.9
75%	822580	972980		
90%	932747	1019917	Variance	1.46e+11
95%	1019917	1023276	Skewness	.3315096
99%	1096754	1096754	Kurtosis	1.348973

PIBexpor15

Correlacion de variables

	PIBcon~s	Kconst~s	Lperso~n	IDcons~s	IEDcon~s	PEAsin~n	PIBcon~Z	PIBex~15
PIBconstan~s	1.0000							
Kconstantes	0.9695	1.0000						
Lpersonasp~n	0.2735	0.1836	1.0000					
IDconstantes	0.8493	0.7179	0.3586	1.0000				
IEDconstan~s	0.8977	0.8952	0.1572	0.7617	1.0000			
PEAsinIDpo~n	-0.2912	-0.4305	0.2259	0.0335	-0.2952	1.0000		
PIBconsREZ	0.8586	0.8226	0.1775	0.7290	0.7327	-0.2735	1.0000	
PIBexpor15	-0.3845	-0.2431	-0.2668	-0.6644	-0.3869	-0.2311	-0.3074	1.0000

Regresión PIB~K

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.276498	-0.037133	0.001149	0.037206	0.385069

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	6.85736	0.43556	15.744	< 2e-16 ***
log(Kconstantes)	0.49078	0.04226	11.614	3.48e-16 ***
dargentina	0.10995	0.03779	2.910	0.00528 **
dbrasil	0.97870	0.07946	12.316	< 2e-16 ***
dmexico	0.77824	0.09013	8.634	1.10e-11 ***
dpanama	-1.13971	0.09690	-11.762	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0518 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.7507

## Regresión PIB~K-L

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    6.41443    0.43316  14.808 < 2e-16 ***
log(Kconstantes) 0.42019    0.05146   8.165 6.99e-11 ***
log(Lpersonaspormillon) 0.23154    0.06804   3.403 0.00129 **
dargentina    -0.25350    0.11120  -2.280 0.02676 *
dbrasil       0.79464    0.08357   9.509 5.74e-13 ***
dmexico       0.75567    0.08623   8.764 8.07e-12 ***
dpanama      -1.19062    0.08833 -13.479 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04431 on 52 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7662

```

## Regresión PIB~K-L-ID

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    7.02130    0.29274  23.985 < 2e-16 ***
log(Kconstantes) 0.37652    0.04157   9.057 3.37e-12 ***
log(Lpersonaspormillon) 0.27217    0.05477   4.969 7.96e-06 ***
log(I.Dconstantes) -0.06596    0.05639  -1.170 0.24759
dargentina    -0.25285    0.08656  -2.921 0.00519 **
dbrasil       1.05690    0.16348   6.465 3.81e-08 ***
dmexico       0.98725    0.12304   8.024 1.33e-10 ***
dpanama      -1.41798    0.08647 -16.399 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.03861 on 51 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7238

```

## Regresión PIB~K-L-ID-IED

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    7.08282    0.38343  18.472 < 2e-16 ***
log(IEDconstantes) -0.04196    0.02145  -1.956 0.05601 .
log(Kconstantes) 0.37595    0.06689   5.620 8.46e-07 ***
log(Lpersonaspormillon) 0.16895    0.06695   2.524 0.01484 *
log(I.Dconstantes) 0.08775    0.09566   0.917 0.36336
dargentina    -0.27903    0.11655  -2.394 0.02046 *
dbrasil       0.67312    0.24927   2.700 0.00943 **
dmexico       0.69601    0.16416   4.240 9.63e-05 ***
dpanama      -1.19325    0.08899 -13.409 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04617 on 50 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7677

```

Regresión PIB~K-L-ID-IED-PEA

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   -23.31118    6.40128   -3.642 0.000652 ***
log(IEDconstantes)  0.01283    0.01885    0.681 0.499236
log(PEAsinI.Dpormillon) 2.30214    0.51654    4.457 4.84e-05 ***
log(Kconstantes)  0.35790    0.05732    6.243 9.85e-08 ***
log(Lpersonaspormillon) 0.11126    0.06792    1.638 0.107783
log(I.Dconstantes)  0.09700    0.06089    1.593 0.117557
dargentina     0.21485    0.16316    1.317 0.194039
dbrasil        0.88567    0.22713    3.899 0.000293 ***
dmexico        1.36608    0.26519    5.151 4.59e-06 ***
dpanama        -0.74699    0.09383   -7.961 2.19e-10 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.03506 on 49 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7572

```

Regresión PIB~K-L-ID-IED-PEA-Export

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -44.48469    8.43958   -5.271 3.18e-06 ***
log(IEDconstantes)  0.02366    0.01913    1.237 0.222005
log(PEAsinI.Dpormillon) 4.01911    0.67938    5.916 3.37e-07 ***
log(Kconstantes)  0.25729    0.06551    3.928 0.000274 ***
log(Lpersonaspormillon) 0.04111    0.06771    0.607 0.546627
PIBExpor15    -0.22767    0.04830   -4.714 2.12e-05 ***
log(I.Dconstantes)  0.11276    0.06174    1.826 0.074049 .
dargentina    0.38951    0.15804    2.465 0.017349 *
dbrasil       0.98133    0.22261    4.408 5.84e-05 ***
dmexico       2.05165    0.30116    6.812 1.43e-08 ***
dpanama       -0.64025    0.11158   -5.738 6.28e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.03587 on 48 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7574

```

Regresión PIB~K-L-ID-IED-PEA-Export -PIBrez

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -9.716986    4.477658   -2.170 0.035199 *
log(PIBconsREZ)  0.664658    0.067729    9.813 7.38e-13 ***
log(IEDconstantes)  0.008097    0.011237    0.721 0.474798
log(PEAsinI.Dpormillon) 0.940214    0.377292    2.492 0.016368 *
log(Kconstantes)  0.127605    0.041426    3.080 0.003484 **
log(Lpersonaspormillon) 0.070137    0.038815    1.807 0.077312 .
PIBExpor15    0.003994    0.017815    0.224 0.823609
log(I.Dconstantes) -0.070104    0.032537   -2.155 0.036463 *
dargentina    0.129117    0.087326    1.479 0.146074
dbrasil       0.621251    0.145191    4.279 9.42e-05 ***
dmexico       0.718838    0.199077    3.611 0.000751 ***
dpanama       -0.356643    0.082385   -4.329 8.01e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02848 on 46 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7983

```

Regresión PIB~ L-ID-IED-PEA-Export -PIBrez

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	-11.998408	4.030331	-2.977	0.00459	**
log(PIBconsREZ)	0.846767	0.055280	15.318	< 2e-16	***
log(IEDconstantes)	0.020909	0.007079	2.954	0.00489	**
log(PEAsinI. Dpormillon)	1.032020	0.347985	2.966	0.00473	**
log(Lpersonaspormillon)	0.065180	0.032773	1.989	0.05256	.
PIBexpor15	0.009382	0.013784	0.681	0.49945	
log(I. Dconstantes)	-0.043939	0.025555	-1.719	0.09212	.
dargentina	0.105384	0.073901	1.426	0.16047	
dbrasil	0.400722	0.143631	2.790	0.00759	**
dmexico	0.586739	0.197860	2.965	0.00474	**
dpanama	-0.152347	0.079493	-1.916	0.06140	.

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02727 on 47 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.767

Regresión PIB~ L-ID- PEA-Export -PIBrez

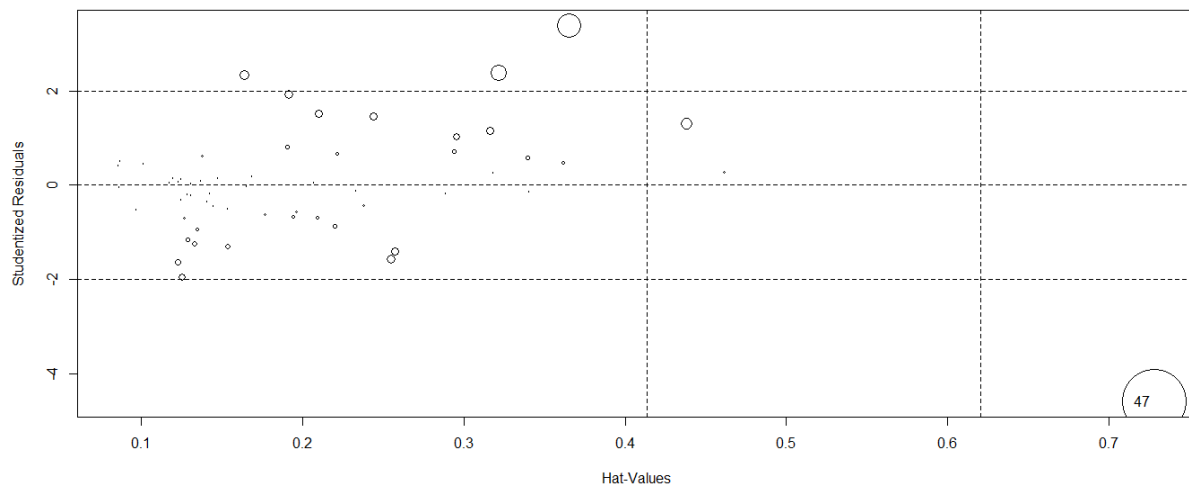
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	-13.36373	3.48017	-3.840	0.000360	***
log(PIBconsREZ)	0.88602	0.04877	18.167	< 2e-16	***
log(PEAsinI. Dpormillon)	1.12078	0.30024	3.733	0.000501	***
log(Lpersonaspormillon)	0.06189	0.03426	1.807	0.077082	.
PIBexpor15	0.01131	0.01434	0.788	0.434496	
log(I. Dconstantes)	-0.05836	0.02615	-2.232	0.030304	*
dargentina	0.12892	0.07231	1.783	0.080915	.
dbrasil	0.42963	0.13077	3.285	0.001907	**
dmexico	0.61941	0.17511	3.537	0.000908	***
dpanama	-0.10583	0.07631	-1.387	0.171925	

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02875 on 48 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.7567

Datos atípicos



## Do en R

```
datos=read.table(file.choose(),header=TRUE)
attach(datos)
datos[,1,]

modelo=lm(log(PIBconstantes)~log(PIBconsREZ)+log(IEDconstantes)+log(PEAsini.Dpormillon)+log(Kconstantes)+log(Lpersonaspormillon)+
+log(I.Dconstantes)+dargentina+dbrasil+dcolombiã+dmexico+dpanama)
summary(modelo)

datos=read.table(file.choose(),header=TRUE)
attach(datos)
datos[,1,]

modelo=lm(log(PIBconstantes)~log(IEDconstantes)+ log(PEAsini.Dpormillon)+
log(Kconstantes)+ log(Lpersonaspormillon)+
log(I.Dconstantes)+ dargentina+
dbrasil + dmexico +dpanama)

summary(modelo)
influence.measures(modelo)

library(car)
influencePlot(modelo)

library(robust)

modr=lmRob(modelo)

summary(modr)
```