

Gasto en ciencia, tecnología e innovación y su impacto en el crecimiento económico: Un análisis comparativo en torno a la membresía de la OCDE en el periodo 2000 – 2015¹.

Autor:

Cristian López Cardona²

Director³:

Alberto Méndez Morales

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

PROGRAMA DE ECONOMÍA

BOGOTÁ D.C.

2019

¹ Trabajo de grado derivado del proyecto de investigación ECO 2583: “Los sistemas financieros y la financiación de la actividad innovadora privada en países de la OCDE”.

² Estudiante del programa de Economía de la UMNG. Correo electrónico: u2101442@unimilitar.edu.co.

³ Quiero generar un agradecimiento especial al profesor Carlos Yanes Guerra quien aportó valiosos comentarios para la generación de los modelos utilizados en este trabajo de grado

Tabla de contenido

Resumen	1
Abstract	1
Introducción	2
Pregunta de investigación	3
Objetivos	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
Metodología	4
Marco teórico	11
¿Qué es el crecimiento económico?.....	11
¿Qué es la innovación?	12
Teoría evolucionista del crecimiento económico.....	13
Sistemas Nacionales de Innovación.....	15
Relación entre el crecimiento económico y la innovación.....	16
Resultados	20
Conclusiones	23
Recomendaciones	26
Bibliografía	27
Anexos	30

Resumen

En este documento se analiza el impacto que tiene la inversión en ciencia, tecnología e innovación, en el crecimiento económico de los países, esto basado desde la teoría evolucionista. Para poder empalmar la literatura con el objetivo del trabajo se usarán datos de 8 países, 4 que pertenecen a la OCDE y 4 que no, con los cuales, y mediante un modelo econométrico de datos panel, se establecerá susodicha relación. Con base en la literatura se evidencia una relación positiva entre la inversión realizada en I+D y el crecimiento económico, lo que es apoyado por los resultados encontrados.

Palabras clave: Innovación, crecimiento económico, teoría evolucionista, OCDE.

Clasificación JEL: B520, C100, O300, O400, O470.

Abstract

This document analyzes the impact of investment in science technology and innovation, in the economic growth of countries, based on evolutionary economics. To link the literature with the objective of the work, data from 8 countries, 4 belonging to the OECD and 4 that do not, will be used, with which, and through an econometric data panel model, the relationship between both variables will be established. Based on the literature, there is a positive relationship between the investment made in R & D and economic growth, which is supported by the results found.

Keywords: Innovation, economic growth, evolutionary economics, OECD.

Introducción

En la actualidad vemos como grandes potencias mundiales se han preocupado por mejorar sus Sistemas Nacionales de Innovación con el fin de mejorar en el aspecto de competitividad, lo cual, en el mundo globalizado en que vivimos, es un determinante del poder que pueda poseer un país o no en términos económicos, mientras tanto, otros países en vía de desarrollo no parecen realizar esfuerzos en esta área, por tanto, se ve una clara necesidad de estudiar a profundidad el impacto que generan los esfuerzos hechos en temas de innovación en el crecimiento económico. Por otro lado, con la llegada de Colombia al grupo selecto de la OCDE, se vuelve necesario estudiar si los países que hacen parte de susodicha organización tienen algún tipo de valor agregado frente a los países que no hacen parte en términos de innovación.

La Economía Evolutiva plantea que, a diferencia del pensamiento ortodoxo, la interacción con el entorno hace parte de los resultados, y que todo proceso pasado hace parte de la continua evolución. En temas de innovación, al retomar las ideas evolucionistas que dejaron autores como Schumpeter, Nelson y Winter, la literatura se centra en el tema de los cambios tecnológicos, asumiendo que, si hay algún tipo de cambio constante, habría un proceso evolutivo. La base de la teoría evolucionista se centra en interpretar los fenómenos de carácter económico de acuerdo con una interacción de múltiples agentes (empresas, individuos, Estado), en donde éstos siempre buscan explorar nuevos terrenos, tecnologías, estrategias y organizaciones.

Este documento se divide en cinco partes: en la primera se dará a conocer la metodología mediante la cual se ha realizado el presente documento; en la segunda se mostrará la fundamentación teórica bajo la cual está enmarcado el objetivo de este trabajo; en la tercer parte

se evidenciarán los resultados obtenidos al aplicar la metodología a la muestra de países seleccionados; en la cuarta parte se darán conclusiones con base en los resultados encontrados los cuales irán ligados al marco teórico escogido; por último están las recomendaciones que hace el autor para que tanto la comunidad académica, como también las empresas, tanto privadas como públicas, tengan en cuenta para sus futuros proyectos.

Lo que pretende el presente trabajo es demostrar que, de cierta medida, todo esfuerzo realizado en temas de innovación supone un impacto positivo en el crecimiento económico.

Pregunta de investigación

- ¿Es la innovación un factor que impacta positivamente en el crecimiento económico?

Objetivos

Objetivo general

Demostrar que las inversiones realizadas en temas de innovación tienen un impacto positivo sobre el crecimiento económico para los países de la muestra entre los años 2000 y 2015.

Objetivos específicos

1. Analizar el papel que juega el proceso innovador en el crecimiento económico bajo el marco de la teoría evolucionista.
2. Determinar el papel de los Sistemas Nacionales de Innovación en el proceso innovador.

3. Evaluar la relación entre crecimiento económico y el gasto en ciencia, tecnología e innovación.

Metodología

La teoría evolucionista dice que la innovación genera beneficios a las empresas de tal manera que este crecimiento le permite a las empresas aumentar su demanda de mano de obra, lo que a su vez disminuye el desempleo, aumenta los salarios reales, y con ello, aumenta el consumo, por tanto, de acuerdo con esta teoría, los esfuerzos invertidos en el proceso innovador generan un impacto en el crecimiento económico a través de la introducción de nuevos beneficios a las empresas.

El método de datos panel, o datos longitudinales, es un conjunto de datos donde se tiene una muestra de individuos a través del tiempo, y se incluyen múltiples observaciones o variables por cada uno (Hsiao, 2003). Para el presente trabajo se usará un modelo estático de panel de datos el cual está entre efectos aleatorios y efectos fijos, el cual se va a determinar por medio del test de Hausman, como también se realizará el test de Wald para determinar la presencia de heteroscedasticidad para que en dado caso de haberla pueda ser corregida, y se realizará una matriz de correlaciones de los regresores para evidenciar si hay o no multicolinealidad.

El modelo de efectos aleatorios asume que los "... efectos individuales no están correlacionados con las variables explicativas del modelo...", mientras que, el modelo de efectos fijos "... asume que el efecto individual esta correlacionado con las variables explicativas..." (Labra & Torrecillas, 2014, p. 16).

Para el modelo de efectos aleatorios (Ecuación 1.2) se utiliza el Método Generalizado de Momentos, en donde el estimador asume que los efectos individuales no están correlacionados con las variables independientes del modelo (Ecuación 1.1) (Labra & Torrecillas, 2014).

Ecuación 1.1

$$\text{corr}(\alpha_i, X) = 0$$

Siendo α_i los efectos individuales, y X las variables explicativas o independientes. Al final los efectos individuales se suman al término del error, entonces el modelo queda así:

Ecuación 1.2

$$Y_{it} = \beta X_{it} + (\alpha_i + \mu_{it})$$

El modelo de efectos fijos (Ecuación 2.2) por su parte emplea el estimador intragrupo, asumiendo totalmente lo contrario al modelo de efectos aleatorios en cuanto a que los efectos individuales si están correlacionados con las variables explicativas (Ecuación 2.1) (Labra & Torrecillas, 2014), es decir:

Ecuación 2.1

$$\text{corr}(\alpha_i, X) \neq 0$$

Entonces el modelo queda así:

Ecuación 2.2

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \mu_{it}$$

Este estimador permite evitar una sobreestimación de los β y conocer los α_i de manera individual (Labra & Torrecillas, 2014).

El modelo, tanto el de efectos aleatorios (Ecuación 3.1) como el de efectos fijos (Ecuación 3.2), aplicado a las variables del trabajo quedó de la siguiente manera:

Ecuación 3.1

$$crec_{it} = \beta_1 gerd_{it} + \beta_2 ocde + (\alpha_i + \mu_{it})$$

Ecuación 3.2

$$crec_{it} = \alpha_i + \beta_1 gerd_{it} + \beta_2 ocde + \mu_{it}$$

En donde *crec* es el crecimiento económico, *gerd* el gasto total en I + D, y *ocde* la *dummie* que representa la pertenencia a dicha organización con el mismo acrónimo.

Al aplicar el modelo reemplazando la variable independiente *gerd* por la variable *proxires* por problemas en la aplicación del modelo quedaría así (Ecuaciones 4.1 y 4.2):

Ecuación 4.1

$$crec_{it} = \beta_1 res_{it} + \beta_2 ocde + (\alpha_i + \mu_{it})$$

Ecuación 4.2

$$crec_{it} = \alpha_i + \beta_1 res_{it} + \beta_2 ocde + \mu_{it}$$

En donde *res* es el número total de investigadores.

La matriz de correlación muestra la relación que tiene cada variable con las demás, lo que permite establecer si hay multicolinealidad o no, esta matriz se usará para poder establecer la pertinencia del uso de la variable *proxires*.

El test de Hausman compara los β obtenidos por medio de los estimadores de los modelos de efectos fijos y efectos aleatorios, esto en busca de identificar si las diferencias entre

ellos son o no significativas. Este test calcula su estadístico a partir de las diferencias entre los β ponderados por la varianza. La hipótesis nula es: No hay diferencia sistemática entre los coeficientes. El criterio de rechazo sería: si $pvalue > chi^2$ es mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, no hay correlación entre los efectos individuales y las variables explicativas por lo cual se escoge el modelo de efectos aleatorios, mientras que, si se rechaza la hipótesis nula, se emplearía el estimador de efectos fijos (Labra & Torrecillas, 2014).

El test de Wald permite corroborar la heteroscedasticidad del modelo, su criterio de rechazo nos dice que: si rechazamos la hipótesis nula, hay heteroscedasticidad (Labra & Torrecillas, 2014).

Para el modelo a utilizar se han escogido 8 países, 4 pertenecientes a la OCDE los cuales son: Canadá, República Checa, Estonia y Hungría; y 4 que no hacen parte de dicha organización: Uzbekistán, Rusia, Chipre y Singapur, estas elecciones se realizaron de manera aleatoria y de acuerdo con la disponibilidad de los datos, los cuales fueron extraídos del Banco Mundial y la UNESCO.

Las variables utilizadas en el modelo son: crecimiento del PIB (variación anual expresada en dólares constantes del 2010); total del personal dedicado a investigación y desarrollo; una variable dummie para diferenciar los países que pertenecen a la OCDE y los que no, y, por último, una variable del crecimiento del PIB rezagada para posibles problemas de heteroscedasticidad que puedan presentarse. Es de mencionar el uso de otra variable con la cual se pretendía dar un contacto directo entre el crecimiento económico y el gasto en I+D que es el gasto total intramural en I+D o GERD (por sus siglas en inglés) en precios constantes del 2005 teniendo en cuenta la paridad de poder adquisitivo, sin embargo, debido a problemas con la

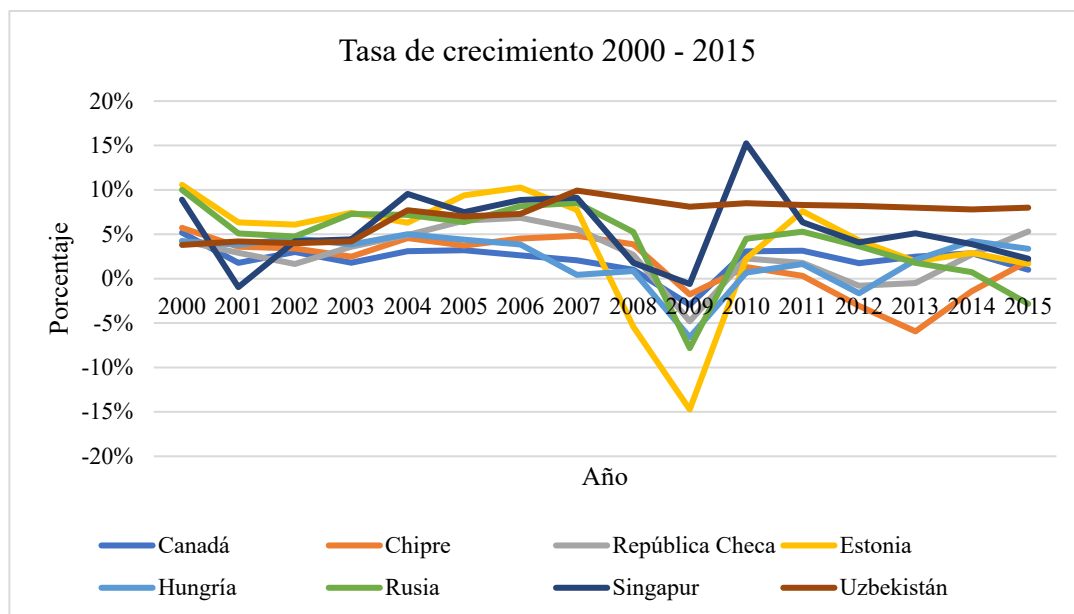
variable atribuidas posiblemente a endogeneidad, se tuvo que usar una variable proxy la cual es el total de investigadores.

En las Gráficas 1, 2 y 3 se puede ver como estaba cada país en términos de cada variable del modelo: crecimiento económico, personal total de I+D, y gasto en I+D, mientras que, en la Tabla 1 se tiene un resumen de estas variables en general. En el caso de los Gráficos 2 y 3 se ha optado por mostrar los datos en tasas de crecimiento dado el cambio de magnitud de unos países a otros.

Tabla 1. Resumen de las variables del modelo.

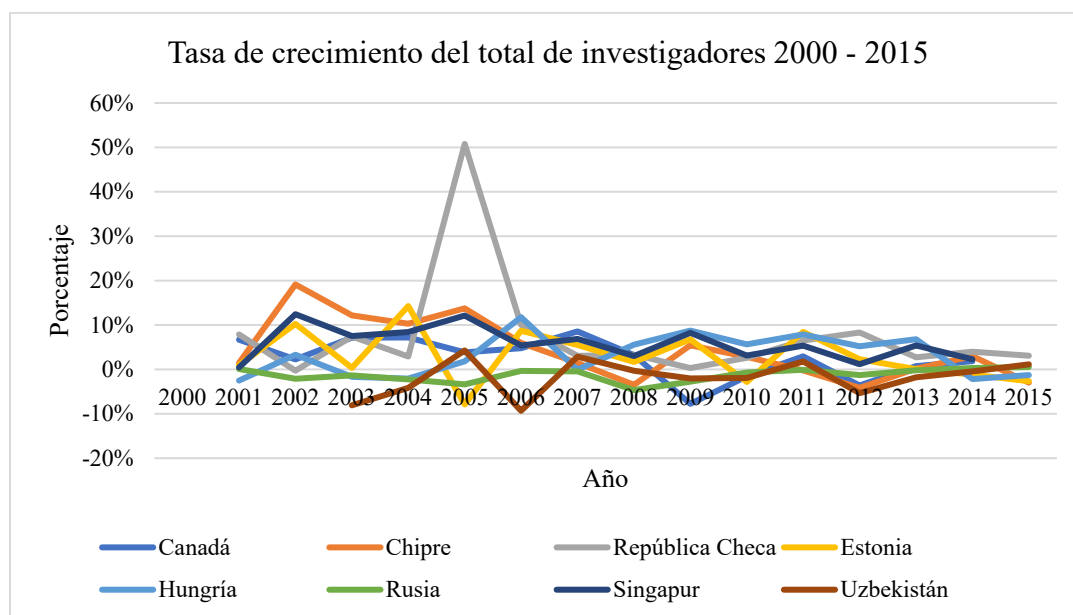
Variable	Nomenclatura	Observaciones	Promedio	Mínimo	Máximo
Crecimiento económico	crec	128	3,7442	-14,72	15,24
Total de investigadores	res	124	159.408,2	680	1.008.091
Dummie OCDE	ocde	128	0,5	0	1
GERD	gerd	127	6.827.400	38.877	24.190.510

Gráfica 1. Crecimiento económico 2000 – 2015.



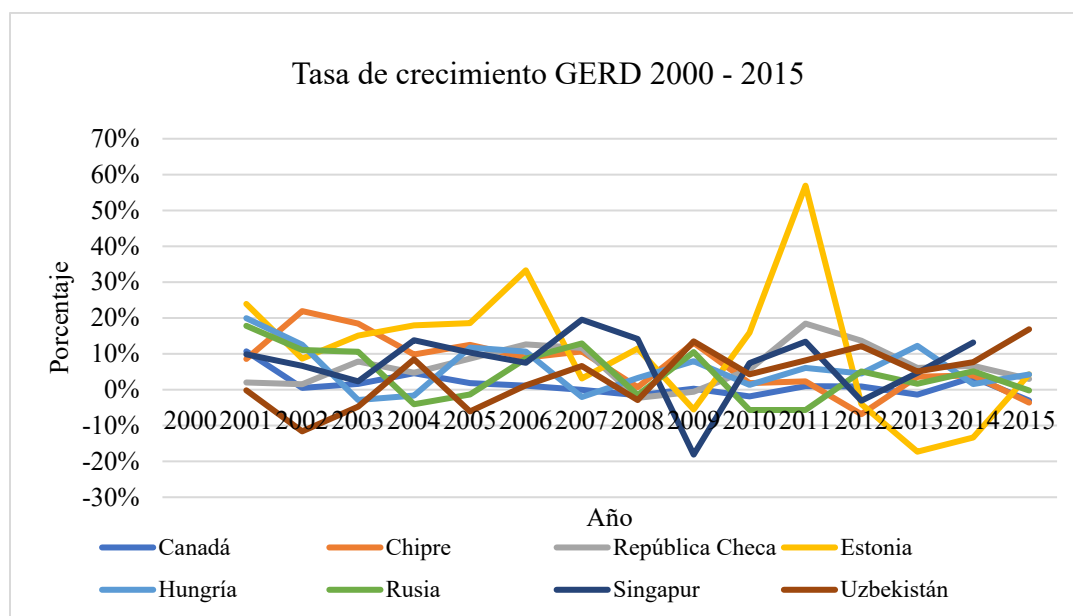
Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos del Banco Mundial.

Gráfica 2. Tasa de crecimiento del total de personal en I+D 2000 – 2015.



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de la UNESCO.

Gráfica 3. Gasto en I+D como porcentaje del PIB 2000 - 2015



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de la UNESCO.

Para el crecimiento económico (Gráfica 1) tenemos que la media es del 3.7%, el valor mínimo es del -14.72% presentado en Estonia en el año 2009 y el máximo 15.24% presentado en Singapur en el año 2010, no hay tendencia visible para ningún país más sin embargo se pueden ver los golpes económicos causados por situaciones de nivel global como lo fue la crisis del 2008 que se ve reflejada en el indicador del 2009, por otro lado, para la variable que representa el total de investigadores (Gráfica 2) la media es de 159.408 investigadores, el mínimo es de 680 investigadores presentado en Chipre, y el máximo de 1.008.091 presentado en Rusia en el año 2001, la media de esta variable se ve muy afectada por la magnitud que posee en Rusia ya que por su tamaño poblacional tiene un nivel mucho mayor que los demás países, para la variable que representa el gasto en I+D de cada país (Gráfica 3) se tiene que el promedio es de 6.827.400

dólares constantes del 2005, el mínimo fue de 38.877 en Chipre en el año 2000, y el máximo fue de 24.190.510 en Rusia en el año 2009.

Marco teórico

¿Qué es el crecimiento económico?

El crecimiento económico es el centro de atención de todos los investigadores de las diferentes doctrinas económicas a través del tiempo. Esto debido a que este crecimiento se asocia con una mayor prosperidad. Por tanto, el crecimiento económico se ha utilizado como una medida del bienestar de un país, sin embargo, no se puede asegurar que crecimiento económico y bienestar sean lo mismo, dado que hoy día el bienestar es asociado con otros factores como son las instituciones, la cultura, las políticas, la calidad de vida, entre otros.

El crecimiento económico a lo largo del tiempo se ha asociado al aumento del valor de los bienes y servicios producidos en un país, denominado Producto Interno Bruto. El economista Simón Kuznets (1966, p. 1) señala que el crecimiento económico “es un incremento sostenido del producto per cápita o por trabajador”, lo que establece que el crecimiento va ligado a la media de la producción por trabajador, sin embargo, el planteamiento de Kuznets no tuvo en cuenta que todo aquel indicador per cápita sufre de un gran sesgo, esto debido a que habrá personas que por diferentes características llevan este indicador hacia números más grandes, lo que hace que el resultado no revele la realidad de las personas que no posean estas características; en términos más claros, no es lo mismo lo que produce el dueño de una multinacional con muchos años en el mercado, a lo que puede producir un comerciante dueño de una microempresa en ese mismo mercado.

Para efectos de la medición del crecimiento económico, y para evitar los problemas antes mencionados de un indicador per cápita, se suele utilizar la tasa de crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto), y, normalmente, se suele calcular en términos reales para no tener en cuenta los efectos de la inflación.

¿Qué es la innovación?

Para comenzar a determinar el significado de innovación, partiremos de una definición ampliamente aceptada la cual nos dice que: “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 practicas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores” (OCDE, 2005, p. 56).

Existen diferentes tipos de innovación los cuales están estrechamente vinculados con la definición anterior, esto son: innovación de producto, innovación de proceso, innovaciones organizativas, e innovaciones comerciales o de mercadotecnia.

Ahora bien, con relación a las teorías schumpeterianas, las cuales ligan de una manera más esencial el papel de la innovación en sus modelos, la innovación es, en el ámbito plenamente económico, la producción de nuevos tipos de bienes y/o servicios a partir de la inversión en la investigación y desarrollo. Schumpeter (1942) usa el término *creación destructiva*, con el cual hace referencia a un proceso en donde la economía está en constante evolución y cambio, dentro del cual hay una destrucción de las técnicas viejas que vienen siendo reemplazadas por nuevas, este proceso de destrucción creativa (innovación) supone una problemática para aquellos productores o prestadores de servicio que siguen utilizando las técnicas viejas, dado que, por motivos ya sea de costes, tiempos, calidad, entre otros, se verán en una posición de completa

desventaja ante el competidor que ha mejorado o creado un producto o servicio mediante la innovación.

Teoría evolucionista del crecimiento económico.

Joseph Schumpeter fue un economista que hizo renacer la línea de investigación en el tema del desarrollo económico; planteaba en su modelo de desarrollo que existían dos tipos de fuerzas que componen las fuerzas productivas, que a su vez hacen alusión al proceso de producción de un país, las fuerzas materiales e inmateriales. Sostenía que las fuerzas materiales (factores productivos) provocaban un cambio lento en el sistema económico, mientras que, las fuerzas inmateriales (tecnología, innovación y ambiente sociocultural) impactaban decisivamente en él, por los que las denominó “evolución económica” (Montoya Suárez, 2004).

Schumpeter concedió gran importancia a las innovaciones y al empresario en su modelo de crecimiento económico. Basado en ello, se han venido desarrollando teorías de crecimiento endógeno en donde el crecimiento siempre viene ocasionado por la acumulación de capital físico y humano (Galindo y Malgesini, 1994).

A partir de los planteamientos de Schumpeter, se da el paso hacia una nueva doctrina económica denominada Evolucionista. “El enfoque evolucionista se ha encargado de atender las limitaciones encontradas en los modelos de crecimiento endógeno, de tal manera, incorpora la relevancia del cambio tecnológico en la productividad y el crecimiento económico. Enfatiza también en la importancia de la demanda, así como el papel que desempeña el contexto institucional” (Enríquez, 2016, p. 35).

Un primer exponente de las teorías schumpeterianas es Romer (1990), en donde supone que el mercado genera incentivos que motivan a los maximizadores de beneficios a realizar inversiones en I + D, lo que se traduce en nuevos tipos de bienes y servicios (innovación). Esta introducción de nuevos bienes y servicios supone un crecimiento económico, debido a que se transforma o se crea un nuevo mercado y se incentiva a los competidores a mejorar la calidad de sus productos.

Otro de los modelos schumpeterianos importantes fue el de Segerstrom, Anant y Dinopoulos (1990), en este se suponía que la incertidumbre no existía en la innovación, y, por tanto, habría un crecimiento sostenible. Sin embargo, hoy en día sabemos por teorías como las de Arrow, que la innovación tiene una alta incertidumbre, lo cual, no afecta el crecimiento sostenible.

Por otra parte, Aghion y Howitt (1990 y 1998) crean un modelo en donde el crecimiento se da debido a la mejora en la calidad de las innovaciones, las cuales surgen de la actividad de investigación, a esto lo denominan innovación vertical. Según Aghion y Howitt (1998), las innovaciones hacen que los productos o servicios o tecnologías existentes queden obsoletos, supuesto que concuerda con la expresión *destrucción creativa* (Schumpeter, 1942), la cual supone un perjuicio a los productores que utilizan dicha tecnología y/o método obsoleto.

Freeman (1987), Porter (1990) y Nelson (1993) sostienen que la innovación tecnológica es un determinante clave de la competitividad de un país, por lo tanto, esta innovación se consideraría como la única forma de un país para generar, en el largo plazo, una posición más competitiva y un crecimiento económico sostenible.

Los modelos evolucionistas dicen que, una innovación exitosa genera beneficios para la empresa que la introduce, conduce a la formación de capital y al crecimiento de tal empresa. Este crecimiento compensará cualquier disminución del empleo por unidad de producto derivado al crecimiento de la productividad, esto se traduce en un aumento de la demanda de mano de obra, elevando así los salarios reales (Nelson, 1995).

Como se puede ver, los teóricos evolucionistas centraron su análisis del crecimiento económico en la innovación, es entonces cuando se debe hablar de los Sistemas Nacionales de Innovación, los cuales, como su nombre lo indica, son un sistema conformado por las organizaciones e instituciones que van de la mano con el progreso tecnológico, término el cual fue abordado por economistas como Lundvall, Freeman, Nelson, Edquist, entre otros. En la actualidad, las teorías económicas más modernas llaman a estos sistemas Ecosistemas de CTI (Ciencia, tecnología e innovación). Para una mayor comprensión, y para concretar mejor el término, se tratará los SNI en la sección que sigue.

Sistemas Nacionales de Innovación

La primera vez que aparecen los Sistemas Nacionales de Innovación, en adelante SNI, fue en un artículo del apartado 5 del libro Dosi et al. (1988), artículo escrito por Lundvall, sin embargo, en la misma época, reconocidos economistas enfocados en la innovación como Freeman, Nelson, entre otros, empezaron a indagar en el mismo análisis y llegaron a designarlo de la misma manera: SNI.

En un intento por esbozar el concepto de los SNI, podemos decir que son sistemas constituidos por organizaciones e instituciones de un país que influyen en el desarrollo, difusión y uso de las innovaciones (Arancegui, 2001), sin embargo, existen diferencias entre unas

versiones y otras del concepto acuñadas por los diferentes teóricos en temas como: significado atribuido al término de institución, diferencias en el concepto de innovación, y las funciones del sistema de innovación sin embargo, también existen características similares las cuales permiten construir un concepto concreto de los SNI, entre las cuales tenemos (Edquist, 1997):

- La innovación y el aprendizaje como el centro de estudio.
- Todos los diferentes sistemas tienen un enfoque holístico e interdisciplinar, es decir, se analiza el sistema como un todo, y no solo se incluyen factores económicos dentro del análisis.
- La perspectiva histórica es algo natural, esto debido a que los procesos de innovación se dan a lo largo del tiempo.
- Se reconocen las diferencias entre los diferentes SNI y la inexistencia de un SNI óptimo.
- Se hace énfasis en la interdependencia y lo no-linealidad, es decir, cada elemento es inherente a la idea de un sistema, y las innovaciones no son consideradas como un proceso lineal.
- Las instituciones son el actor determinante.

Relación entre el crecimiento económico y la innovación

Como bien se vio en los apartados anteriores, el progreso o cambio técnico juega un papel crucial en el desarrollo económico de los países, y dentro de los ítems que conforman el desarrollo, el crecimiento económico, este cambio técnico está sustentado a través de la teoría evolucionista, lo cual deja la puerta abierta para estudiar esta relación entre ambas variables.

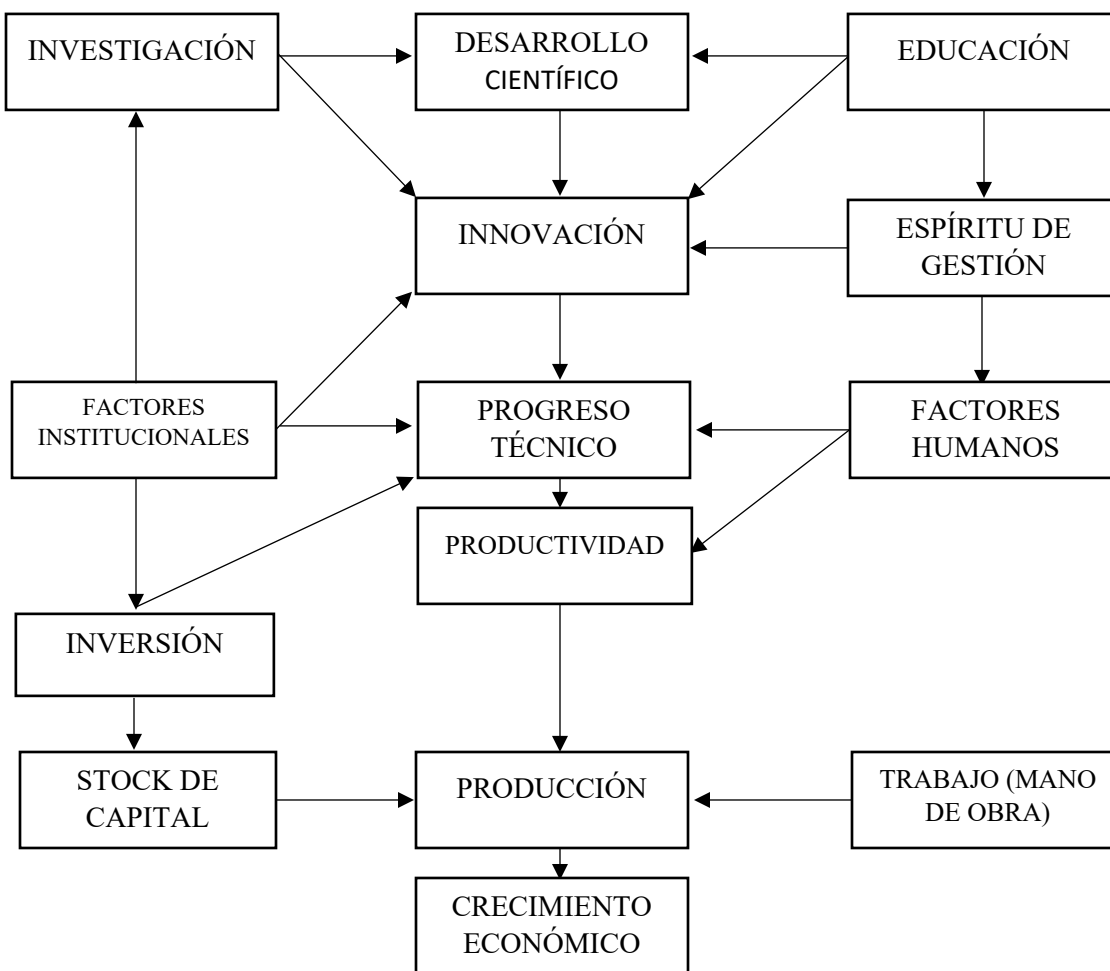
Para el economista Joseph Schumpeter (Citado en Adelman & Ramos Reyes, 1974), el aumento de la producción (crecimiento), depende de la tasa de cambio de los factores

productivos, la tasa de cambio de la tecnología y la tasa de cambio del ambiente sociocultural. No obstante, cada uno de estos elementos tiene una importancia distinta en cuanto al crecimiento de la producción. En primera instancia, los cambios en la disponibilidad de los factores productivos, llamados fuerzas materiales por Schumpeter, generan un cambio lento en el sistema económico, mientras que, por otro lado, los cambios sociales y tecnológicos (innovación), llamados fuerzas inmateriales por Schumpeter, ejercen un impacto más decisivo. (Montoya, 2004).

Schumpeter reconocía la innovación como cambios en las funciones de producción, de tal manera, y en relación con el crecimiento económico, vemos como la innovación puede ser representada como constantes esfuerzos que hacen las poblaciones por mejorar sus métodos comerciales y productivos, como también cambios en las técnicas de producción, la conquista de nuevos mercados, la introducción de nuevas mercancías, entre otros (Schumpeter, 1935).

En la Gráfica 4 se tiene un diagrama de flujo que permite ver cómo es el proceso de innovación, y cómo desde ésta se genera el crecimiento económico. Todo este proceso confirma lo dicho por Schumpeter sobre las fuerzas inmateriales impactando decisivamente sobre el sistema económico. Vemos como la innovación necesita de un personal calificado, es decir, con educación avanzada, no obstante, otra parte importante para darle paso a este proceso son las instituciones por medio de las cuales se facilita al personal capacitado el tener suficientes fondos, subsidios y/o ayudas para llevar a cabo los objetivos, esto se conoce en la literatura especializada como los Sistemas Nacionales y Regionales de Innovación. Sea cual sea el factor que se modifique presentará cambios a nivel de los demás factores, es decir, hay una conexión entre la creación, la transferencia y el conocimiento para que se dé la innovación (Dulce, 1977).

Gráfico 4. Diagrama de flujo del proceso de crecimiento económico.



Fuente: Elaboración propia. Adaptación de Dulce (1977, p. 22).

Es de resaltar el hecho de la importancia del capital humano que tiene el proceso innovador, es decir, sin el factor humano, no tendría el impulso necesario para mejorar en el apartado de competitividad y mejorar a tal punto de generar el crecimiento que apalanca la economía.

Tokman y Zahler (2004) sostienen que hay evidencia sobre el efecto multiplicador de la productividad del gasto en investigación y desarrollo cuando éste es orientado hacia la

investigación aplicada o desarrollo experimental (innovación). Ellos sostienen que, en los países más exitosos, la investigación aplicada se hace mayormente desde las empresas o sector privado, lo que, según ellos, permite garantizar mayor productividad.

Schmookler (1966) sostenía que en el largo plazo el crecimiento económico estaba principalmente atribuido al crecimiento del conocimiento tecnológico. Esto implica entonces que los países hacen esfuerzos desde el aparato educativo para poder generar el impacto que lleve a un crecimiento de este conocimiento tecnológico mencionado por Schmookler.

Nelson y Phelps (1966) también apoyan la importancia del factor capital humano en las tasas de crecimiento de los países, ellos sostienen que las habilidades de estos países para generar progreso tecnológico sería un determinante del crecimiento económico. También modelaron la idea en que la educación incrementa la capacidad tanto de innovar como de adaptarse a las nuevas tecnologías que surgieron de tal proceso innovador, también predecían que el crecimiento de la productividad podía ser acelerado por medio de la inversión en educación secundaria y terciaria. Estas ideas y modelos son apoyados por hechos de la vida real como la inversión que hacen en educación los países más desarrollados como por ejemplo Estados Unidos, quien invirtió para el 2014 el 21, 296% de su PIB per cápita por alumno del nivel terciario de educación, estas inversiones tienen un objetivo que se ve reflejado en la cantidad de solicitud de patentes que fueron 285.096 para el 2014 y aumentaron a 295.327 en el 2016⁴. Adicional a lo anterior, Nelson y Phelps también decían que la educación permitiría a los países de menor avance tecnológico aprender de los países mas avanzados y mejorar su productividad a través de la innovación vía transferencia.

⁴ Datos obtenidos del Banco Mundial.

Resultados

Se realiza el análisis de las variables aplicando el modelo de efectos fijos. Se elige este modelo debido a que aplicando el test de Hausman, el cual está en el Anexo 1, el p-value da menor a 0.05 lo que nos dice que hay diferencias sistemáticas en las estimaciones de ambos métodos, por lo tanto, se elige el de efectos fijos.

Cabe aclarar que para esta investigación se realizaron modelos con variables más concretas como lo es el gasto en I+D que realizan los países, sin embargo, este modelo no dio los resultados de acuerdo con las teorías del crecimiento económico que sostienen que este gasto genera un impacto positivo en el crecimiento económico, este problema que se encontró puede ser debido a un problema de endogeneidad, es decir, el crecimiento económico genera gasto en I+D, y a su vez, el gasto en I+D también genera crecimiento económico, teniendo como premisa este problema, se resolvió utilizar la variable rezagada, no obstante, el problema persistió, por lo tanto, se opta por el uso de una variable proxy al gasto en I+D la cual es la cantidad de investigadores.

Tabla 4. Resultados de la regresión.

	Efectos fijos	Efectos aleatorios
	Coeficiente/Error Estándar	
Crecimiento rezagado	0.321*** (0.087)	0.443*** (0.082)
Gasto total en I + D	-5.05e-07* (2.78e-07)	-3.57e-08 (3.70e-08)
Dummie ocde	(omitida)	-1.054 (0.6797)
Constante	5.853*** (2.047)	2.65*** (0.673)
Número de observaciones	119	119
R2	0.1531	0.2568

Fuente: Elaboración propia. Datos estimados a través de Stata.

El uso de esta variable proxy se justifica en lo que sostenía Schmookler en cuanto a que la variación en la inversión en I+D dependería de la variación del PIB, pero este a su vez también sería un factor de variación de la inversión en I+D por lo que se presenta el fenómeno conocido como endogeneidad, también es apoyado por la teoría evolucionista, la cual la da un papel determinante al capital humano y a la educación. Adicionalmente y como se puede apreciar en el Anexo 2, existe una correlación positiva entre estas dos variables, lo cual hace que la proposición y uso de la variable proxy sea correcta, esto apoyado en la significancia arrojada por una regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios la cual se puede ver en el Anexo 3.

El modelo de efectos fijos se corrió con la opción *vce(robust)* dadas las pruebas de heteroscedasticidad de Wald (Ver Anexo 4), en donde se rechaza la hipótesis nula, evidenciando así problemas de heteroscedasticidad, esta opción hace que la estimación se realice considerando la heteroscedasticidad de la muestra como también evita el sesgo y la ineficiencia de los β . Por

otro lado, la matriz de correlación nos muestra que no hay problemas de multicolinealidad dado que ninguna variable tiene una correlación fuerte (Ver Anexo 5).

Tabla 5. Resultados de la regresión con la variable proxí.

	Modelo de efectos fijos
	Coefficiente/Error Estándar
Crecimiento rezagado	0.329**
	(0.108)
Investigadores	0.00002**
	(0.00001)
Dummie ocde	(omitida)
Constante	-0.70
	(0.985)
Número de observaciones	117
R2	0.141

Fuente: Elaboración propia. Datos estimados a través de Stata.

La Tabla 5 nos muestra el resultado obtenido del modelo que se usó para el panel con la inclusión de la ya mencionada variable proxí, en donde bajo el supuesto de que los investigadores son una variable proxí al gasto en I+D, se puede concluir que este último tiene una relación con el crecimiento económico de los países. Estos resultados nos dicen que con una significancia del 5%, por cada investigador nuevo el crecimiento económico aumenta 0.00002%, si bien es el signo esperado, la magnitud no parece ser mucha, no obstante, este resultado confirma lo encontrado en la teoría.

El resultado de la variable del crecimiento económico rezagado dice que cada 0.329% de aumento en el crecimiento económico es explicado por 1% de su rezago

En el caso de la *dummie* que representa la pertenencia a la OCDE, esta es omitida del modelo de efectos fijos dada su invariabilidad en el tiempo, en donde si el modelo la tomase en cuenta, habría presencia de colinealidad, mientras que, para el modelo de efectos aleatorios, esta variable no es significativa por lo que no hay evidencia estadística que demuestre que pertenecer a la OCDE sea un determinante para el crecimiento económico. Este resultado nos dice que la inversión que se hace en investigación y desarrollo no solo es necesaria sino rentable, por lo que países en vías de desarrollo también deben incluir en sus presupuestos el rubro del I+D.

El coeficiente de determinación es de 0.14, lo cual nos indica que el 14% de la varianza total del crecimiento económico es explicado por la regresión, lo que quiere decir que, si bien el número de investigadores afecta positivamente el crecimiento económico, esta no es la única variable que incide en este, por lo tanto, se ve la necesidad de investigar más a fondo y con otras variables esta relación.

El *rho* de esta regresión (Ver Anexo 6) muestra que la varianza de cada individuo está explicando en gran proporción la varianza general.

Estos resultados obtenidos a través de la aplicación del modelo econométrico muestran que, hay un impacto positivo al invertir en ciencia, tecnología e innovación en el crecimiento económico, lo que, apoyado por las teorías como la evolucionista, la endógena, la neoclásica, entre otras, muestra que los países deben hacer un mayor esfuerzo para ampliar la barrera de la investigación, promoviendo e incentivando a las personas para que investiguen.

Conclusiones

La teoría evolucionista pone a la innovación como un factor determinante para un crecimiento sostenible a través de la generación de beneficios a las empresas que se redistribuye

a los empleados por medio de sus salarios, y al aumentar los salarios es de esperar un aumento en el consumo en una situación *ceteris paribus* en donde el consumo no esté restringido.

Los SNI se vuelven un sistema fundamental para incentivar y apoyar el proceso innovador que se pueda presentar en cada país, no solo el sector privado tiene un papel en el proceso innovador, sino que también debe haber una conexión con las instituciones que permita un flujo mayor de procesos que asegure la sostenibilidad del crecimiento a largo plazo.

Los países con menor avance tecnológico no quedan exentos de realizar inversiones en educación para poder aprovechar la innovación vía transferencia, es decir, no solo la población se educará lo debido, sino que también habrá un aumento en la calidad de vida atribuido a la innovación introducida.

Como bien sostenían los teóricos evolucionistas, el capital humano es el factor fundamental del proceso innovador, en donde la capacidad de cada individuo demarca una gran diferencia en términos de competitividad tanto interna como externa.

Existe la necesidad de inversión en investigación y desarrollo para mejorar las condiciones que permitan un crecimiento económico sostenible a futuro, no obstante, este no es el único fin de esta inversión, esto debido a que hoy en día el esfuerzo que se hace en estos temas está concentrado en pocos países, lo que retarda de una manera importante la evolución de la economía que hoy en día se sigue basando en teorías antiguas y de cierta manera obsoletas que se consolidan en supuestos que pocas veces se cumplen. Si bien para desarrollar este documento se usó una variable proxy para representar el gasto en I+D, se evidenció una relación que, como se esperaba, incide positivamente sobre el crecimiento económico, entonces, por medio de los

resultados obtenidos, se sugiere incentivar la investigación dado que es algo que como bien se mencionó, se ha quedado encerrada en pocos países.

Si bien el sector privado tiene un mayor efecto sobre el crecimiento económico a través de sus inversiones enfocadas a la innovación, no hay evidencia que niegue el efecto de las inversiones públicas en I+D sobre el crecimiento económico, esto también se puede explicar dado que muchas veces son los gobiernos quienes financian a los privados para que estos realizan las inversiones necesarias que procuren una mejora técnica en el país.

No hay evidencia estadística que demuestre si pertenecer a la OCDE afecte el crecimiento económico por medio de sus exigencias en temas de inversión en I+D, por lo tanto, se puede determinar que los esfuerzos independientes de los países no pertenecientes a esta organización también son válidos y generan los mismos efectos positivos sobre el crecimiento económico que los países que si pertenecen, no obstante, el ingreso a susodicha organización supone un tema de esfuerzos de cada país que tarde o temprano les dará frutos en términos de evolución.

Este documento muestra que hay una necesidad de los países en enfocarse en la investigación y desarrollo, donde no importa si hace parte de los países más desarrollados en la actualidad, o si hace parte de grupos económicos fuertes como la OCDE, sino que lo importante es que se desarrollen nuevas ideas que promuevan un avance en este mundo globalizado.

Recomendaciones

De acuerdo con los resultados encontrados en este trabajo, se sugiere a las entidades académicas incentivar el ingreso de los estudiantes a los diferentes grupos de investigación para promover la creación de nuevo conocimiento.

Para poder apoyar a la recomendación anterior, la inversión en educación debe ser mayor independiente del objetivo de ésta. El fin de la educación no es únicamente promover la innovación, sino también el aumentar la posibilidades de los individuos para que mejoren su nivel de vida y accedan a mejores condiciones que les permitan participar en el flujo económico principal en los mercados legales y consolidados, esto también se apoya en lo que dicen los evolucionistas con respecto al proceso de crecimiento económico el cual viene siendo impulsado por un aumento en las ganancias de las empresas transmitida por el aumento en los salarios y la demanda de trabajo, esta situación reduciría el desempleo en la medida que se den casos de innovación en los diferentes países, o en la medida que los países se adapten a las nuevas tecnologías.

Finalmente se recomienda a la comunidad académica en seguir profundizando en estos modelos en donde el capital humano es lo mas importante para el proceso tanto de crecimiento económico, como de evolución del mundo en general.

Bibliografía

- Adelman, I., & Ramos Reyes, R. (1974). Teorías del desarrollo económico. Sección De Obras De Economía.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1990). A model of growth through creative destruction (No. w3223). National Bureau of Economic Research.
- Aghion, P., Howitt, P. (1998). Endogenous growth theory. Massachusetts: MIT press.
- Arancegui, M. N. (2001). Los sistemas nacionales de innovación: una revisión de la literatura. Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silververg, G. y Soete, L. (1988). *Technical Change and Economic Theory*. London and New York: Pinter.
- Dulce, L. E. I. (1977). Innovación y crecimiento económico. Revista Universidad De La Salle, 1(2), pp. 21-28. Obtenido de <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/download/5001/3792/>
- Edquist, C. (1997). Systems of innovation: technologies, institutions and organizations. London and Washington: Pinter.
- Enríquez Pérez, I. (2016). Las teorías del crecimiento económico: notas críticas para incursionar en un debate inconcluso. Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico, (25), 73-125.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- Galindo, M. Á., & Malgesini, G. (1994). Crecimiento Económico. Principales teorías desde Keynes.
- Hsiao, C. (2003). *Analysis of panel data*. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com>

- Kuznets, S., & Murphy, J. T. (1966). *Modern economic growth: Rate, structure, and spread* (Vol. 2). New Haven: Yale University Press.
- Labra, R., & Torrecillas, C. (2014). Guía CERO para datos de panel. Un enfoque práctico. *UAM-Accenture Working Papers*, 16(1), 57. Obtenido de https://www.uam.es/docencia/degin/catedra/documentos/16_Guia%20CERO%20para%20datos%20de%20panel_Un%20enfocoque%20practico.pdf
- Montoya Suárez, O. (2004). Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico. *Scientia Et Technica*, 10(25)
- Nelson, R., & Phelps, E. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, 56(1/2), 69-75. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1821269>
- Nelson, R. R. (1993). *National Systems of Innovation: A Comparative Study*. Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, R. R. (1995). *Recent evolutionary theorizing about economic change*. *Journal of economic literature*, 33(1), 48-90.
- OCDE. (2005). *Manual de Oslo - Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. Tercera Edición.
- Porter, M. E. (1990) *The Competitive Advantage of Nations*. London y Basingstoke: The Macmillan Press.
- Romer, P. M. (1990). *Endogenous technological change*. *Journal of political Economy*, 98(5, Part 2), 71-102.
- Schmookler, J. (1966). *Invention and economic growth*. Cambridge: Harvard University Press.

- Schumpeter, J. (1935) 1944. *Análisis del cambio económico*. Ensayos sobre el ciclo económico, Fondo de Cultura Económica.
- Schumpeter, J.A. (1942) 1963. *Capitalismo, Socialismo y Democracia*. Aguilar, Madrid.
- Segerstrom, P. S., Anant, T. C., & Dinopoulos, E. (1990). *A Schumpeterian model of the product life cycle*. The American Economic Review, 1077-1091.
- Tokman, M., & Zahler, A. (2004). *Innovación para un crecimiento sostenido: Siete lecciones para Chile*. En Foco. 17.

Anexos

1.

	Coefficients			
	(b) fe	(B) re	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
crec				
Ll.	.3287743	.4477925	-.1190182	.0316731
res	.0000191	-8.24e-07	.0000199	.0000135

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
 B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(2) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
 = 14.12
 Prob>chi2 = 0.0009

Fuente: Datos estimados a través de Stata.

```
. corr res gerd
(obs=124)
```

	res	gerd
res	1.0000	
gerd	0.7479	1.0000

2.

Fuente: Datos estimados a través de Stata.

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	124
Model	5.9687e+12	1	5.9687e+12	F(1, 122)	=	154.90
Residual	4.7010e+12	122	3.8533e+10	Prob > F	=	0.0000
Total	1.0670e+13	123	8.6746e+10	R-squared	=	0.5594
				Adj R-squared	=	0.5558
				Root MSE	=	2.0e+05

res	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
gerd	.0250375	.0020117	12.45	0.000	.0210551 .0290199
_cons	-10986.74	22320.24	-0.49	0.623	-55171.89 33198.41

3.

Fuente: Datos estimados a través de Stata.

4.

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
in fixed effect regression model

H0: $\sigma(i)^2 = \sigma^2$ for all i

chi2 (8) = 483.23
Prob>chi2 = 0.0000

Fuente: Datos estimados a través de Stata.

5.

(obs=124)

	crec	res	ocde	gerdgdgdp
crec	1.0000			
res	0.0317	1.0000		
ocde	-0.2320	-0.3005	1.0000	
gerdgdgdp	-0.1217	0.0714	0.3320	1.0000

Fuente: Datos estimados a través de Stata.

6.

Fixed-effects (within) regression		Number of obs	=	117	
Group variable: id		Number of groups	=	8	
R-sq:		Obs per group:			
within	= 0.1406	min	=	14	
between	= 0.0090	avg	=	14.6	
overall	= 0.0159	max	=	15	
corr(u_i, Xb) = -0.9172		F(2,7)	=	21.73	
		Prob > F	=	0.0010	
(Std. Err. adjusted for 8 clusters in id)					
crec	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
crec	.3287743	.1080954	3.04	0.019	.0731693 .5843793
res	.0000191	7.57e-06	2.52	0.040	1.20e-06 .000037
_cons	-.7015048	.9852296	-0.71	0.499	-3.031203 1.628193
sigma_u	6.1078541				
sigma_e	3.5423851				
rho	.74829706	(fraction of variance due to u_i)			

Fuente: Datos estimados a través de Stata.