

1771	<b>1ª Revolución Industrial</b>
1829	
1733	Lanzadera volante (textil)
1769	Motor de vapor
1771	1ª Fabrica hilandería
1875	Latas de Conservas
1829	<b>2ª Revolución Industrial (vapor y ferrocarriles)</b>
1875	
1829	Locomotora de vapor
1821	Barcos de vapor
1839	Caucho Vulcanizado (1843)
1838	Telégrafo
1846	Anestesia
1849	Hormigón
1855	Convertidor de Bessemer
1875	Acero
1856	Colorante sintético
1860	Carretera asfaltada
1860	Plásticos
1860	Pasteurización
1865	Prensa rotativa
1866	Dinamita
1867	Aluminio
1875	<b>Era de acero, electricidad e ingeniería pesada</b>
1908	
1860	Motor de combustión interna (1885)
1876	Teléfono
1881	Vacunas
1882	Central eléctrica
1882	Bombilla (Edison)
1895	Rayón
1897	Rayos X
1901	Radio
1903	Avión
1908	<b>Producción en masa, petróleo y automóvil</b>
1971	
1908	1ª Fabrica de Ford
1911	División del trabajo (Taylorismo)
1913	Gasolina craqueada
1928	Antibióticos
1935	Televisión
1947	Microondas
1948	Transistor
1949	Ordenador
1951	Tetra brick (1963)
1953	ADN (1972)
1955	Fibra óptica (1970)
1958	Microchip (1968)
1958	Internet
1959	Bases nano tecnología
1971	<b>Era de la informática y telecomunicaciones</b>
2009	
1971	Micro-procesador
1973	Robot industrial
1976	Ordenador PC
1981	Space Shuttle
1985	Microsoft Windows
1988	1º Trasplante células madre
1991	Nanotubos de carbono
1992	Impresora 3D
1993	GPS
2004	Grafeno

**INSTITUTO DE ANÁLISIS INDUSTRIAL Y  
FINANCIERO**  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID**

---

Thomas Baumert, Mikel Buesa Blanco,  
Cristian Gutiérrez Rojas, Joost Heijs

**Innovación y crecimiento  
económico**

Documento de trabajo N° 101. 2016

---



# **INNOVACIÓN Y CRECIMIENTO ECONÓMICO**

## **Aplicación de Análisis Factorial y Modelos Dinámicos de Datos de Panel**

**CRISTIÁN GUTIÉRREZ ROJAS, JOOST HEIJES, MIKEL BUESA BLANCO,  
THOMAS BAUMERT**

Instituto de Análisis Industrial y Financiero  
Universidad Complutense de Madrid

### **RESUMEN**

En este trabajo se analiza de forma cuantitativa el aporte de la innovación al crecimiento económico y el posible efecto de las distintas características de los Sistemas Nacionales de Innovación sobre las economías europeas. Se parte del marco conceptual neoclásico de crecimiento económico, revitalizado por Mankiw, Romer y Weil en 1992, y se complementa con las nuevas teorías del cambio tecnológico y la economía de la innovación, en especial, el aporte de la teoría de los Sistemas de Innovación. En el análisis empírico se aplica el estimador  $\hat{\sigma}$ Promedio de Grupos Agrupado (PMG) para datos de panel dinámico a una muestra de 23 países europeos en el período 1995-2012, confirmándose la hipótesis acerca del impacto positivo de la innovación  $\hat{\sigma}$  medida a través de un Índice de Capacidad Innovadora Nacional  $\hat{\sigma}$  sobre la tasa de crecimiento económico de los países y demostrándose implícitamente, además, que las distintas configuraciones de los Sistemas Nacionales de Innovación tienen efectos diversos sobre las tasas de crecimiento económico para las economías europeas.

### **PALABRAS CLAVE**

Sistemas Nacionales de Innovación, Crecimiento Económico, Unión Europea, I+D.

### **SUMMARY**

This paper analyses quantitatively the contribution of innovation to economic growth and the effect of the different configurations of National Innovation Systems, NIS, on European economies. It starts from the neoclassical framework of economic growth, revitalized by Mankiw, Romer and Weil in 1992 but supplemented with new theories of technological change and economy of innovation, in particular, the contribution of the Innovation Systems Theory. In the empirical estimation, it applies the estimator "Pooled Mean Group" (PMG) for dynamic panel data on a sample of 23 European countries in the period 1995-2012, confirming the hypothesis on the positive impact of innovation - measured by a National Innovation Index- on the rate of countries' economic growth and, implicitly demonstrating that different configurations of NSIs have different effects on rates of economic growth for European economies.

### **KEY WORDS**

National Innovation Systems, Economic Growth, European Union, R&D.

## 1.- INTRODUCCION

El crecimiento económico y las respuestas a las preguntas de por qué crecen los países y por qué unos crecen más que otros han estado en el corazón de la ciencia económica desde sus inicios como disciplina académica. De hecho, estas preguntas son las que motivaron a Adam Smith, el padre de la economía moderna, a escribir su *Investigación sobre la Naturaleza y Causa de la Riqueza de la Naciones* en 1776. Sin embargo, no es hasta mediados del siglo XX cuando se generan los primeros modelos formales de crecimiento económico a partir de los trabajos F. Harrod (1939), E. Domar (1946), y especialmente Robert Solow (1956) con su modelo neoclásico de crecimiento económico. Con estos modelos, y principalmente por sus limitaciones explicativas a la economía real, comienza una fuerte tendencia en la disciplina económica por estudiar los determinantes del crecimiento. De estos determinantes uno de los más reconocidos, además del capital y el trabajo, es el de la innovación. Autores como Schumpeter (1939), el mismo Solow (1956), Abramovitz (1956), Schmookler (1966), Griliches (1986), Fagerberg (1988) y Freeman (1994), reconocen a la innovación como un factor clave para el desarrollo y el crecimiento económico. Por otro lado, autores como Freeman (1987), Porter (1990) y Nelson (1993), señalan que *la obtención de tecnologías nuevas y avanzadas es un determinante importante de la posición competitiva de un país o región, por lo tanto la innovación sería la única forma para que un país pueda generar, a largo plazo, una mejor posición competitiva y un crecimiento económico sostenible.*

Otros estudios (Schumpeter, 1911; Kondratiev, 1925; Freeman *et al.*, 1985; Freeman y Louca, 2002) señalan que los ciclos económicos de crecimiento a largo plazo (ondas largas) están correlacionados con las oleadas de innovaciones por lo que la innovación se puede considerar el determinante principal del crecimiento. Schumpeter ya en 1939 planteaba que *la aparición de un agrupamiento de innovaciones provoca un desequilibrio del sistema económico y desata toda una fase de movimiento en onda larga, y que incluso antes de llegar a un nuevo equilibrio aparecería otra oleada de innovaciones* (Schumpeter, 1939).

El presente estudio es un pequeño avance en esta línea y busca complementar y validar resultados empíricos previos en un tema tan complejo como es el de establecer los determinantes que explican el proceso de crecimiento económico, con especial hincapié en el papel de la innovación, la cual se mide de forma alternativa a base de variables compuestas en vez del uso de los indicadores unidimensionales tradicionales (gasto en I+D o patentes). Para ello se desarrolla en la primera parte, una forma novedosa de medir la innovación, basada en la teoría evolucionista del cambio tecnológico y el enfoque sistémico (Sistemas Nacionales de Innovación), una metodología propuesta por Buesa *et al.*, 2006. Dado que la heterogeneidad de tales sistemas requiere el uso simultáneo de un amplio número de variables, el uso de la Técnica de Análisis Factorial, nos permite trabajar con un extenso número de variables cuya información será reducida y convertida en un número menor de variables sintéticas no observables. Esos factores muestran diferentes aspectos específicos del Sistema de Innovación y son utilizados como subíndices para elaborar finalmente un Índice de Capacidad Innovadora para los Sistemas de Innovación Nacional europeos. Este Índice es calculado

para 23 naciones europeas<sup>1</sup> refleja la capacidad o el potencial innovador de los países y nos permite no sólo comparar las capacidades tecnológicas de las diferentes economías sino que también permite el análisis dinámico de esa capacidad en el tiempo.

Un vez desarrollado nuestro indicador de innovación se estudia en la segunda parte, los determinantes básicos del crecimiento económico  $\delta$  acumulación de capital físico y tasa de crecimiento de la población $\delta$ , que se amplía al incorporar el capital humano y la convergencia condicional, siguiendo el modelo de Mankiw, Romer y Weil (1992), para posteriormente añadir las políticas e instituciones (Bassanini y Scarpeta, 2001). En este caso la variable  $\delta$ institucional $\delta$ , que representa el proceso innovador  $\delta$  el Índice de Capacidad Innovadora Nacional $\delta$ . Los resultados son comparados con aquellos que se obtienen al usar variables alternativas acerca del proceso innovador como lo es, por ejemplo, el Stock de Conocimiento Tecnológico Acumulado de los países a través de las solicitudes de patentes acumuladas (Fagerberg, 1987 y 1988a; Jungmitage, 2004).

La metodología utilizada en el desarrollo empírico de esta segunda parte del trabajo consiste en aplicar el estimador econométrico denominado  $\delta$ Promedio de Grupos Agrupado $\delta$  (en adelante PMG) desarrollado por Pesaran *et al.* (1999), por adaptarse mejor a los propósitos fijados, ya que permite a los coeficientes de corto plazo ser diferentes entre los países, y al mismo tiempo, impone restricciones sobre los coeficientes de largo plazo para que sean homogéneos. Las ecuaciones de crecimiento han sido estimadas con un panel dinámico para los mismos 23 países<sup>1</sup> pertenecientes a la Unión Europea, durante el período 1995-2012.

La hipótesis del trabajo puede dividirse en dos:

*Hipótesis 1: La inversión en capital humano y la innovación tienen un impacto positivo sobre el crecimiento económico.*

*Hipótesis 2: La configuración de los Sistemas Nacionales de Innovación afectan el crecimiento económico a nivel europeo.*

Además de esta breve introducción, en el segundo apartado se presenta una revisión de la literatura existente que ha servido de guía para los trabajos empíricos a los que se hace mención en este trabajo. En el tercer apartado se presenta la primera aplicación empírica, el análisis factorial, el cálculo del Índice de Capacidad Innovadora Nacional a nivel europeo, y se muestran además los resultados obtenidos. Las especificaciones del modelo de crecimiento, las variables, el análisis econométrico y sus resultados se muestran en el cuarto apartado, para finalizar, en el quinto y último apartado, con la presentación de las conclusiones y reflexiones finales del estudio.

---

<sup>1</sup> Hablamos de países con un mercado relativamente homogéneo, tanto desde el punto de vista de los consumidores como de las empresas. Ver nota al pie número 26 para una discusión adicional al respecto.

## 2.- MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1.- Breve revisión de la literatura empírica sobre los determinantes del crecimiento.

Si bien la pregunta del porqué los países crecen económicamente ha motivado a los economistas desde Adam Smith no fue sino hasta mediados del siglo XX cuando se desarrolla la moderna teoría del crecimiento económico. El Modelo de Harrod-Domar en la década de los años cuarenta del siglo pasado fue el primero que formaliza una serie de supuestos acerca de las condiciones iniciales de la economía y buscaba predecir patrones de crecimiento, analizando los factores o razones que influyen en la velocidad del crecimiento, a saber, la tasa de crecimiento del trabajo, la productividad del trabajo, la tasa de crecimiento del capital o tasa de ahorro e inversión y la productividad del capital. Sin embargo, el modelo era inconsistente con la teoría de la productividad marginal lo que dio lugar a los modelos neoclásicos de crecimiento.

Solow, en 1956, configura el primer modelo neoclásico de crecimiento empíricamente contrastado. En este modelo  $\hat{\theta}$  basado en tiempo continuo  $\hat{\theta}$  todos los factores de producción están plenamente empleados, la población activa crece a una tasa constante  $n$ , las dotaciones de factores están dadas en el momento inicial  $(K_0, L_0)$ , hay una tasa de ahorro exógena  $s$  sobre la renta  $Y$  y la tasa de depreciación del capital  $\delta$  es constante. Se asume una función de producción neoclásica con rendimientos constantes a escala con un factor exógeno  $A$ , que describe el progreso tecnológico<sup>2</sup> y que crece a una tasa exógena  $g$ , productividades marginales de los factores positivas y decrecientes y se usa una función de producción intensiva.<sup>3</sup> Dados los supuestos y la dinámica de este marco, se concluye que en este modelo no hay crecimiento endógeno, el PIB por habitante crece<sup>4</sup> sólo en el período transitorio hacia un nuevo equilibrio estacionario tras una perturbación exógena. En el estado estacionario, el PIB crece al mismo ritmo que crece la población  $n$  y la tecnología  $g$ , es decir, el PIB por trabajador eficiente es constante. Pese a los avances anteriores, el supuesto neoclásico de rendimientos marginales decrecientes de los factores productivos tenía, como consecuencia inevitable, el hecho de que el crecimiento debido a la acumulación de capital *a largo plazo* era insostenible, llegando un momento en que se ralentiza y puede llegar a detenerse por completo. Resumiendo, debido a los rendimientos marginales decrecientes que genera el aumento de la tasa de capitalización  $(K/Y)$  sobre la productividad  $(Y/L)$ , el crecimiento del PIB por habitante en el estado estacionario sólo puede darse mediante el progreso técnico.<sup>5</sup>

---

<sup>2</sup> Harrod Neutral:  $Y=K (AL)^{1-\alpha}$

<sup>3</sup>  $\frac{Y}{L} = \frac{A K^\alpha L^{1-\alpha}}{L} = A \frac{K^\alpha L^{1-\alpha}}{L} = A \left(\frac{K}{L}\right)^\alpha$ ; en forma intensiva,  $y=Ak^\alpha$

<sup>4</sup> O decrece.

<sup>5</sup> Si bien este modelo no tenía en sus orígenes la intención de proveer criterios de optimalidad para el crecimiento, es posible derivar una regla de ahorro óptima en el sentido de alcanzar el máximo consumo posible, la "Golden Rule" (Weil, 2006).

De acuerdo con Solow, el crecimiento de la productividad global explica la mayor parte del crecimiento de largo plazo de la económica norteamericana y muchas investigaciones empíricas han estimado que el òcambio técnicoö es responsable de casi el 80% del crecimiento de la productividad experimentado por las economías avanzadas (Nelson y Winter, 1982). Desde esta perspectiva, un modelo que enfatiza la acumulación de factores como la fuente del crecimiento casi en exclusiva tendría limitaciones importantes en explicar debidamente los determinantes del crecimiento.<sup>6</sup>

A partir de los años 80 del siglo pasado ô después de las fuertes crisis económicas a nivel mundialô se cuestionó seriamente al modelo neoclásico y surgieron una serie de trabajos liderados por Romer (1986), Lucas (1990) y Rebelo (1991) que plantearon ajustes al enfoque neoclásico, centrándose de manera especial en el crecimiento a largo plazo. Estos autores estudian las deficiencias identificadas en el modelo neoclásico tradicional, especialmente los supuestos de exogeneidad de la productividad global de los factores, la eliminación de los rendimientos decrecientes a escala a través de externalidades o introduciendo no sólo el capital físico sino formas alternativas de capital para ajustar los modelos, como es el caso del capital humano, el capital público, el progreso tecnológico, etc., lo que permitió avanzar en la comprensión de la economía de las ideas. Esto es lo que se denomina el marco teórico del òcrecimiento endógenoö,<sup>7</sup> el cual pese a seguir siendo una aproximación al modelo neoclásico generó importantes mejoras en el análisis y el estudio del crecimiento económico.

Pese a lo anterior, nuevos trabajos<sup>8</sup> rescatan y mejoran el modelo neoclásico tradicional al introducir el progreso tecnológico exógeno, el que se convertiría en la principal variable de análisis en los estudios acerca del crecimiento a largo plazo. Entre estos, el más influyente ha sido el de Mankiw, Romer y Weil, (MRW, 1992).<sup>9</sup> La concordancia de los resultados del modelo MRW con los hechos estilizados sobre crecimiento y convergencia económica, validan la inclusión del *capital humano* en la función de producción agregada (Bassanini y Scarpetta, 2011).

Pese al mejoramiento de las predicciones de los modelos neoclásicos de los años noventa, las sofisticaciones en las técnicas econométricas de los últimos veinte años (Caselli *et al.*, 1996; Agiomirgianakis *et al.*, 2002)<sup>10</sup> más la discusión teórica acerca de

---

<sup>6</sup> Es decir, para òmejorarö este modelo se requiere una explicación satisfactoria del comportamiento de la productividad global.

<sup>7</sup> Desde nuestro punto de vista y en lo que concierne a la teoría de la innovación y el cambio tecnológico, esta línea de investigación sigue enmarcada en la línea neoclásica al asumir la I+D y la innovación como variables exógenas.

<sup>8</sup> Young, 1994; Barro, 1991; Mankiw, Romer y Weil, 1992 y Barro y Sala-i-Martin, 1995.

<sup>9</sup> Ver Apéndice 1a con el desarrollo formal de este modelo.

<sup>10</sup> Dada la disponibilidad de datos, en los primeros estudios acerca de los determinantes del crecimiento, se utilizaban promedios de tiempo largos, así como medias de cinco años para purgar las influencias cíclicas a corto plazo, pero sólo si los países están en sus estados estacionarios o si las desviaciones del estado estacionario son independientes e idénticamente distribuidas, las ecuaciones de crecimiento pueden tener una relación simple entre sus determinantes y la transición a los nuevos estados de equilibrio. Por esta razón, la nueva literatura empírica sobre este tema ha puesto su foco en la utilización de datos anuales en una estructura de panel de efectos fijos modelando la dinámica de transición de

una mirada más sistémica de los temas económicos en general, y de la innovación en particular (Nelson y Winter, 1974, 1976, 1982), muchas preguntas siguen abiertas en cuanto a la velocidad de convergencia y el verdadero rol en los patrones de crecimiento a largo plazo de variables como la innovación y el cambio tecnológico, especialmente la posibilidad de establecer cambios endógenos o inducidos en éstas, así como sus fundamentos microeconómicos.<sup>11</sup> Así, la discusión en la economía de la innovación entre el enfoque neoclásico que ve al proceso innovador como producto del esfuerzo que realizan empresas maximizadoras de los beneficios, y la línea evolucionista, que entiende la innovación como un proceso sistémico, donde las empresas no sólo optimizan una función de beneficios, sino que establecen patrones de búsqueda y selección de tecnologías en ambientes de interacción dinámicos, donde la sinergia con los agentes públicos del sistema influye sobre la capacidad y el éxito de la innovación empresarial, ha marcado la discusión al respecto en los últimos 30 años.

Entre los trabajos empíricos que se enmarcan en esta etapa de la discusión acerca de la relación innovación y crecimiento económico encontramos:

- Romer (1986), desarrolla un modelo donde el sector de la I+D juega un rol importante en el crecimiento económico. Establece que el crecimiento es conducido en el modelo por el cambio tecnológico que surge de decisiones de inversión intencional hechas por agentes que maximizan beneficios en un entorno de competencia imperfecta.
- Aghion y Howitt (1998), desarrollan un modelo de crecimiento endógeno en el cual la innovación vertical, generada por un sector de I+D competitivo constituye la fuente que subyace al crecimiento económico. El equilibrio es determinado por una ecuación en diferencia ñhacia adelanteö, de acuerdo a la cual la cantidad de I+D en cualquier período depende de la cantidad esperada de I+D del siguiente período. Una fuente de esta relación intertemporal es el proceso schumpeteriano de ñdestrucción creativaö.
- Fagerberg (1994) y Verspagen (2001), analizan el impacto del cambio tecnológico sobre el crecimiento económico y las diferencias internacionales en las tasas de crecimiento. Sus enfoques se enmarcan en la idea de entender la innovación como resultado de las actividades en I+D intencionadas y desarrolladas por las empresas. Además, Verspagen separa el cambio tecnológico entre aquellas actividades relacionadas a la copia y absorción de tecnología foránea de aquellas actividades que posicionan a un determinado país como líder tecnológico. Ambos tipos de actividades generan diferentes resultados en los patrones de convergencia entre las tasas de crecimiento económico de los países.

---

manera explícita, en lugar de aceptar la pérdida de información que representan los datos anuales promediados. Esto implica la necesidad de diseñar una estimación que sea capaz de dar cuenta de la dinámica del PIB per cápita fuera del equilibrio, que incluya las variables explicativas en niveles y en primeras diferencias para controlar los componentes cíclicos, además de la variable dependiente rezagada en niveles para estimar la convergencia (Bassanini *et al.*, 2001).

<sup>11</sup> Arrow, 1962; Rosenberg, 1969; Evenson y Kislev, 1975; Nelson y Winter, 1976; Binswanger y Ruttan, 1976; Jones y Romer, 2009.

- Bassanini y Scarpetta (2001), con datos de panel dinámicos, sustraen las fluctuaciones cíclicas de corto plazo para analizar la combinación de tres factores sobre el crecimiento: el progreso tecnológico subyacente exógeno, un proceso de convergencia de la producción per cápita en la transición al estado estacionario y las modificaciones en el estado estacionario que pueden surgir por cambios en las políticas, las instituciones, las tasas de inversión y las tasas de crecimiento de la población.<sup>12</sup>
- Jungmitage (2004), analiza los efectos de las innovaciones, la especialización y la difusión tecnológica en el crecimiento económico, así como la convergencia para 14 países de la Unión Europea en el período 1969-1998. Los resultados muestran que, además de la acumulación de capital, el conocimiento técnico transferible es un motor de crecimiento para la convergencia de los países de la UE, siendo este último, el nivel de especialización tecnológica ricardiana. Por otra parte, la difusión de tecnología es el motor principal para la convergencia de las productividades laborales, mientras que los diferentes niveles de especialización tecnológica ricardiana retrasan la convergencia.
- Sener y Saridogan (2011), encuentran que los países con estrategias de competitividad global orientadas a la ciencia, la tecnología y la innovación tienen patrones de crecimiento económico de largo plazo sostenible y competitivo.

## **2.2.- Medición de los Sistemas de Innovación: Un Enfoque Sistémico.**

Desde nuestro punto de vista, para analizar en profundidad la relación entre innovación y crecimiento económico, es importante avanzar hacia síntesis que busquen el uso de técnicas econométricas avanzadas combinando los marcos teóricos neoclásicos y la comprensión y medición de los Sistemas Nacionales de Innovación para su posterior inclusión en los modelos econométricos. En este último marco, el concepto de innovación se analiza desde una perspectiva más amplia y diversa, que incluye entre otras cosas la relacionada con los outputs (productos) empresariales, y con los procesos organizacionales. Por otra parte, el concepto de sistema enfatiza la importancia de sus componentes y sus relaciones, sus funciones y la posibilidad de establecer límites que faciliten los estudios de corte empírico. El término "Sistema de Innovación", aparece por primera vez en Freeman (1987), sin embargo, tanto Lundvall (1994) como Freeman se atribuyen mutuamente el mérito de desarrollar el término.<sup>13</sup>

En este contexto, podemos tratar de definir el concepto de Sistema Nacional de Innovación analizando, por separado, cada uno de sus elementos. Así se constata, que independientemente si se está definiendo el sistema nacional o regional, ambos conceptos parten de un determinado "enfoque geográfico", coincidiendo con ello de

---

<sup>12</sup> Ver Apéndice 1b para el desarrollo formal del modelo.

<sup>13</sup> Otros autores que realizaron grandes aportes al enfoque de los Sistemas de Innovación son Nelson (1993) y Porter (1990), cuyos trabajos resultaron cruciales en las definiciones de competitividad y ventajas competitivas de las naciones.

manera implícita una relación destacada con el entorno económico, político y sociocultural. De la misma forma, la innovación en este proceso, resulta en una mezcla entre fin y medio, ya que podemos definirla como un proceso que se caracteriza por ser interactivo, específico, e institucionalizado a lo interno y externo de las empresas, donde la maximización de los beneficios es uno de los argumentos en la toma de decisiones pero no el único.

Por lo tanto, en la visión subyacente de este trabajo o la visión de los Sistemas de Innovación lo relevante no es sólo la cantidad de I+D, sino cómo se distribuye y se aplica en una economía (Mazzucato, 2014). Desde este punto de vista schumpeteriano, el énfasis está en el componente sistémico del progreso tecnológico y el crecimiento. Los Sistemas de Innovación se definen como la *red de instituciones del sector público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías* (Freeman, 1995), o *los elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso de conocimiento nuevo y económicamente útil* (Lundvall, 1994).

Así, en vez de incluir el gasto en I+D como inversión en innovación, la inclusión de un Índice de Capacidad Innovadora en la ecuación de crecimiento, construido a partir de factores que sintetizan los componentes de los Sistemas de Innovación, sus relaciones, grado de interacción y cooperación, sería del todo procedente para estudiar los impactos sobre el crecimiento económico, atendiendo a que *las competencias que generan innovación son parte de una actividad colectiva que tiene lugar a través de una red de actores y de sus conexiones o relaciones* (Freeman, 1995).

El concepto de Sistema de Innovación<sup>14</sup> o un producto de la mencionada corriente evolucionista alude al conjunto de los actores que desarrollan las actividades de creación y difusión de nuevos conocimientos, y a las relaciones que se establecen entre ellos, dentro de un marco institucional y geográfico determinado, para dar lugar a las innovaciones, principalmente tecnológicas, sobre las que se asienta, en un sentido schumpeteriano, el desarrollo económico. La teoría evolucionista subraya la heterogeneidad del comportamiento innovador como una actividad multidimensional que está afectada directamente por su entorno económico y social en el que participa un gran número de agentes, instituciones y factores que interactúan en un marco sistémico basado en un gran número de relaciones interdependientes,<sup>15</sup> que a su vez dificultan el establecimiento de relaciones causales unidireccionales. Además, estas interacciones entre agentes y otro gran número de aspectos del entorno o no directamente relacionados con la I+D+i tiene un impacto directo sobre las actividades innovadoras y su output y, por lo tanto, sobre el crecimiento. Esta heterogeneidad e interdependencia implica que el uso de indicadores individuales (patentes o gasto en I+D) no refleja debidamente el potencial innovador existente que influye sobre el crecimiento de un país o región.

---

<sup>14</sup> Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997.

<sup>15</sup> Confirmado en los estudios empíricos: Lundvall y Borrás, 1997; Edquist, 1997 y 2005; Cooke *et al.*, 1997; Doloreux, 2002; Asheim y Gertler, 2005; Buesa y Heijs, 2007; Rodríguez y Comptour 2012; Rodríguez y Crecenczi 2008.

Las interdependencias y el enfoque holístico<sup>16</sup> implica la necesidad y las ventajas de usar variables compuestas o sintéticas para medir los Sistemas de Innovación (SI). Tal necesidad se justifica por distintas razones complementarias, tanto de carácter teórico o conceptual, como por los requerimientos de la modelización econométrica y de medición.<sup>17</sup> Desde un punto de vista conceptual, las variables sintéticas son importantes porque existen dudas acerca de si el uso de variables individuales del input refleja de forma correcta las características de un sistema de innovación y su potencial. Durante el proceso de innovación existen flujos continuos, interacciones y retroalimentaciones o es decir, se trata de un modelo interactivo no lineal ni secuencial, en el que las fases están intensamente interrelacionadas (Kline y Rosenberg, 1986). A su vez, existe una amplia heterogeneidad en la experiencia y en las competencias de distintos agentes, países y sistemas de innovación. Todo ello implica que el concepto de los "Sistemas de Innovación" es abstracto y difícil de medir de forma directa y solo a base de variables individuales que reflejan el input en el sentido estricto (gasto y personal). Utilizando un índice compuesto basado en la configuración del sistema de innovación se tiene en cuenta la simultaneidad o el carácter holístico del comportamiento innovador y las sinergias que se generan en dichos Sistemas de Innovación debido a la interacción entre los distintos agentes. De hecho o como indican Makkonen y Have "un indicador individual es solo un indicación parcial del esfuerzo innovador total realizado por un sujeto" (2013, p. 251), por lo que el uso de indicadores compuestos reflejaría mejor la realidad de cada uno de ellos de forma individual.

Concluyendo, para determinar el papel de la innovación en el crecimiento económico, se aplicará una metodología que permita la reducción de la información de un conjunto amplio de variables de distinta índole a unas pocas variables hipotéticas o no observables (factores). Cada uno de los factores refleja los aspectos esenciales (siendo los distintos componentes o subsistemas) del Sistema Nacional de Innovación, recogiendo así casi toda la información del conjunto original de variables. Las variables sintéticas así obtenidas (reflejadas en la puntuación factorial de los factores obtenidos) se utilizarán para los análisis posteriores o en nuestro caso o la elaboración de un Índice de Capacidad Innovadora a nivel nacional.

---

<sup>16</sup> Donde la suma final es más que la suma de sus partes.

<sup>17</sup> Los indicadores compuestos resuelven problemas econométricos (entre otros, la multicolinealidad y la falta de grados de libertad en los modelos de regresión) y suavizan los errores de medición o transcripción de los datos, los *outliers* y las fluctuaciones bruscas de variables concretas.

### **3.- EL ÍNDICE DE CAPACIDAD INNOVADORA NACIONAL A NIVEL EUROPEO<sup>18</sup>**

Como se explicó en el epígrafe anterior, el fenómeno de la innovación no se puede entender sólo a partir de elementos individuales sino que es de vital importancia considerar la interacción y las sinergias generadas entre estos elementos. Los datos de patentes, gastos y personal empleado en I+D, así como el porcentaje de ventas relacionadas a nuevos productos, aunque altamente correlacionados dan una visión diferente del aparentemente mismo objeto (Buesa, *et al.*, 2008; Heijts, 2012). Entonces, dado que el concepto y el tratamiento de los diferentes elementos del Sistema de Innovación no es algo directamente observable, se ha preferido trabajar con variables sintéticas,<sup>19</sup> construidas mediante un análisis multivariante del factor a partir de un amplio conjunto de variables estadísticas iniciales que corresponderían a cada uno de los componentes del Sistema.

#### **3.1.- La Base de Datos Inicial**

La fuente de datos fue desarrollada en el Instituto de Análisis Industrial y Financiero de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Complutense de Madrid a partir de información recopilada para tal efecto de las fuentes estadísticas de Eurostat y del Banco Mundial. Comprende 31 variables de 23 países entre el período 1995 y 2012, incluyendo muchos aspectos de los Sistemas Nacionales de Innovación, pero cuyos datos estuvieran disponibles, además de que fueran homogéneos y comparables entre los países.<sup>20</sup> Los datos elegidos pueden clasificarse de acuerdo a ciertos componentes de los Sistemas de Innovación (SI), tales como el de empresas innovadoras, resultados (output) del SI (patentes y/o conocimiento acumulado), sistema público de investigación e infraestructura científica, entorno nacional para la innovación, tamaño y masa crítica. En la Tabla 1 se refleja un resumen estadístico de las variables iniciales.

#### **3.2.- Análisis Factorial<sup>21 22</sup>**

Los resultados del análisis factorial en sí mismos no son el objetivo de este trabajo, pero una vez que se obtengan los factores y sus puntuaciones factoriales para cada país,

---

<sup>18</sup> Los detalles y los argumentos de la metodología aplicada en esta sección se pueden consultar en Buesa *et al.*, 2008.

<sup>19</sup> La técnica factorial permite reducir el número de variables cuantitativas iniciales a unas pocas variables sintéticas no observadas pero que resumen prácticamente toda la información contenida en el conjunto inicial de datos (Buesa *et al.*, 2008).

<sup>20</sup> Los Estados miembros de la Unión Europea en el año 2015 son veintiocho: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumania y Suecia. En este estudio, debido a la falta de información específica de ciertas variables, no se incluyó a los siguientes países: Chipre, Croacia, Grecia, Letonia y Malta.

<sup>21</sup> En el Anexo 1 se incluyen los test estadísticos que validan el análisis factorial efectuado.

<sup>22</sup> Se realizó con el software estadístico SPSS Statistics v.21.

siendo asignados òvalores estandarizadosö, éstos serán usados para la posterior construcción del Índice de Capacidad Innovadora Nacional. Los factores extraídos tienen que ser consistentes e interpretables de acuerdo con la teoría de los Sistemas de Innovación.<sup>23</sup> Si alguno de éstos incluyen variables estadísticamente relacionadas con otro no podría interpretarse adecuadamente este factor y su uso no tendría sentido. Además, las variables con un poder explicativo demasiado bajo deberían excluirse (Buesa *et al.*, 2008).

Para los 23 países analizados, las treinta y un variables iniciales se resumen en seis òvariables sintéticas no observablesö, siendo factores homogéneos en su consistencia y claramente interpretables en términos de la teoría de los Sistemas de Innovación: *Entorno Económico y Masa Crítica; Empresas Innovadoras y Conocimiento Tecnológico Acumulado; Entorno Nacional de la Innovación y Competitividad; Grado de Interrelaciones entre los Componentes del Sistema de Innovación; y dos factores que reflejan el sub-sistema científico: Universidades y las Administraciones Públicas.* El modelo factorial explica un 86,58% de la varianza del conjunto de variables iniciales (Ver Tabla 2).

**TABLA 1: Estadísticas Variables Iniciales**

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS VARIABLES INCLUIDAS EN EL ANÁLISIS FACTORIAL						
	VARIABLES	N	Media	Desv. Tip	Mínimo	Máximo
1	Empleo (miles de personas)	414	8614.0	9814.2	161.0	39255.9
2	Capital Humano de Alta Calificación en Sector Servicios, Totales (miles de personas)	414	2379.4	2966.9	40.0	13593.3
3	Capital Humano de Alta Calificación en Sector Intensivo en Conocimiento, Totales (miles de personas)	414	1607.1	1993.0	26.0	8986.0
4	PIB millones de euros 2005	414	451149.2	636630.8	5725.0	2471308.4
5	Formación Bruta de Capital Fijo millones de euros 2005	414	89022.1	120315.4	1537.8	463678.0
6	Población Total (15-64 años)	414	13831329.4	15574082.0	274768.0	55992553.0
7	Importaciones respecto al total Mundial %	414	1.6	1.9	0.1	8.8
8	Exportaciones respecto al total Mundial %	414	1.7	2.2	0.0	10.1
9	Salarios millones de euros 2005	414	179407.6	259603.5	2990.0	1054154.1
10	Personal en I+D Sector Privado (Full Time) % Empleo	414	5.8	4.4	0.0	19.4
11	Personal en I+D Sector Privado (número de personas) % Empleo	414	7.0	5.2	0.2	21.9
12	Patentes EPO sobre la Fuerza de Trabajo (patentes/millón de personas)	414	183.1	183.0	0.4	584.1
13	Patentes EPO per capita (patentes/millón de personas)	414	88.9	91.5	0.1	303.2
14	Gasto de I+D Sector Privado % PIB	414	9.7	7.1	0.1	32.0
15	Relevancia del Sector Privado en el gasto total en I+D	414	56.4	17.4	1.9	99.0
16	Productividad	414	48337.6	32001.6	2517.4	167035.1
17	Patentes Alta Tecnología sobre la Fuerza de Trabajo (patentes/millón de personas)	414	39.0	50.2	0.0	256.7
18	Patentes Alta Tecnología EPO per capita (patentes/millón de personas)	414	19.2	25.4	0.0	127.3
19	Copatentes per capita (copatentes/millón de personas)	414	8.3	9.7	0.0	61.1
20	Salario Promedio en euros 2005	414	26186.9	18533.8	1438.8	83298.4
21	Personal en I+D Universidades (Full Time) % Empleo	414	3.3	1.6	0.0	7.5
22	Personal en I+D Universidades (número de personas) % Empleo	414	6.5	3.0	0.0	15.6
23	Población en Educación nivel 5-6 como % del total de la población	414	54.0	17.4	2.5	97.8
24	Gastos en I+D Universidades % PIB	414	3.6	2.2	0.0	9.5
25	Personal en I+D AAAPP (Full Time) % Empleo	414	1.7	0.9	0.5	5.2
26	Personal en I+D AAAPP (número de personas) % Empleo	414	2.2	1.0	0.4	5.5
27	Gastos en I+D AAAPP % PIB	414	2.2	0.9	0.2	4.8
28	Costos Laborales Unitarios	414	0.5	0.1	0.0	0.8
29	Capital de Riesgo % PIB	414	18.6	25.7	0.0	210.0
30	Gastos en I+D Sector Privado financiado por AAAPP (% Total)	414	9.1	7.9	0.0	48.6
31	Gastos en I+D Universidades y AAAPP financiado por el Sector Privado (% Total)	414	7.4	4.3	0.7	28.6

Elaboración propia

<sup>23</sup> Para detalles respecto a metodología de òndiceö véase IAIF working document 61.- **The IAIF index for European regional innovation systems.** Mónica Martínez Pellitero, Mikel Buesa y Joost Heijs (2008) (<http://eprints.ucm.es/7980/1/61-08.pdf>)

Distinguimos dos aspectos del entorno de los sistemas de innovación. Primero, el *Entorno Económico y Masa Crítica*, que resume todas las variables relativas a indicadores macroeconómicos. Además incluye los recursos humanos en I+D totales en el país. Aporta el 27,66% de la varianza explicada por el modelo factorial. Segundo, el *Entorno Nacional de la Innovación y Competitividad*, que reúne la información de inversión en start ups a nivel nacional además de la competitividad económica del país medida a través de los costes laborales unitarios. Contribuye con el 5,98% de la varianza explicada por el modelo factorial.

En la parte central del Sistema de Innovación se encuentran las empresas, ya que son ellas los agentes que introducen las innovaciones en el mercado. El factor *Empresas Innovadoras y Conocimiento Tecnológico Acumulado* resume la información presente en los indicadores de inversiones en I+D a nivel de empresa. Además, incluye la información acerca de las solicitudes de patentes, de patentes de alta tecnología y copatentes. Aporta el 26,83% de la varianza explicada por el modelo factorial.

Dos factores recogen el sub-sistema científico. Por un lado, las *Universidades*, factor que recoge la información presente en los indicadores de inversión en I+D y contratación de personal de cualificación post-universitaria y aporta el 11,67% de la varianza explicada por el modelo factorial. Por otro lado, las *Administraciones Públicas*, factor que agrupa la información presente en los indicadores de gastos en I+D y contratación de personal en las administraciones públicas, aportando el 9,26% de la varianza explicada por el modelo factorial.

El *Grado de Interrelaciones entre los Componentes del Sistema de Innovación* sintetiza el nivel de interacción entre los actores del sistema de innovación: empresas, universidades y AAPP. En específico, el aporte que hacen las empresas al esfuerzo innovador del sector público y viceversa. Agrega el 5,17% de la varianza explicada por el modelo factorial.<sup>24</sup>

Hay que destacar que el resultado del análisis factorial, más allá de ayudar a configurar los Sistemas de Innovación a través de los factores, agrupa las variables de acuerdo a criterios exclusivamente estadísticos, dejando fuera cualquier criterio subjetivo que pueda sesgar los resultados, algo relevante para la configuración del Índice. Es decir, no se han agrupado los datos a priori sino que es el propio análisis factorial quien lo hace a base de las correlaciones entre las variables.

### **3.3.- Construcción del Índice Sintético de la Capacidad Innovadora en los países europeos**

Como se ha mencionado, el Índice de Capacidad Innovadora busca reflejar cuantitativamente los elementos que pueden mejorar los resultados de los Sistemas de Innovación, además de permitir realizar comparaciones entre ellos. Después de levantar la base de datos inicial e identificar los factores que componen los Sistemas de Innovación, se procedió a calcular las ponderaciones (o peso) de los factores y

---

<sup>24</sup> Es importante considerar que por la propia naturaleza del análisis factorial, todos los factores reflejan de alguna manera las interrelaciones entre las diversas variables iniciales y por ende de los componentes de los Sistemas de Innovación.

variables, estandarizarlos o normalizarlos para finalmente calcular el Índice. Para calcular las ponderaciones, y para mantener la objetividad estadística, se usaron los resultados del análisis factorial realizado previamente. Así, además, se recoge el aporte real de cada variable al Sistema de Innovación. Se considera que cada factor es un subíndice dentro del índice global y su peso en éste es determinado por la variabilidad total explicada por el factor respecto a la varianza total explicada por el modelo factorial. Esto implica que variables  $\hat{o}$  y, por ende, los factores con mayor variabilidad  $\hat{o}$  tendrán una mayor influencia o peso que aquellas variables que reflejen una distribución más homogénea entre los países.

Respecto a las variables, su peso dentro de cada factor o subíndice es calculado a partir de la *matriz de coeficientes para calcular las puntuaciones factoriales en los componentes*. Considerando que cada variable es asignada a sólo un factor sobre la base de su grado de correlación con éste, el peso relativo es calculado como porcentaje desde las correlaciones entre el factor y cada variable, y la correlación del factor con todas las variables. En la Tabla 2, se observa que el factor con mayor ponderación corresponde al *Entorno Económico* con un 31,9% (con 9 variables), seguido muy de cerca por el factor *Empresas Innovadoras* con un 31% (con 11 variables). Más atrás se ubican los factores *Universidades* y *AAPP*, con un 13,5% (4 variables) y 10,7% (3 variables) respectivamente, para quedar los factores *Entorno Nacional a la Innovación* y *el Grado de Interrelaciones* en un 6,9% y 6% respectivamente (con 2 variables cada uno). Además se aprecia el aporte que cada variable realiza al factor o subíndice.

Finalmente, en la última etapa de construcción del Índice, las variables son estandarizadas en orden a oscilar dentro de márgenes establecidos y hacerlas comparables. Para esto se tomaron los valores máximos y mínimos de cada año obteniendo valores estandarizados entre 0 y 100 para la variable correspondiente al país y al año.<sup>25</sup> La suma de los variables estandarizadas por las ponderaciones dentro de cada factor y multiplicado por cien da los valores para cada factor o subíndice, y éstos multiplicados por sus respectivos pesos resultan en los valores del Índice para cada país en cada año. Los resultados del Índice de Capacidad Innovadora para cada año son presentados en el Anexo 2, aquí, de manera expositiva, se despliega el Índice promedio para el período 1995-2012.

---


$$I_{r,j}^* = \frac{I_{r,j}}{I_{j}^{\max} - I_{j}^{\min}} * 100$$

Dónde:  $I_{r,j}^*$  : valor estandarizado del país r, en el año j.  
 $I_{r,j}$  : valor observado del país r, en el año j.  
 $I_{j}^{\max}$  : valor máximo observado en el año j.  
 $I_{j}^{\min}$  : valor mínimo observado en el año j.

**TABLA 2: Estructura del Índice de Capacidad Innovadora (1995-2012)**

FACTORES	VARIABLES	Ponderación de cada variable %	Ponderación del factor en el Índice %	% Varianza Explicada
Entorno Económico y Masa Crítica	Empleo (miles de personas)	11,92	31,9	27,66
	Población activa (total)	11,94		
	PIB millones de euros 2005	11,62		
	Salarios millones euros 2005	9,12		
	Formación Bruta de Capital Fijo millones euros 2005	11,62		
	Capital Humano de alta calificación en sector Servicios Total (miles de personas)	11,63		
	Capital Humano de alta calificación en sector Intensivo en conocimiento Total (miles de personas)	11,65		
	Exportaciones % Total Mundial	9,82		
	Importaciones % Total Mundial	10,67		
	Empresas Innovadoras y Conocimiento Tecnológico Acumulado	Gasto I+D Empresas Y PIB		
Personal I+D Empresas HC Y Empleo		10,50		
Personal I+D Empresas FT Y Empleo		11,08		
Patentes EPO per capita (patentes/millón personas)		9,89		
Patentes EPO sobre la fuerza laboral (patentes/millón personas)		10,01		
Patentes Alta tecnología EPO per capita (patentes/millón personas)		8,83		
Patentes Alta tecnología EPO sobre la fuerza laboral (patentes/millón personas)		8,92		
Productividad		6,49		
Salario promedio		4,84		
Relevancia del sector empresarial en el gasto de I+D		11,89		
Copatentes(copatentes/millón de personas)		7,59		
Universidades		Personal I+D Universidades FT Y Empleo	26,32	13,5
	Gasto I+D Universidades Y PIB	20,54		
	Personal I+D Universidades HC Y Empleo	25,78		
	Porcentaje de la población total en nive de Educación 5 y 6	27,36		
Administraciones Públicas	Personal I+D AAPP HC Y Empleo	34,30	10,7	9,26
	Personal I+D AAPP FT Y Empleo	34,56		
	Gasto I+D AAPP Y PIB	31,13		
Entorno Nacional a la Innovación y Competitividad	Venture Capital Y PIB	38,32	6,9	5,98
	CLU	61,68		
Grado de Interrelaciones entre los Componentes del Sistema de Innovación	Gasto en I+D de las empresas financiado por las AAPP	51,95	6,0	5,17
	Gasto de las Universidades y la AAPP financiado por las empresas			
		48,05		
			<b>TOTAL VARIANZA EXPLICADA</b>	<b>86,58%</b>

**TABLA 3**

## Índice de la Capacidad Innovadora Nacional

Promedio 1995-2012

Países	Índice
Alemania	63.1
Francia	56.4
Reino Unido	52.8
Finlandia	51.8
Suecia	45.2
Holanda	44.7
Italia	40.3
Dinamarca	38.3
España	36.7
Bélgica	36.1
Austria	33.1
Luxemburgo	32.6
Eslovenia	28.2
Polonia	24.5
Irlanda	23.7
Rep. Checa	22.5
Hungría	22.5
Lituania	21.3
Estonia	19.7
Portugal	18.9
Eslovaquia	18.4
Rumanía	18.0
Bulgaria	17.4

Elaboración propia

## 4.- EL MODELO DE CRECIMIENTO ECONÓMICO

### 4.1.- La Especificación Econométrica del Modelo

La segunda aplicación empírica de este estudio consiste en la estimación del Modelo de Crecimiento Aumentado de Bassanini y Scarpeta (2001) para la misma muestra de 23 países de la Unión Europea con datos anuales para el periodo 1995-2012, utilizando el estimador Promedio de Grupos Agrupado, PMG, por adaptarse mejor a nuestros propósitos de esta sección, ya que permite estimar una relación de largo plazo común entre los países, al mismo tiempo que permite heterogeneidad de la muestra sin restricciones en el corto plazo.<sup>26</sup> Tiene como ventaja su mayor coherencia y eficacia frente a otros estimadores de paneles de corrección de errores, además de su sencillez computacional, comparado con otros métodos.

Formalmente, sobre la base de los parámetros de la función de producción, así como de los coeficientes estimados del estado estacionario, se formula la *hipótesis de largo plazo* que permite identificar directamente los parámetros que afectan la dinámica de transición al estado de equilibrio, denotada por  $\alpha_{s,i} / i =$  (ver Apéndice 2).

Con el procedimiento PMG obtenemos una versión restringida de la ecuación de corrección de errores presentada en Bassanini y Scarpeta (2001),<sup>27</sup> que permite estimar datos de series de tiempo agrupados por cada país:

$$\Delta \ln y_{it} = -\alpha_{ny} \ln y_{it-1} - \theta_{sk} \ln Sk_{it} - \theta_{kh} \ln Kh_{it} + \theta_{n} \Delta \ln n_{it} - \sum_{j=1}^J \theta_{Vj} \ln V_{it}^j - \alpha_{\epsilon} \epsilon_{it} - \theta_{sk} \Delta \ln Sk_{it} + b_{sk} \Delta \ln Kh_{it} + b_{n} \Delta \ln n_{it} + \sum_{j=1}^J b_{Vj} \Delta \ln V_{it}^j + \epsilon_{it} \quad [1]$$

En esta expresión, se supone que la tasa de crecimiento del PIB per cápita va a depender de su nivel inicial, de la acumulación de capital físico, la acumulación de capital humano, la tasa de crecimiento de la población y de un conjunto de factores normativos e institucionales, que en nuestro caso representan las características de los Sistemas de

<sup>26</sup> Considerando el objetivo de esta parte de la investigación, y en virtud de la muestra con la cual trabajamos, parece posible asumir que los países de la Unión Europea tienen características, si no comunes, por lo menos semejantes, como pueden ser el acceso a tecnologías, intensivo comercio intrarregional, inversión extranjera directa, restricciones presupuestarias o de liquidez, por mencionar algunas, todos estos factores contribuyen con parámetros similares a la función de producción, por lo que pareciera lógico considerar la homogeneidad entre países por lo menos en el *largo plazo*. Mientras que este supuesto no resulta tan evidente para la dinámica de *corto plazo* óya que cada economía muestra diferentes grado de flexibilidad a temas como la vulnerabilidad a los choques internos y externos los mecanismos de ajuste monetario y fiscal, las imperfecciones de los mercados financieros, y la flexibilidad salarial (Sánchez *et al.*, 2015).

<sup>27</sup> Ver Apéndices 1b y 2.

Innovación a través del Índice de Capacidad Innovadora. Los **b-regresores** controlan los componentes cíclicos de corto plazo.

El coeficiente de convergencia de los parámetros de corrección de errores,  $\alpha_i$ , y los coeficientes de largo plazo,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  y  $\beta_j$ , son de interés primario. Con la inclusión de  $\alpha_{oi}$ , se permite una media distinta de cero de la relación de cointegración (Blackburne, y Frank, 2007). Por lo tanto, esperamos que  $\alpha_i$  sea negativa bajo el supuesto previo de que las variables muestran un retorno al equilibrio de largo plazo.<sup>28</sup>

La hipótesis de homogeneidad de largo plazo de los parámetros del modelo no se puede suponer a priori, siendo necesario comprobarla empíricamente en todas las especificaciones a través de la prueba de Hausman.<sup>29</sup> Por otra parte, dada la limitación de grados de libertad en las regresiones de crecimiento específicas de cada país, en este trabajo se ha optado por no incluir la tendencia en el tiempo (para más detalles acerca del método de estimación ver Apéndice 2).

#### **4.2.- Datos y Descripción de Variables**

Las ecuaciones de crecimiento se han estimado sobre una matriz de datos de panel para la misma muestra de 23 países pertenecientes a la Unión Europea y con datos anuales durante el período 1995-2012. Los países elegidos son aquellos que presentan series anuales continuas originarias o parcialmente estimadas para el total de las variables utilizadas en el estudio.

Con el fin de capturar posibles efectos proporcionales, todas las variables de control utilizadas en la regresión se especifican en logaritmos naturales, y son las siguientes:

- *Variable dependiente* ( $\ln Y$ ): El crecimiento del PIB per cápita a precios constantes de la población entre los 15-64 años.
- *Variable de convergencia* ( $\ln Y_{-1}$ ): El PIB per cápita a precios constantes rezagado de la población entre los 15-64 años. Esta variable es un indicador del nivel de vida del año anterior, si el coeficiente de la estimación es *negativo* y *significativo* implica que los países más pobres crecen más rápido y por lo tanto el proceso de convergencia se producirá más rápidamente que en los países ricos, (condicional a diferencias en las

---

<sup>28</sup> Tal y como comentan Blackburne y Frank, 2007, el estimador PMG procede de la siguiente manera. *En primer lugar, la estimación de los coeficientes de la pendiente a largo plazo se lleva a cabo de manera conjunta para todos los países a través de un procedimiento (concentrado) de máxima verosimilitud desarrollado por Pesaran, Shin y Smith (1999). En segundo lugar, la estimación de los coeficientes de corto plazo (incluyendo el parámetro de convergencia  $\alpha_i$ ), la intersección específica de cada país ( $\beta_{n,i}$ ), y la varianza de error específica de cada país, se realizan tomando el promedio simple de los coeficientes país por país, también a través de máxima verosimilitud, y el uso de las estimaciones de los coeficientes de la pendiente a largo plazo previamente obtenidos.*

<sup>29</sup> La Prueba de Hausman consiste en probar la hipótesis nula óhomogeneidad de coeficientes a largo plazoó a través de este estadístico, basado en la comparación entre los estimadores PMG y MG. Si la  $H_0$  no se rechaza hay evidencia de una relación de largo plazo. Caso contrario, si la  $H_0$  se rechaza, entonces no habría ninguna evidencia de una relación de largo plazo, y los coeficientes obtenidos en las regresiones son el promedio simple de los coeficientes específicos de cada país.

tasas de inversiones, niveles educativos de la población y el grado de apertura comercial). Por el contrario, si el signo es *positivo y significativo*, significa que los países más ricos crecen más rápido y habría divergencia. Por último, si el coeficiente se presenta no significativo quiere decir que todos los países crecen igual.

- *Acumulación de capital físico (lnSk)*: La propensión a la acumulación de capital físico se aproxima por la formación bruta de capital fijo respecto del PIB a precios constantes. Al estar representados los sectores público y privado en el modelo a estimar, se obtiene un mejor ajuste de los coeficientes, y el signo esperado del coeficiente de esta variable en la estimación es positivo.
- *Acumulación de capital humano (lnKh)*: Está representada por el número de personas que están enroladas en educación terciaria en cada uno de los países de la base de datos. Según la evidencia empírica, desarrollada por MRW (1992), Bassanini y Scarpetta (2001), Arnold (2008) y Romain (2011), su contabilización conjunta con el capital físico da como resultado una mejor participación en el producto que la que se obtiene al utilizar únicamente el *simple* capital físico, es decir, reduce la sobreestimación del capital físico y mejora la capacidad explicativa del modelo, y consecuentemente, el signo esperado para esta variable es positivo.
- *Tasa de Crecimiento de la población (n)*: Es la primera diferencia del logaritmo del nivel de la población de 15 a 64 años. Siguiendo los modelos neoclásicos de crecimiento se espera una relación negativa entre el crecimiento del PIB per cápita y la tasa de crecimiento de la población. Según Weil (2006), esta relación causal *puede ser una prueba de que un rápido crecimiento demográfico es la causa de que un país sea pobre o de que hay algo en el hecho de ser pobre que provoca un rápido crecimiento de la población o de que la causalidad va en ambos sentidos*.
- *Índice de Capacidad Innovadora (lnIndex)*: Este índice fue calculado en la primera parte del estudio. Para reflejar el papel de la innovación o la I+D en el crecimiento y analizar modelos usando las variables individuales más comunes en la literatura empírica, se realizaron cuatro regresiones adicionales utilizando las solicitudes de patentes corregidas por la población en cada uno de los países durante el período de estudio y el gasto en I+D total como porcentaje del PIB. Primero, la variable de patentes se introduce en el modelo con un rezago (lnPat\_1) dado su efecto retardado sobre el proceso productivo,<sup>30</sup> y luego en una segunda estimación se agregan las patentes acumuladas en los tres años anteriores (lnPat\_3), como proxy del stock de conocimiento tecnológico acumulado en cada país. La discusión respecto al uso del dato de patentes como reflejo del output del proceso innovador ya ha sido zanjado en la literatura (ver Griliches, 1990). También se realizan dos regresiones a partir de un input del proceso innovador como lo es el gasto en I+D total como porcentaje del PIB, primero en el mismo momento (lnGID) y luego con un retardo (lnGID\_1).

---

<sup>30</sup> Bassanini y Scarpetta incluyen todas las variables políticas con un rezago a excepción de la I+D para medir mejor su impacto sobre el producto, ver Basanini y Scarpetta, 2001.

- *Comercio Exterior (lnExports1)*.- Se utiliza la proporción de las exportaciones del país correspondiente respecto a las exportaciones totales mundiales corregido por la población (millón de personas). Este enfoque neomercantilista<sup>31</sup> se sostiene en el contexto global en la cual se insertan las economías europeas, altamente interconectadas y en competencia con otros bloques regionales como Norteamérica y el Sudeste Asiático, particularmente China. La apertura del comercio puede estimular el crecimiento a través de una variedad de canales, incluyendo una mayor explotación de las ventajas comparativas, las economías de escala, la difusión del conocimiento, la expansión de la mayoría de las empresas productivas y la salida de las menos productivas. En el estudio se considera la proporción del país correspondiente en las exportaciones totales mundiales corregido por la población, entendiendo que la mayor capacidad exportadora de un país es un reflejo de su mayor competitividad, entendida como la capacidad de poner en los mercados internacionales más bienes y servicios en una mejor relación precio-calidad respecto a otros países. Avondet *et al.* (2007), explican que existen estudios que demuestran la existencia de una relación directa entre el dinamismo de la demanda internacional, la tecnología incorporada en los bienes de exportación y el crecimiento (Dosi y Soete, 1988; Peretto, 1990; Dosi, 1991). Por estas consideraciones, en nuestro análisis empírico se supone un impacto positivo (significativo) al incluir en la especificación de la ecuación de crecimiento la proporción relativa respecto a las exportaciones mundiales.

En el Anexo 3 se presentan las estadísticas básicas de las variables a las que se ha hecho mención anteriormente.

### **4.3.- Análisis Econométrico y Resultados**

#### **4.3.1.- Modelo básico, con capital humano y con exportaciones.**

En la Tabla 4 se presentan tres especificaciones de la ecuación de crecimiento, donde se puede observar que los *inputs* rivales *ô* capital físico y humano *ô* y población aparecen con el signo esperado y son altamente significativos. Sin embargo, la introducción del capital humano en la segunda especificación tiene un pequeño efecto en el coeficiente de la acumulación de capital físico (pasa de 0,116 a 0,113), mientras el coeficiente estimado a largo plazo de la tasa de crecimiento de la población de 15-64 años también disminuye. Esto es esperable de acuerdo a MRW ya que la acumulación de capital humano está correlacionada con las tasas de ahorro y las tasas de crecimiento de la población, por lo tanto su omisión puede generar sesgos al alza en los coeficientes de esas variables.

Asimismo, podemos sugerir que un incremento del 1% en la acumulación de *capital físico* (columna 2) representaría un aumento del 0,113% en la tasa de crecimiento del

---

<sup>31</sup> Para esta escuela económica, el capital que estaba representado por los metales preciosos que el Estado tenía en su poder, se incrementa sobretudo mediante una balanza comercial positiva con otras naciones, es decir, que las exportaciones sean mayores a las importaciones.

PIB per cápita, mejorando la productividad, mientras que un incremento similar en la tasa de crecimiento de la población daría lugar a una disminución del 1,51%.

En lo relacionado a la acumulación *de capital humano*, a un 1% adicional en la población que accede a la educación terciaria le corresponde un aumento estimado de la tasa de crecimiento del PIB per cápita de sólo el 0,034%. Este resultado tiene antecedentes en la literatura empírica, ya que algunos estudios han encontrado ningún o muy limitados efectos del capital humano sobre el crecimiento (véase, por ejemplo; Benhabib y Spiegel, 1994; Easterly y Levine, 2001).

Finalmente, con la incorporación de la proporción relativa de las exportaciones mundiales, mejora el ajuste global del modelo ya que el log de máxima verosimilitud aumenta de 961 a 1030. Como se esperaba, el coeficiente de esta variable es positivo y estadísticamente significativo al 5% de confianza.

**TABLA 4: Regresiones añadiendo capital humano y exportaciones<sup>1</sup>**

Variable dependiente: lnY	Ecuación estándar (1)	Ecuación con capital humano (2)	Ecuación con exportaciones (3)
LnSk	0,116*** (0,008)	0,113*** (0,006)	0,109*** (0,006)
n	-1,590*** (0,201)	-1,510*** (0,139)	-1,459*** (0,132)
LnKh		0,034*** (0,007)	0,029*** (0,008)
LnExportsI			0,012** (0,006)
Coeficiente de convergencia LnY <sub>-1</sub>	-0,133*** (0,010)	-0,134*** (0,006)	-0,137*** (0,007)
Nº de países	23	23	23
Nº de observaciones	345	345	345
Log máxima verosimilitud	961	998	1030

1. Todas las ecuaciones incluyen la dinámica de corto plazo y las condiciones especificadas de cada país. Los errores estándar están en las segundas líneas.

\*\*\*, \*\*, \* Indica una significación de los coeficientes en el nivel del 1%, 5% y 10% respectivamente

Otro punto a destacar es que cuando se incorpora la variable de capital humano al modelo, la variable de convergencia casi no varía, y muy poco al incorporar la cuota de exportaciones.

#### 4.3.2.- El modelo añadiendo las medidas de innovación

En esta sección se amplía el análisis de los determinantes del crecimiento incluyendo la innovación. Se ha estimado el modelo usando cinco variables alternativas: las solicitudes de patentes per cápita (con un retardo), las patentes acumuladas en los tres años previos como un proxy del stock de conocimiento científico acumulado, el gasto en I+D total como porcentaje del PIB, en el mismo año y con un retardo. Finalmente se usa el Índice de Capacidad Innovadora calculado en la primera parte del estudio.

Los resultados de la Tabla 5 muestran que al añadir la primera variable de innovación, las patentes per cápita con un rezago (columna 1), esta se presenta positiva y es estadísticamente significativa. Este hecho se encuentra en línea con otros estudios que incluyen esta variable como reflejo de la actividad innovadora (Fagerberg; 1987, 1988 y 1991). Además, la inclusión de esta variable aumenta moderadamente el poder explicativo del modelo medido por el log máxima verosimilitud. El coeficiente se interpreta como elasticidad, es decir, un aumento de un 1% en las solicitudes de patentes del año anterior genera un aumento del 0,012% en la tasa crecimiento de la economía del año en curso.

En la siguiente estimación (columna 2) se añade el stock de conocimiento científico acumulado, sin mejorar la verosimilitud del modelo y explicando con un mayor coeficiente la tasa de la crecimiento de la economía, 0,017%. En las columnas 3 y 4 se agrega el gasto en I+D, en el mismo momento y con un retardo, respectivamente, ambas con coeficientes significativos de 0,020% y 0,018%. Finalmente, en la columna 5 se utiliza el Índice de Capacidad Innovadora, el cual es significativo, aumenta los coeficientes del resto de variables (salvo la convergencia) y explica más el crecimiento que las variables anteriores ya que su coeficiente prácticamente las duplica. Sin embargo, se pierde algo de ajuste global del modelo medido por el log de máxima verosimilitud. Su coeficiente también se interpreta como elasticidad, si se registra un aumento del 1% en la capacidad innovadora de un país, medida a través de su Índice, la tasa de crecimiento de la economía aumenta en un 0,031%.<sup>32</sup>

Al comparar los coeficientes de las formas alternativas de medir la innovación de la Tabla 5 se observa un leve ajuste positivo en los coeficientes de la acumulación de capital físico y humano cuando se incorporan las sucesivas variables que indican las actividades innovadoras, lo que reflejaría complementariedad entre la innovación y el resto de las variables (Howitt y Aghion, 1998).

---

<sup>32</sup> Se realizaron estimaciones con la variable LnIndex con un retardo no cambiando significativamente los resultados.

**TABLA 5: Regresiones añadiendo la innovación**

Variable dependiente: lnY	Ecuación con Patentes con un retardo (1)	Ecuación con Stock de Conocimiento (2)	Ecuación con Gasto en I+D (3)	Ecuación con Gasto en I+D con un retardo (4)	Ecuación con Índice de Capacidad Innovadora (5)
LnSk	0,108*** (0,006)	0,111*** (0,006)	0,119*** (0,006)	0,117*** (0,007)	0,120*** (0,007)
n	-1,410*** (0,117)	-1,406*** (0,115)	-1,636*** (0,112)	-1,493*** (0,128)	-1,654*** (0,159)
LnKh	0,026*** (0,007)	0,042*** (0,008)	0,033*** (0,008)	0,037*** (0,008)	0,036*** (0,008)
LnExports1	0,020*** (0,005)	0,016*** (0,005)	0,020*** (0,006)	0,018*** (0,005)	0,020*** (0,006)
LnPat <sub>1</sub>	0,012*** (0,003)				
LnPat <sub>3</sub>		0,017*** (0,004)			
LnGID			0,020*** (0,006)		
LnGID <sub>1</sub>				0,018*** (0,005)	
LnIndex					0,031** (0,013)
Coefficiente de convergencia LnY <sub>-1</sub>	-0,177*** (0,011)	-0,197*** (0,015)	-0,166*** (0,011)	-0,164*** (0,010)	-0,155*** (0,010)
Nº de países	23	23	23	23	23
Nº de observaciones	345	345	345	345	345
Log máxima verosimilitud	1061	1061	1071	1062	1052

1. Todas las ecuaciones incluyen la dinámica de corto plazo y las condiciones especificadas de cada país. Los errores estándar están en las segundas líneas.

\*\*\*, \*\*, \* Indica una significación de los coeficientes en el nivel del 1%, 5% y 10% respectivamente

#### 4.3.3.- Test de Robustez del Modelo Econométrico

A continuación, se presentan y evalúan las pruebas de robustez realizadas a la especificación adoptada en la ecuación [1], así como la solidez de los resultados obtenidos al aplicar el estimador de corrección de errores PMG en esta aplicación empírica. Se comprueba que los residuos de la ecuación de largo plazo sean estacionarios para evitar regresiones incorrectas, para lo cual, se utiliza la prueba de raíz



valiéndonos de la prueba estadística de Hausman (ver Apéndice 2 *“Método de Estimación”*) se justifica que en términos econométricos el mejor estimador para esta aplicación empírica es el estimador PMG, por sus ganancias en coherencia y eficacia al compararlo con los otros estimadores de corrección de errores.

Además, se puede apreciar que el *coeficiente de corrección de errores agrupados* en los tres casos es estadísticamente significativo y con el signo esperado (negativo), valores que caen dentro del rango de una dinámica estable,<sup>35</sup> lo que revela un fuerte proceso de convergencia condicional de los países de la Unión Europea y puede ser considerado como un indicador de cointegración entre las variables y por tanto de la existencia de una relación de largo plazo (Díaz, 2012) confirmando así la especificación adoptada en la ecuación [1].

En lo relacionado con los *coeficientes de corto plazo*, que recogen los efectos cíclicos o temporales de las variables, el estimador PMG permite que éstos no se limiten a ser los mismos en todos los países figurando sólo el efecto promedio de los países. Por esta razón no tienen una interpretación económica clara más allá del ajuste temporal por el que se incluyen en el modelo.

#### **4.3.4.- El papel de la convergencia**

La velocidad de convergencia encontrada varía según cada estudio. La mayoría sugieren que a una economía le tomaría entre 20 y 30 años cubrir la mitad de la distancia entre los niveles iniciales y su estado de equilibrio (Mankiw *et al.*, 1992; Barro y Sala-i-Martin, 1995), otros pocos trabajos refieren que sería necesario menos de 9 años para cubrir la mitad de la distancia (Caselli *et al.*, 1996). Según Bassanini y Scarpeta (2001, p.23) *identificar y diferenciar el efecto de crecimiento temporal o permanente puede parecer un tanto semántico si la velocidad de convergencia al estado estacionario es muy lenta o relativamente rápida, y por tanto, la elección entre las dos interpretaciones alternativas puede conducir a diferentes conclusiones políticas*. En este estudio se interpreta que los coeficientes estimados sólo tendrán efectos temporales sobre las tasas de crecimiento, y pueden tener impactos permanentes en los niveles de PIB per cápita entre países (Bassanini y Scarpetta, 2011; Sánchez *et al.*, 2015).

---

<sup>35</sup> Existe evidencia de una relación de largo plazo (estabilidad dinámica o rango estable) al utilizar las técnicas desarrolladas por Pesaran, Shin y Smith (1995, 1999) para estimar paneles dinámicos no estacionarios (PMG, MG y DFE), cuando el coeficiente de corrección de errores agrupado no es inferior a -2, es decir, cuando las raíces de las ecuaciones (largo y corto plazo) caen dentro del círculo unitario, y por lo tanto, se considera que el proceso es estacionario. Caso contrario, si el coeficiente cae fuera del rango permitido se revela que para algunos grupos (países en nuestro caso) la condición de estabilidad dinámica no se sostiene.

**TABLA 7: El efecto de largo y corto plazo en la tasa de crecimiento del PIB per cápita**

(Comparación estimadores PMG-MG-DFE)

Variable dependiente: lnY	Promedio de Grupos Agrupado		Promedio de Grupos		Prueba de Hausman		Efectos Fijos	
	Coefficiente (1)	E.E. (2)	Coefficiente (3)	E.E. (4)	Prueba H (5)	P-valor (6)	Coefficiente (7)	E.E. (8)
<b>Coefficientes de Largo Plazo</b>								
LnSk	0,120***	0,007	0,069	0,166	2,30	0,129	0,110***	0,015
n	-1,654***	0,159	-1,001	2,224	1,21	0,271	-1,789***	0,333
LnKh	0,036***	0,008	0,259***	0,095	1,38	0,239	0,026**	0,012
LnIndex	0,031***	0,013	0,111	0,206	2,64	0,104	0,019	0,025
LnExports1	0,020**	0,006	-0,009	0,047	0,25	0,614	0,051***	0,010
			Prueba de Hausman agrupada:		<b>0,51</b>	<b>0,99</b>		
Coefficiente de corrección de errores agrupado <sup>1</sup>	-0,71***	0,059	-1,080***	0,118			-0,804***	0,052
<b>Coefficientes de Corto Plazo</b>								
LnSk	0,187***	0,029	0,117***	0,040			0,131***	0,016
n <sup>2</sup>	1,351***	0,424	-0,562	0,753			-0,033	0,148
LnKh	0,022	0,064	0,020	0,095			-0,006	0,007
LnExports1	-0,014	0,019	0,013	0,022			-0,005	0,013
LnIndex	-0,042	0,061	-0,066	0,043			0,006	0,022
Nº de países	23		23				23	
Nº de obs.	345		345				345	
Log max. verosimilitud	1052							

1. Para que se evidencie una relación de largo plazo (estabilidad dinámica) el coeficiente no debe ser inferior a -2 (es decir, dentro del círculo unitario)

\*\*\*, \*\*, \* Indica una significación de los coeficientes en el nivel del 1%, 5% y 10% respectivamente

En todas las especificaciones el parámetro estimado de convergencia es negativo y significativo, lo que sugiere que los países menos desarrollados en el sentido tecnológico crecen más rápido y por lo tanto el proceso de convergencia condicional se producirá más rápidamente que en los países desarrollados. En la Tabla 5 (columna 2) se aprecia que la especificación donde se añade el stock de conocimiento tecnológico, la velocidad con que los países convergen a sus respectivos estados estacionarios de PIB per cápita es relativamente rápida (-0,197). Cuando se incluye en la especificación el Índice de Capacidad Innovadora, (columna 5), la tasa a la cual ocurre la convergencia disminuye (-0,155), trasladándose parte de la convergencia del òcatch upò tecnológico al coeficiente del Índice.

La velocidad de convergencia puede ser muy diferente según el tipo de país, su retraso económico inicial y sus circunstancias específicas (convergencia condicional). Es decir, no se pueden comparar países en distintos momentos históricos o en diferentes ciclos económicos. En la muestra de este trabajo se incluyen dos tipos de países. Los países europeos más avanzados y los países europeos del antiguo este de Europa cuya convergencia es muy rápida entre otros, debido a las ayudas europeas para que estos países puedan crear infraestructuras y mejorar sus instituciones, simultáneamente a su integración en el mercado único europeo. Pero, una vez llegado a un cierto nivel de desarrollo, la velocidad de convergencia de estos países se debería ralentizar.

## **5.- CONCLUSIONES**

En este estudio se analiza la relación entre las variables básicas o factores del crecimiento de forma simultánea con el papel del capital humano y la innovación, desarrollando un conjunto de regresiones de crecimiento en base a un panel de datos para 23 países de la UE. En lugar de tomar los promedios de tiempo (como en el estudio de MRW, 1992), el análisis se basa en datos anuales para el período 1995-2012, utilizando la especificación de corrección de errores (PMG) para modelar las dinámicas de largo y corto plazo de forma explícita.

La metodología planteada permitió reproducir los resultados estándar de la literatura empírica sobre el crecimiento, destacando entre otros temas lo siguiente:

- Los coeficientes de las variables capital físico y humano se presentan con signo positivo y significativo en todas las especificaciones en este estudio, lo que sugiere que son factores clave detrás del proceso de crecimiento a largo plazo, especialmente cuando la innovación tecnológica se incorpora en nuevos bienes de capital y el capital humano aporta una mayor contribución a los incrementos de la productividad, ya que estos *dos aspectos* añaden implícitamente un avance tecnológico.
- El desempeño de los Sistemas Nacionales de Innovación, reflejados en un Índice de Capacidad Innovadora Nacional, contribuye positivamente al crecimiento.
- La evidencia obtenida en este estudio sobre la rápida velocidad con la que los países parecen converger a su senda de crecimiento de estado estacionario, sugiere que los países menos desarrollados son los que más rápidamente crecen, además sugiere, que las diferencias observadas entre países en los niveles de PIB per cápita puede ser en gran parte el resultado de las diferencias en los niveles de estado estacionario en lugar de distintas posiciones de los países a lo largo de sendas de transición hacia los nuevos estados de equilibrio, este resultado es similar al obtenido por Bassanini y Scarpeta (2001). Estos resultados validan el planteamiento que sugiere que un cambio de política sólo tendrá un impacto temporal en el crecimiento y el potencial efecto sobre los niveles de vida se sentirán rápidamente.

- Cuando se incluye en la especificación el Índice de Capacidad Innovadora, la tasa a la cual ocurre la convergencia disminuye, trasladándose parte de la convergencia del  $\delta$  tecnológico al coeficiente del Índice.
- Con la significancia estadística del Índice de Capacidad Innovadora en el modelo econométrico de crecimiento, se confirma que las distintas configuraciones de los Sistemas de Innovación tienen diversos efectos sobre el crecimiento económico.
- De acuerdo al procedimiento de cálculo del Índice, los componentes identificados como subíndices y que marcan la diferencia entre los diferentes Sistemas de Innovación son: *Entorno Económico y Masa Crítica*; *Empresas Innovadoras y Conocimiento Tecnológico Acumulado*; *Universidades*; *Administraciones Públicas*; *Entorno Nacional de la Innovación y Competitividad*; y *Grado de Interrelaciones entre los Componentes del Sistema de Innovación*. Los resultados del análisis factorial y posterior cálculo del Índice establecen que los componentes *Entorno Económico y Masa Crítica*, junto al componente *Empresas Innovadoras y Conocimiento Tecnológico Acumulado* son los elementos que más influyen en la capacidad innovadora de un país, con casi un 63% de ponderación en el Índice. Por lo tanto, estos deberían ser el foco de las políticas públicas que busquen incrementar la capacidad innovadora de las naciones, su tasa de crecimiento económico y alcanzar una senda de desarrollo económico sostenible.
- Este trabajo abre líneas de investigación futura respecto a la medición de los Sistemas de Innovación, el análisis de sus componentes y el aporte específico que puede hacer cada uno de ellos o así como sus interacciones en el crecimiento económico de los países.

## Referencias Bibliográficas

- Abramowitz, M. (1956), *õCatching up, forging ahead and falling behindö*, Journal of Economic History, No. 46.
- Agiomirgianakis, G.; Asteriou, D. y Monastiriotis, V. (2002), *õHuman capital and economic growth revisited: a dynamic panel data studyö*, IAER, 8(3): pp. 177-187.
- Arnold, J. (2008), *õDo tax structures affect aggregate economic growth? empirical evidence from a panel of OCDE countriesö*, OCDE Economics Department Working Papers, No. 643, OCDE Publishing.
- Arrow, K. (1962), *õEconomic welfare and allocation of resources for inventionö*, En *õThe Rate and Direction of Inventive Activity*, ed. R. Nelson, Princeton University Press. Princeton.
- Asheim, B.; Gertler, M. (2005), *õThe geography of innovation: regional innovation systemsö*. In Fagerberg, Mowery y Nelson (Eds.) (2005), pp. 291-317.
- Avondet, L. y Piñero, F. (2007), *õComercio internacional y competitividad en la sociedad del conocimientoö*, pp. 1-27.
- Bassanini, A. y Scarpetta, S. (2001), *õDoes human capital matter for growth in OCDE countries?: evidence from pooled mean-group estimatesö*, OCDE Economics Department Working Papers, No. 282, OECD Publishing.
- Bassanini, A. y Scarpetta, S. (2001), *õThe driving forces of economic growth: panel data evidence for the OCDE countriesö*, OCDE Economic Studies No. 33, 2001/II.
- Barro, R. (1991), *õEl crecimiento económico en una muestra de paísesö*, Documentos de Trabajo del NBER 3120, National Bureau of Economic Reserach, Inc.
- Barro, R. y Sala-i-Martin, X. (1995), *õEconomic growthö*, McGrawHill.
- Bebczuk, R. y Garegnani, L. (2006), *õAutofinanciamiento empresario y crecimiento económicoö*, Investigaciones Económicas, Banco Central de la República Argentina.
- Benhabib, J. y Spiegel, M. (1994), *õThe role of human capital in economic development evidence from aggregate cross countryö*, Journal of Monetary Economics, Volume 34, Issue 2, pp, 143-173.
- Binswanger, H. D. y Ruttan, V. N. (1976), *õThe theory of induced innovation and agricultural developmentö*. John Hopkins Press. Baltimore.
- Blackburne, E., y Frank, M. (2007), *õEstimation of nonstationary heterogeneous panelsö*, The Stata Journal, Number 2, pp. 197-208.

Buesa, M.; Heijs, J.; Baumert, T. y Martínez-Pellitero, M. (2006). *Regional systems of innovation and knowledge production function: the Spanish case*. Technovation. Vol 26, Abril. (ISSN, 0166-4972: Pp.463-472).

Buesa, M.; Heijs, J. (Eds.), (2007), *Sistemas regionales de innovación: nuevas formas de análisis y medición*. Fundación de las Cajas de Ahorros ó FUNCAS: Madrid.

Buesa, M.; Martínez Pellitero, M.; y Heijs, J. (2008), *The IAIF index for European regional innovation systems*, Documento de Trabajo No 61, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense de Madrid.

Buesa, M.; Heijs, J. y Baumert, T. (2010), *The determinants of regional innovation in Europe: a combined factorial and regression knowledge production function approach*. Research Policy, Volume 39, Issue 6, July 2010, Pages 722-735.

Buesa, M. y Heijs, J. (2013), *Manual de economía de la innovación*. Instituto de Análisis Industrial Y Financiero. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales Universidad Complutense de Madrid.

Caselli, F.; Esquivel, G. y Lefort, F. (1996), *Reopening the convergence debate: a new look at cross-country growth empirics*. Journal of Economic Growth.

Cass, D. (1965): *Optimum growth in an aggregative model of capital*, Review of Economic Studies, 32, 233-240.

Cooke, Ph.; Uranga, M. y Etxebarria, G. (1997), *Regional systems of innovation: institutional and organizational dimensions*. Research Policy, vol. 26(2), pp. 475-491.

Diamond, P. (1965), *National debt in a neoclassical growth model*, The American Economic Review, Vol. 55, Issue 5.

Díaz, O. (2000), *Identificación de booms crediticios en América Latina*, Banco Central de Bolivia.

Doloreux, D. (2002), *What we should know about regional systems of innovation*. Technology and Society, vol. 24(3), pp. 243-263.

Domar, E. (1946), *Capital expansion, rate of growth and employment*. Econometrica, Vol. XVI, No. 2, pp. 137-47.

Dosi, G. y Soete, L. (1988), *Technical change and international trade*, in Technical Change and Economic Theory, Dosi, G.; Freeman, R.; Nelson, R.; Silverberg, G. and Soete L. eds. London 1988.

Dosi, G. (1991), *Perspectives on evolutionary theory*, Science and Public Policy, Vol. 18 (6), pp. 353-361.

Easterly, W y Levine, R. (2001), *What have we learned from a decade of empirical research on growth? it's not factor accumulation: stylized facts and growth models*, World Bank Economic Review Vol. 15 (2), pp. 177-219.

Edquist, Ch. (Ed.), (1997), *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*, Pinter Publishers, London.

Edquist, Ch. (2005), *Systems of innovation: perspectives and challenges*. In Fagerberg, Mowery and Nelson (Eds.)

Evenson, R. y Kislev, Y. (1976), *A stochastic model of applied R&D*, Journal of Political Economy 84, pp. 265-281.

Fagerberg, J. (1987), *A technological gap approach to why growth rates differ*, Research Policy, Vol. 16, Issues 2-4, pp. 87-99.

Fagerberg, J. (1988a), *Why growth rates differ*. En Dosi/Freeman/Nelson/Silverberg/Soete (Ed.), 1988.

Fagerberg, J. (1994), *Technology and international differences in growth rates*. Journal of Economic Literature, Vol. XXXII, (September).

Freeman, Ch. , Clark, J. y Soete, L. (1985), *Desempleo e innovación tecnológica. un estudio de las ondas largas y el desarrollo económico*, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Madrid.

Freeman, Ch. (1987), *Technology policy and economic performance: lessons from japan*, Printer, Londres.

Freeman, Ch. (1994), *Innovation and growth*. En: Dodgson/Rothwell (Ed.)

Freeman, Ch. (1995), *The national system of innovation, in historical perspective*, Cambridge Journal of Economics 19, pp. 5-24.

Freeman, R. y Louca, F (2002), *As time goes by: from the industrial revolutions to the information revolution*, Oxford University Press.

Furman, J.L., Porter, M.E. y Stern, S. (2002), *The determinants of national innovative capacity*. Research Policy, nº 31, pp. 899-933.

Griliches, Z. (1986), *Productivity, R&D and basic research at firm level, is there still a relationship*. American Economic Review, Vol. 76 (1).

Griliches, Z. (1990), *Patent statistics as economic indicators: a survey*, Journal of Economic Literature, vol. XXVIII, Diciembre. Existe traducción española, con el título *Estadísticas de patentes como indicadores económicos: una panorámica*, en *Ekonomiaz. Revista Vasca de Economía*, nº 23, 1992.

Harrod, R. (1939), *An essay in dynamic theory*, The Economic Journal, vol. 49, No. 193, pp. 14-33.

Heijs, J. (2012), *Fallos sistémicos y de mercado en el sistema español de innovación*, Revista de Información Comercial Española, No. 869 Noviembre-Diciembre 2012, pp. 43-64.

Howitt, P. y Aghion P. (1998), *Capital accumulation and innovation as complementary factors in long-run growth*, Journal of Economic Growth, Vol. 3, Issue 2, pp. 111-130.

Jones, Ch. y Romer, P. (2009), *The new kaldor facts: ideas, institutions, population, and human capital*, American Economic Association.

Jungmitage, A. (2004), *Innovations, technological specialisation and economic growth in the EU*, Economic and Financial Affairs, Publications No. 199.

Kline, S. y Rosenberg, N. (1986), *An overview of innovation*, En: Landau/Rosenberg, National Academy Press.

Kondratiev, N (1925), *The static and dynamic view of economics*, Quarterly Journal of Economics, 39 575-83.

Koopmans, T. (1965), *On the concept of optimal economic growth*, in (Study Week on the) Econometric Approach to Development Planning, chap. 4, pp. 225-87. North-Holland Publishing Co., Amsterdam.

Levin, A., Lin, C. F. y Chu, C. (2002), *Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties*, Journal of Econometrics, 108, 1624.

Loayza, N. y Ranciere, R. (2005), *Financial development, financial fragility, and growth*, IMF Working Paper.

Lucas, R. (1990), *Why doesn't capital flow from rich to poor countries?* American Economic Review, Vol. 80, No 2, pp. 92-96.

Lundvall, B. (1994), *National innovation systems: towards a theory of innovation and interactive learning*, Pinter, Londres.

Lundvall, B. y Borrás, S. (1997), *The globalizing learning economy: implications for technology policy at the regional, national and european level*. Paper to the TSER workshop on *Globalization and the Learning Economy. Implications for Technology Policy*; Brussel, April 1997.

Makkonen, T. y Have R. (2013), *Benchmarking regional innovative performance: composite measures and direct innovation counts*, Scientometrics (2013) 94:247-262.

Mankiw, N., Romer, D. y Weil, D. (1992), *A contribution to the empirics of economic growth*, the Quarterly Journal of Economics, Vol. 107, No. 2.

Mazzucato, M. (2014), *El estado emprendedor, mitos del sector público frente al privado*, Editorial Rba, Barcelona.

Nelson, R. R. y Winter, S. (1974), *Neoclassical vs evolutionary theories of economic growth: critique and prospectus*. Economic Journal 84, pp. 886-905.

Nelson, R. R., Winter, S. y Schuette (1976), *Technical change in an evolutionary model*, Quarterly Journal of Economics 90, pp. 90-118.

Nelson, R. R. y Winter, S. (1982), *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press, Cambridge.

Nelson, R. R. (Ed.) (1993), *National systems of innovation: a comparative study*. Oxford University Press, Oxford.

Peretto, P.; Malerba, F. y Orsenigo, L. (1997), *Persistence of innovative activities, sectoral patterns of innovation and international technological specialization*, International Journal of Industrial Organization, Vol. 15, Issue 6, pp. 801-826.

Pesaran, M. y Smith, R. (1995), *Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels*. Journal of Econometrics, Vol.68, pp.79-113.

Pesaran, M., Shin, Y., y Smith, R. (1999), *Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels*. Journal of the American Statistical Association, Vol.94, pp.621-634.

Porter, M. (1990), *The comparative advantage of nations*. Free Press and Macmillan.

Rebelo, S. (1991), *Long run policy analysis and long run growth*, Journal of Political Economy, Vol. 99, No. 3, pp. 500-521.

Rodríguez-Pose, A. y Crescenzi, R. (2008), *Research and development, spillovers, innovation systems, and the genesis of regional growth in Europe*. Regional studies, 42(1), 51-67.

Rodríguez-Pose, A.; Comptour, F. (2012), *Do clusters generate greater innovation and growth? an analysis of European regions*. The Professional Geographer, 64(2), 211-231.

Romain, B.; Romain, D. y Murin, F. (2001), *The policy and institutional drivers of economic growth: new evidence from growth regressions*, Economics Department Working, papers No. 843.

Romer, P. (1986), *Increasing returns and long-run growth*, Journal of Political Economy, Vol. 94 No 5, pp. 1002-1037.

Rosenberg, N. (1969), *The direction of technological change: inducement mechanisms and focusing devices*, Economic Development and Cultural Change 18, pp. 1-24.

Sánchez, M. (2014), *La contribución del capital humano y la i+d en el crecimiento económico*, Trabajo Final para optar al grado de Máster en Economía, Universidad de Alcalá y Universidad Complutense de Madrid.

Sánchez, M.; de la Iglesia, C y Heijs, J. (2015), *La contribución del capital humano y la i+d en el crecimiento económico: un análisis de datos de panel dinámico*, International Journal of Knowledge Engineering, Florianópolis1, V4 n.8 p.110-135.

Schmookler, J. (1966), *Invention and economic growth*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Schumpeter, J. A. (1911), *Teoría del desenvolvimiento económico*, Fondo de Cultura Económica, México, 1944.

Schumpeter, J. A. (1939), *Business cycles: a theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process*. New York and London, McGraw-Hill.

Sener, S. y Saridogan, E. (2011), *The effects of science-technology-innovation on competitiveness and economic growth*, Procedia Social and Behavioral Sciences 24, pp. 815-828.

Solow, R. (1956), *A contribution to the theory of economic growth*, Quaterly Journal of Economics Vol. 70, No. 1, pp. 65-94.

Smith, A. (1776), *The wealth of nations*, Bantam Classic.

Verspagen, B. (2001), *Economic growth and technological change: an evolutionary interpretation*, STI Working Papers 2001/1, OECD.

Weil, D. (2006), *Crecimiento económico*, Addison-Wesley, pp. 616.

Young, A. (1994), *Lessons from East Asian NICs: a contrarian view*, European Economic Review, Vol. 38, Issues 3-4, pp. 964-973.

## ANEXO 1

### ANÁLISIS FACTORIAL

Respecto a la viabilidad del análisis factorial realizado, se puede decir que en éste, las variables no se asignan a priori a un factor, sino que es el propio procesamiento estadístico el que las agrupa. En este sentido, un análisis factorial sólo es útil si los resultados son interpretables, de manera inequívoca, a partir del marco conceptual que proporciona la teoría. Esta interpretación será posible si de forma simultánea se cumple que:

- Las variables incluidas en un factor pertenecen al mismo componente o subsistema del Sistema Nacional de Innovación.
- Las variables pertenecientes a un cierto subsistema se agrupan en un solo factor.
- Se puede asignar a cada factor o variable hipotética no observable un «nombre» que, sin ninguna ambigüedad, exprese claramente un concepto ajustado a la teoría.
- Los test estadísticos y las medidas de adecuación validen el modelo factorial obtenido.

Con referencia a este último punto, los cuatro aspectos fundamentales que debe cumplir el modelo factorial son los siguientes:

- La medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que se basa en el estudio de los coeficientes de correlación parcial, debe adoptar un valor entre 0,6 y 0,8.
- El test de esfericidad de Barlett, que contrasta la hipótesis nula que identifica la matriz de correlaciones con la matriz identidad, debe rechazar esa hipótesis nula.
- La varianza total explicada por los factores, que refleja el porcentaje de la varianza inicial (anterior al análisis factorial) explicada por los factores, debe ser superior al 75 por ciento.

- Las comunales, que son las variables encargadas de medir la variabilidad de cada uno de los indicadores reales utilizados que se conserva en los factores, deben estar por encima del 50 por ciento.

Por otra parte, interesa que las variables se saturen en los distintos factores de manera que estos puedan interpretarse sencilla y claramente. Esta es la finalidad que persigue la *rotación Varimax*, que además maximiza la ortogonalidad de los factores  $\hat{\phi}$  o minimiza su correlación  $\hat{\phi}$ , con lo que se evitan los problemas de multicolinealidad cuando se utilizan en la estimación de modelos econométricos.

#### KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,746
Prueba de esfericidad de Chi-cuadrado aproximado		31390,829
Bartlett	gl	465
	Sig.	,000

#### COMUNALIDADES

	Inicial	Extracción
Empleo (miles de personas)	1,000	0,977
Capital Humano de Alta Calificación en Sector Servicios, Totales (miles de personas)	1,000	0,971
Capital Humano de Alta Calificación en Sector Intensivo en Conocimiento, Totales (miles de personas)	1,000	0,974
PIB millones de euros 2005	1,000	0,986
Formación Bruta de Capital Fijo millones de euros 2005	1,000	0,969
Población Total (15-64 años)	1,000	0,957
Importaciones respecto al total Mundial %	1,000	0,932
Exportaciones respecto al total Mundial %	1,000	0,922
Salarios millones de euros 2005	1,000	0,931
Personal en I+D Sector Privado (Full Time) § Empleo	1,000	0,919
Personal en I+D Sector Privado (número de personas) § Empleo	1,000	0,905
Patentes EPO sobre la Fuerza de Trabajo (patentes/millón de personas)	1,000	0,968
Patentes EPO per capita (patentes/millón de personas)	1,000	0,961
Gasto de I+D Sector Privado § PIB	1,000	0,887
Relevancia del Sector Privado en el gasto total en I+D	1,000	0,775
Productividad	1,000	0,914
Patentes Alta Tecnología sobre la Fuerza de Trabajo (patentes/millón de personas)	1,000	0,86
Patentes Alta Tecnología EPO per capita (patentes/millón de personas)	1,000	0,861
Copatentes per capita (copatentes/millón de personas)	1,000	0,603
Salario Promedio en euros 2005	1,000	0,937
Personal en I+D Universidades (Full Time) § Empleo	1,000	0,832
Personal en I+D Universidades (número de personas) § Empleo	1,000	0,806
Población en Educación nivel 5-6 como % del total de la población	1,000	0,691
Gastos en I+D Universidades § PIB	1,000	0,879
Personal en I+D AAPP (Full Time) § Empleo	1,000	0,943
Personal en I+D AAPP (número de personas) § Empleo	1,000	0,926
Gastos en I+D AAPP § PIB	1,000	0,876
Costos Laborales Unitarios	1,000	0,819
Capital de Riesgo § PIB	1,000	0,504
Gastos en I+D Sector Privado financiado por AAPP (% Total)	1,000	0,747
Gastos en I+D Universidades y AAPP financiado por el Sector Privado (% Total)	1,000	0,607

**Varianza total explicada**

Componente	Autovalores iniciales			cuadrado de la extracción			cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	10.966	35.373	35.373	10.966	35.373	35.373	8.575	27.66	27.661
2	6.907	22.280	57.653	6.907	22.280	57.653	8.319	26.83	54.495
3	3.280	10.582	68.234	3.280	10.582	68.234	3.618	11.67	66.167
4	2.900	9.355	77.590	2.900	9.355	77.590	2.871	9.26	75.429
5	1.653	5.331	82.921	1.653	5.331	82.921	1.854	5.98	81.409
6	1.133	3.655	86.576	1.133	3.655	86.576	1.602	5.17	86.576
7	.866	2.793	89.369					86.58	
8	.687	2.216	91.585						
9	.597	1.927	93.511						
10	.453	1.460	94.972						
11	.350	1.128	96.099						
12	.323	1.041	97.141						
13	.212	.682	97.823						
14	.157	.505	98.328						
15	.128	.414	98.742						
16	.091	.294	99.036						
17	.064	.207	99.243						
18	.061	.197	99.439						
19	.039	.127	99.566						
20	.033	.105	99.672						
21	.029	.092	99.764						
22	.024	.079	99.843						
23	.021	.067	99.909						
24	.009	.030	99.939						
25	.008	.024	99.964						
26	.004	.014	99.978						
27	.003	.010	99.988						
28	.002	.005	99.994						
29	.001	.004	99.997						
30	.001	.002	100.000						
31	.000	.000	100.000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Matriz de componentes rotados <sup>a</sup>						
	Componente					
	1	2	3	4	5	6
Empleo (miles de personas)	,985					
Capital Humano de Alta Calificación en Sector Servicios, Totales (miles de personas)	,980					
Capital Humano de Alta Calificación en Sector Intensivo en Conocimiento, Totales (miles de personas)	,980					
PIB millones de euros 2005	,980					
Formación Bruta de Capital Fijo millones de euros 2005	,974					
Población Total (15-64 años)	,973					
Importaciones respecto al total Mundial %	,932					
Exportaciones respecto al total Mundial %	,881					
Salarios millones de euros 2005	,727				,608	
Personal en I+D Sector Privado (Full Time) § Empleo		,937				
Personal en I+D Sector Privado (número de personas) § Empleo		,926				
Patentes EPO sobre la Fuerza de Trabajo (patentes/millón de personas)		,916				
Patentes EPO per capita (patentes/millón de personas)		,905				
Gasto de I+D Sector Privado § PIB		,885				
Relevancia del Sector Privado en el gasto total en I+D		,801				
Productividad		,783				,417
Patentes Alta Tecnología sobre la Fuerza de Trabajo (patentes/millón de personas)		,780	,458			
Patentes Alta Tecnología EPO per capita (patentes/millón de personas)		,772	,475			
Copatentes per capita (copatentes/millón de personas)		,709				
Salario Promedio en euros 2005		,688			,525	,402
Personal en I+D Universidades (Full Time) § Empleo			,862			
Personal en I+D Universidades (número de personas) § Empleo			,846			
Población en Educación nivel 5-6 como % del total de la población			,809			
Gastos en I+D Universidades § PIB		,506	,747			
Personal en I+D AAAPP (Full Time) § Empleo				,952		
Personal en I+D AAAPP (número de personas) § Empleo				,940		
Gastos en I+D AAAPP § PIB				,867		
Costos Laborales Unitarios	-,405				,777	
Capital de Riesgo § PIB					,496	
Gastos en I+D Sector Privado financiado por AAAPP (% Total)						-,715
Gastos en I+D Universidades y AAAPP financiado por el Sector Privado (% Total)						-,711

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

## ANEXO 2

### *INDICE DE CAPACIDAD INNOVADORA NACIONAL PARA PAISES EUROPEOS, 1995-2012*

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Promedio
Austria	28,1	27,6	28,9	29,5	30,0	30,0	31,3	32,3	32,7	32,2	33,3	34,5	35,0	35,4	36,4	37,1	39,4	41,2	35,3
Bélgica	33,8	33,3	34,1	34,6	34,6	34,1	35,0	35,5	35,6	35,0	35,6	36,4	37,3	37,8	38,5	38,9	39,5	40,7	37,4
Bulgaria	19,6	17,4	18,0	19,6	20,3	18,7	18,2	17,7	18,3	19,5	17,2	16,9	16,1	15,4	15,2	14,9	14,8	15,3	15,9
Rep. Checa	18,0	19,3	19,6	19,3	19,5	21,5	20,6	21,0	21,7	22,2	24,1	24,3	25,2	24,7	25,4	24,5	27,1	27,3	24,7
Alemania	60,9	61,3	61,8	62,4	61,1	61,9	62,5	61,9	62,7	61,9	63,0	63,2	64,3	63,9	63,9	66,0	65,6	66,7	64,1
Dinamarca	37,9	38,1	37,4	38,3	38,7	38,5	39,3	36,0	37,8	36,4	37,1	36,0	36,6	38,7	39,9	40,7	40,9	41,3	38,2
Estonia	19,6	19,3	18,5	17,9	19,7	17,7	16,5	17,6	18,3	17,9	17,6	18,6	19,8	21,0	22,7	23,0	24,4	24,4	20,5
España	32,0	32,5	31,8	32,1	32,7	33,7	34,6	34,8	36,5	37,3	38,3	38,7	40,0	41,1	42,2	41,4	41,1	39,6	40,3
Finlandia	46,1	48,4	50,4	52,5	52,6	52,8	52,8	53,1	53,8	53,8	53,8	53,4	52,9	52,1	52,3	51,2	50,8	49,9	52,6
Francia	57,7	57,3	56,2	56,1	55,3	55,2	55,2	56,3	56,5	55,9	56,2	55,8	56,3	56,4	56,5	57,6	57,2	57,0	56,5
Hungría	18,3	18,7	19,9	19,5	19,6	21,7	22,0	23,5	23,1	23,2	23,7	24,8	24,0	23,9	25,8	24,0	24,3	24,2	24,4
Irlanda	24,5	24,6	24,4	24,1	23,3	22,6	22,8	21,9	22,5	21,8	22,6	22,0	23,0	24,0	24,7	25,5	26,3	26,0	23,6
Italia	40,6	40,4	40,4	39,8	39,5	39,9	40,5	41,2	41,4	40,8	40,8	40,9	40,7	40,5	40,1	39,4	39,6	39,5	40,4
Lituania	20,5	21,3	22,1	22,3	21,8	21,9	22,2	19,9	19,4	19,2	19,7	19,7	23,5	22,6	22,4	21,2	21,0	21,8	21,5
Luxemburgo	25,5	23,3	25,8	28,1	25,9	31,2	30,8	32,1	33,4	37,2	33,5	36,2	33,5	37,3	37,0	37,1	39,7	39,5	35,8
Holanda	46,2	45,6	46,7	46,2	44,9	44,3	46,9	44,7	44,7	44,0	43,9	43,6	42,5	42,9	42,1	44,3	45,6	45,9	43,2
Polonia	22,6	23,2	24,8	24,8	25,2	25,4	25,6	26,9	26,2	25,7	24,7	23,9	24,1	22,8	23,1	23,2	24,4	24,6	23,6
Portugal	15,9	16,4	17,1	16,9	18,1	17,6	17,3	16,8	17,5	16,6	16,9	17,2	18,3	22,6	24,0	22,9	23,9	24,1	20,3
Rumanía	18,0	18,3	17,4	17,3	17,4	17,6	18,2	17,3	19,1	18,1	18,9	18,0	18,2	19,5	17,9	17,8	17,9	17,0	18,4
Suecia	44,1	45,7	45,9	44,3	43,7	45,0	44,6	43,1	42,8	42,6	44,8	45,2	46,6	47,4	46,2	47,4	46,7	47,5	46,3
Eslovenia	25,9	24,4	26,3	27,1	27,0	26,6	26,0	26,3	24,1	23,5	27,6	29,2	30,3	30,1	32,3	32,4	34,3	34,3	30,3
Eslovaquia	19,7	20,2	18,7	18,6	18,3	18,8	18,3	18,3	18,8	18,0	17,6	17,7	17,5	17,7	17,7	18,1	18,5	18,5	17,7
Reino Unido	52,9	52,9	53,6	54,1	53,9	53,7	51,2	52,7	53,6	52,8	53,1	53,0	52,7	52,1	52,1	52,0	52,1	51,9	52,5

Elaboración propia

### ANEXO 3

Estadísticas Variables Macroeconómicas					
Variables	N	Media	Desv. St.	Mínimo	Máximo
Población (tasa de crecimiento %)	391	0.2	0.8	-3.5	3.7
PIB per capita (euros 2005)	414	31213	21053	1675	105070
Formación Bruta de Capital Fijo (% PIB)	414	21.64	4.11	10.63	35.98
Educación Nivel 5+6 (‰)	414	53.97	17.43	2.5	97.8
Proporción de Exportaciones Mundiales (corregida por población)	414	10.02	8.65	0.56	39.08
Gastos Totales en I+D ‰ PIB	414	15.5	8.86	3.6	41.3
Índice de Capacidad Innovadora (0-100)	414	33.3	13.69	14.79	66.67
Patentes EPO per capita (patentes/millón de personas)	414	88.9	91.52	0.12	303.23

Elaboración propia

## ANEXO 4

### TEST DE ROBUSTEZ DEL MODELO: ESTIMACIONES INDIVIDUALES

Pooled Mean Group Regression  
(Estimate results saved as PMG)  
Pane Variable (i): Country  
Time Variable (t): Year

Number of obs.= 345  
Number of groups= 23  
Obs per group  
min=15  
max=15  
avg=15  
Log Likelihood=1051,698

D.tLnY	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf.	Interval]
<b>_____</b>						
<b>__ec</b>						
<b>LnY_1</b>	-0.1552237	.0107549	-14.43	0	-0.1763028	-0.1341445
<b>LnSk</b>	.1200975	.0074655	16.09	0	.1054655	.1347296
<b>LnKh</b>	.0359504	.0082805	4.34	0	.0197208	.0521799
<b>LnIndex</b>	.0310997	.0132632	2.34	0.019	.0051044	.0570951
<b>LnExports1</b>	.0201955	.0062368	3.24	0.001	.0079715	.0324195
<b>N</b>	-1.654509	.1588854	-10.41	0	-1.965919	-1.343099
<b>_____</b>						
<b>Austria</b>						
<b>__ec</b>	-0.8412096	0.1861501	-4.52	0	-1.206057	-0.476362
<b>_____</b>						
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.1522184	0.0877512	1.73	0.083	-0.0197708	0.3242076
<b>_____</b>						
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	0.0456844	0.037447	1.22	0.222	-0.0277103	0.1190791
<b>_____</b>						
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	-0.1039503	0.1531756	-0.68	0.497	-0.4041689	0.1962683
<b>_____</b>						
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	-0.04897	0.0486805	-1.01	0.314	-0.144382	0.046442
<b>_____</b>						
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	1.755441	0.9109715	1.93	0.054	-0.0300304	3.540912
<b>_____</b>						
<b>_cons</b>	0.8359072	0.1956697	4.27	0	0.4524016	1.219413
<b>_____</b>						
<b>Bélgica</b>						
<b>__ec</b>	-0.860176	0.1668617	-5.16	0	-1.187219	-0.5331332
<b>_____</b>						
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.0219698	0.063371	0.35	0.729	-0.1022351	0.1461748
<b>_____</b>						
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	-0.5830644	0.2035181	-2.86	0.004	-0.9819525	-0.1841763
<b>_____</b>						
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	-0.3450258	0.1731047	-1.99	0.046	-0.6843047	-0.0057468

<b>tLnExports</b>						
D1.	-0.0514537	0.0350668	-1.47	0.142	-0.1201833	0.0172759
<b>n2</b>						
D1.	0.5955067	0.4271772	1.39	0.163	-0.2417452	1.432759
<b>_cons</b>						
	0.8417771	0.1793419	4.69	0	0.4902735	1.193281
<b>Bulgaria</b>						
__ec	-1.09977	0.121072	-9.08	0	-1.337067	-0.8624734
<b>tLnSk</b>						
D1.	-0.0952478	0.0277791	-3.43	0.001	-0.1496938	-0.0408018
<b>tLnKh</b>						
D1.	-0.0917373	0.1154036	-0.79	0.427	-0.3179243	0.1344496
<b>tLnIndex</b>						
D1.	-0.051462	0.0572369	-0.9	0.369	-0.1636444	0.0607203
<b>tLnExports</b>						
D1.	-0.1203167	0.0490083	-2.46	0.014	-0.2163711	-0.0242622
<b>n2</b>						
D1.	0.4485595	0.2111281	2.12	0.034	0.034756	0.8623631
<b>_cons</b>						
	0.763768	0.1020005	7.49	0	0.5638506	0.9636854
<b>Rep. Checa</b>						
__ec	-0.3407883	0.1122467	-3.04	0.002	-0.5607879	-0.1207888
<b>tLnSk</b>						
D1.	0.5157859	0.0862762	5.98	0	0.3466876	0.6848842
<b>tLnKh</b>						
D1.	-0.0668699	0.0686677	-0.97	0.33	-0.2014561	0.0677163
<b>tLnIndex</b>						
D1.	-0.1122312	0.0517962	-2.17	0.03	-0.2137499	-0.0107125
<b>tLnExports</b>						
D1.	-0.0202335	0.033298	-0.61	0.543	-0.0854964	0.0450294
<b>n2</b>						
D1.	1.840846	0.9274103	1.98	0.047	0.0231553	3.658537
<b>_cons</b>						
	0.282207	0.0968802	2.91	0.004	0.0923253	0.4720887
<b>Alemania</b>						
__ec	-0.622719	0.1748417	-3.56	0	-0.9654025	-0.2800356
<b>tLnSk</b>						
D1.	0.186565	0.1183437	1.58	0.115	-0.0453844	0.4185145
<b>tLnKh</b>						
D1.	-0.1420921	0.1373553	-1.03	0.301	-0.4113034	0.1271193
<b>tLnIndex</b>						
D1.	0.2438854	0.2202593	1.11	0.268	-0.1878148	0.6755856
<b>tLnExports</b>						
D1.	0.0201525	0.0470004	0.43	0.668	-0.0719667	0.1122716

<b>n2</b>						
D1.	3.522931	1.77523	1.98	0.047	0.0435432	7.002318
<b>_cons</b>						
	0.5936544	0.1738247	3.42	0.001	0.2529643	0.9343446
<b>Dinamarca</b>						
__ec	-0.500484	0.2674423	-1.87	0.061	-1.024661	0.0236934
<b>tLnSk</b>						
D1.	0.1884923	0.0540909	3.48	0	0.0824761	0.2945085
<b>tLnKh</b>						
D1.	0.1436716	0.0901602	1.59	0.111	-0.033039	0.3203823
<b>tLnIndex</b>						
D1.	0.0129369	0.0412311	0.31	0.754	-0.0678747	0.0937484
<b>tLnExports</b>						
D1.	-0.1720786	0.0547602	-3.14	0.002	-0.2794066	-0.0647507
<b>n2</b>						
D1.	3.926086	3.135383	1.25	0.211	-2.219151	10.07132
<b>_cons</b>						
	0.5154722	0.2782888	1.85	0.064	-0.0299638	1.060908
<b>Estonia</b>						
__ec	-0.4692864	0.2071808	-2.27	0.024	-0.8753533	-0.0632195
<b>tLnSk</b>						
D1.	0.3366077	0.0711166	4.73	0	0.1972216	0.4759937
<b>tLnKh</b>						
D1.	0.9112228	0.6936878	1.31	0.189	-0.4483802	2.270826
<b>tLnIndex</b>						
D1.	-0.1557366	0.1057222	-1.47	0.141	-0.3629484	0.0514751
<b>tLnExports</b>						
D1.	-0.0779765	0.068318	-1.14	0.254	-0.2118773	0.0559244
<b>n2</b>						
D1.	0.0935507	0.4960656	0.19	0.85	-0.87872	1.065821
<b>_cons</b>						
	0.3904618	0.1683432	2.32	0.02	0.0605153	0.7204084
<b>España</b>						
__ec	-0.8364244	0.0388304	-21.54	0	-0.9125305	-0.7603182
<b>tLnSk</b>						
D1.	-0.1226272	0.0128265	-9.56	0	-0.1477667	-0.0974877
<b>tLnKh</b>						
D1.	-0.2367066	0.057083	-4.15	0	-0.3485873	-0.1248259
<b>tLnIndex</b>						
D1.	-0.0019888	0.0435302	-0.05	0.964	-0.0873064	0.0833289
<b>tLnExports</b>						
D1.	-0.000493	0.0065102	-0.08	0.94	-0.0132529	0.0122668
<b>n2</b>						

<b>D1.</b>	0.0555	0.154641	0.36	0.72	-0.2475908	0.3585908
<b>_cons</b>	0.7535845	0.081261	9.27	0	0.5943159	0.9128531
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Finlandia</b>						
<b>_ec</b>	-0.9374117	0.2472807	-3.79	0	-1.422073	-0.4527505
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.3233154	0.1233358	2.62	0.009	0.0815817	0.5650492
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	-0.2975454	0.4409059	-0.67	0.5	-1.161705	0.5666142
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	-1.113105	0.4129159	-2.7	0.007	-1.922405	-0.3038042
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	0.1855521	0.0742341	2.5	0.012	0.040056	0.3310483
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	1.617754	1.242188	1.3	0.193	-0.8168895	4.052397
<b>_cons</b>	0.9173311	0.255246	3.59	0	0.4170582	1.417604
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Francia</b>						
<b>_ec</b>	-0.487363	0.1173501	-4.15	0	-0.7173649	-0.2573612
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.2610546	0.0339144	7.7	0	0.1945835	0.3275257
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	-0.1551164	0.0818362	-1.9	0.058	-0.3155124	0.0052796
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	0.1195778	0.0925919	1.29	0.197	-0.061899	0.3010545
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	-0.0151333	0.01839	-0.82	0.411	-0.0511769	0.0209104
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	1.778371	0.9518185	1.87	0.062	-0.0871588	3.643901
<b>_cons</b>	0.4692911	0.1246823	3.76	0	0.2249182	0.7136639
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Hungría</b>						
<b>_ec</b>	-1.226739	0.2632815	-4.66	0	-1.742761	-0.7107166
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.2299656	0.1290964	1.78	0.075	-0.0230588	0.4829899
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	-0.2619582	0.2579755	-1.02	0.31	-0.7675809	0.2436645
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	-0.0123278	0.0900434	-0.14	0.891	-0.1888097	0.1641542
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	0.0728701	0.0941791	0.77	0.439	-0.1117176	0.2574577
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	-4.335193	2.660709	-1.63	0.103	-9.550086	0.8796999

<b>_cons</b>	0.9991866	0.233267	4.28	0	0.5419917	1.456382
<hr/>						
<b>Irlanda</b>						
<b>__ec</b>	-0.3969992	0.1117653	-3.55	0	-0.616055	-0.1779433
<hr/>						
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.0873444	0.0389274	2.24	0.025	0.0110481	0.1636406
<hr/>						
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	0.0463101	0.090361	0.51	0.608	-0.1307941	0.2234143
<hr/>						
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	-0.0416536	0.0594791	-0.7	0.484	-0.1582305	0.0749233
<hr/>						
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	-0.0644935	0.0187188	-3.45	0.001	-0.1011817	-0.0278053
<hr/>						
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	2.364256	0.4186685	5.65	0	1.54368	3.184831
<hr/>						
<b>_cons</b>	0.4205633	0.126488	3.32	0.001	0.1726514	0.6684753
<hr/>						
<b>Italia</b>						
<b>__ec</b>	-1.109374	0.1842454	-6.02	0	-1.470488	-0.7482597
<hr/>						
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.2277385	0.0924136	2.46	0.014	0.0466112	0.4088658
<hr/>						
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	-0.1344754	0.2088975	-0.64	0.52	-0.5439071	0.2749562
<hr/>						
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	0.5762033	0.2211022	2.61	0.009	0.142851	1.009556
<hr/>						
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	0.070054	0.0422821	1.66	0.098	-0.0128174	0.1529254
<hr/>						
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	1.726342	0.5898257	2.93	0.003	0.5703054	2.882379
<hr/>						
<b>_cons</b>	1.045029	0.1995767	5.24	0	0.6538657	1.436192
<hr/>						
<b>Lituania</b>						
<b>__ec</b>	-0.3664232	0.2087037	-1.76	0.079	-0.7754748	0.0426285
<hr/>						
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.3151165	0.0770089	4.09	0	0.1641818	0.4660512
<hr/>						
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	0.0530522	0.4148798	0.13	0.898	-0.7600973	0.8662017
<hr/>						
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	-0.0985825	0.101648	-0.97	0.332	-0.2978089	0.1006439
<hr/>						
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	0.1373388	0.0619983	2.22	0.027	0.0158245	0.2588532
<hr/>						
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	1.282324	0.6958512	1.84	0.065	-0.0815194	2.646167
<hr/>						
<b>_cons</b>	0.2937084	0.1696524	1.73	0.083	-0.0388043	0.626221
<hr/>						

<b>Luxemburgo</b>						
<b>__ec</b>	-0.4137629	0.1359917	-3.04	0.002	-0.6803016	-0.1472241
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.0981894	0.0454812	2.16	0.031	0.0090479	0.1873308
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	0.0005411	0.0053057	0.1	0.919	-0.0098578	0.01094
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	-0.0219175	0.0402802	-0.54	0.586	-0.1008652	0.0570301
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	-0.2155937	0.0332996	-6.47	0	-0.2808598	-0.1503276
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	0.3414844	0.7659085	0.45	0.656	-1.159669	1.842638
<b>_cons</b>	0.5100668	0.1719324	2.97	0.003	0.1730854	0.8470481
<b>Holanda</b>						
<b>__ec</b>	-1.084478	0.2679569	-4.05	0	-1.609664	-0.5592921
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.1059257	0.0803393	1.32	0.187	-0.0515363	0.2633878
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	-0.0465005	0.0831924	-0.56	0.576	-0.2095546	0.1165535
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	0.0836995	0.0753128	1.11	0.266	-0.0639108	0.2313098
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	-0.1096627	0.0758971	-1.44	0.148	-0.2584183	0.0390929
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	3.272966	2.832494	1.16	0.248	-2.27862	8.824553
<b>_cons</b>	1.072767	0.2746676	3.91	0	0.5344282	1.611105
<b>Polonia</b>						
<b>__ec</b>	-0.3961446	0.10981	-3.61	0	-0.6113682	-0.1809211
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.2705669	0.0415435	6.51	0	0.1891431	0.3519907
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	0.4659143	0.154593	3.01	0.003	0.1629176	0.768911
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	-0.0020995	0.0561426	-0.04	0.97	-0.1121369	0.1079379
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	0.035219	0.0336219	1.05	0.295	-0.0306787	0.1011168
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	-0.3163978	0.2224877	-1.42	0.155	-0.7524656	0.11967
<b>_cons</b>	0.3205051	0.0908428	3.53	0	0.1424566	0.4985536
<b>Portugal</b>						
<b>__ec</b>	-0.6287312	0.2222547	-2.83	0.005	-1.064342	-0.19312

<b>tLnSk</b>						
D1.	0.2184058	0.0870912	2.51	0.012	0.0477102	0.3891015
<b>tLnKh</b>						
D1.	0.1602858	0.0996163	1.61	0.108	-0.0349585	0.3555301
<b>tLnIndex</b>						
D1.	-0.0525872	0.0332814	-1.58	0.114	-0.1178176	0.0126432
<b>tLnExports</b>						
D1.	0.0106979	0.0343458	0.31	0.755	-0.0566186	0.0780144
<b>n2</b>						
D1.	2.239476	1.431496	1.56	0.118	-0.5662055	5.045158
<b>_cons</b>	0.5705916	0.2083011	2.74	0.006	0.162329	0.9788543
<b>Rumanía</b>						
<b>__ec</b>	-0.8424606	0.1575924	-5.35	0	-1.151336	-0.5335852
<b>tLnSk</b>						
D1.	0.1678913	0.0476652	3.52	0	0.0744692	0.2613133
<b>tLnKh</b>						
D1.	0.4410052	0.1025281	4.3	0	0.2400538	0.6419565
<b>tLnIndex</b>						
D1.	-0.147073	0.0731886	-2.01	0.044	-0.2905201	-0.0036259
<b>tLnExports</b>						
D1.	-0.0621584	0.0826996	-0.75	0.452	-0.2242467	0.0999299
<b>n2</b>						
D1.	-0.0495935	0.3070438	-0.16	0.872	-0.6513882	0.5522012
<b>_cons</b>	0.6100564	0.1272572	4.79	0	0.3606369	0.8594759
<b>Suecia</b>						
<b>__ec</b>	-0.787252	0.1351173	-5.83	0	-1.052077	-0.522427
<b>tLnSk</b>						
D1.	0.3045545	0.0583399	5.22	0	0.1902104	0.4188985
<b>tLnKh</b>						
D1.	0.0095033	0.0525056	0.18	0.856	-0.0934059	0.1124124
<b>tLnIndex</b>						
D1.	0.1741216	0.0898848	1.94	0.053	-0.0020493	0.3502925
<b>tLnExports</b>						
D1.	0.0687038	0.0515641	1.33	0.183	-0.03236	0.1697676
<b>n2</b>						
D1.	3.487677	1.733581	2.01	0.044	0.0899196	6.885434
<b>_cons</b>	0.8030341	0.1546246	5.19	0	0.4999754	1.106093
<b>Eslovenia</b>						
<b>__ec</b>	-1.114789	0.1898209	-5.87	0	-1.486832	-0.7427474
<b>tLnSk</b>						

<b>D1.</b>	0.2502129	0.0671868	3.72	0	0.1185293	0.3818965
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	-0.0388247	0.1190643	-0.33	0.744	-0.2721864	0.1945371
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	0.0462213	0.0559777	0.83	0.409	-0.063493	0.1559356
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	0.0156162	0.0527233	0.3	0.767	-0.0877196	0.118952
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	0.0770762	0.81885	0.09	0.925	-1.52784	1.681993
<b>_cons</b>	0.9893849	0.1811656	5.46	0	0.6343067	1.344463
<b>Eslovaquia</b>						
<b>_ec</b>	-0.4508863	0.2017347	-2.24	0.025	-0.846279	-0.0554936
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.115015	0.0646171	1.78	0.075	-0.0116322	0.2416621
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	0.29301	0.295435	0.99	0.321	-0.2860321	0.872052
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	-0.0332317	0.2425106	-0.14	0.891	-0.5085436	0.4420803
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	0.0325451	0.0743693	0.44	0.662	-0.113216	0.1783063
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	0.8994723	2.780121	0.32	0.746	-4.549466	6.34841
<b>_cons</b>	0.3710381	0.167408	2.22	0.027	0.0429244	0.6991518
<b>Reino Unido</b>						
<b>_ec</b>	-0.4410507	0.2135745	-2.07	0.039	-0.859649	-0.0224524
<b>tLnSk</b>						
<b>D1.</b>	0.1991864	0.0757167	2.63	0.009	0.0507844	0.3475884
<b>tLnKh</b>						
<b>D1.</b>	-0.0677026	0.0785672	-0.86	0.389	-0.2216914	0.0862862
<b>tLnIndex</b>						
<b>D1.</b>	0.0255685	0.1313232	0.19	0.846	-0.2318203	0.2829573
<b>tLnExports</b>						
<b>D1.</b>	-0.0948012	0.0663474	-1.43	0.153	-0.2248397	0.0352373
<b>n2</b>						
<b>D1.</b>	5.252241	2.952386	1.78	0.075	-0.5343284	11.03881
<b>_cons</b>	0.4395302	0.2166328	2.03	0.042	0.0149377	0.8641226

## ANEXO 5

### Comparación estimadores PMG, MG, DFE

Preferimos el estimador PMG por sus ganancias en coherencia y eficacia frente a otros estimadores de paneles de corrección de errores. Este estimador depende de las siguientes condiciones de especificación: 1) La primera, es que los residuos de la regresión sean correlacionados en serie y que las variables explicativas puedan ser tratadas como exógenas; 2) La segunda, es que tanto los efectos específicos de cada país y los factores comunes entre países se contabilicen; 3) La tercera condición se refiere a la existencia de una relación de largo plazo (estabilidad dinámica) y exige que el coeficiente del término de corrección de error sea negativo y no inferior a -2 (es decir, dentro del círculo unitario); y, 4) La cuarta condición es que los parámetros de largo plazo deben ser el mismo entre los países (Loayza *et al.*, 2005 pp.9-11).

Como se explicó en el apartado de especificación econométrica, la estadística de Hausman permite establecer las diferencias entre los tres tipos de estimadores: PMG, MG y DFE (Tabla 1). En este estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

- Al comparar los coeficientes de los estimadores MG y PMG, no se rechaza la hipótesis nula ó las diferencias en los coeficientes no son sistemáticos- al obtener un estadístico de 0,51 y un p-valor mayor de 0,05. Es decir, existe evidencia de una relación de largo plazo en nuestra muestra y por lo tanto se prefiere el estimador PMG que se revela eficiente y consistente, estas propiedades le otorgan robustez econométrica al modelo, como lo señalan Bebczuk y Garegnani (2006, p.19).
- De forma similar, la prueba de Hausman compara los coeficientes de los estimadores MG y DFE, este último restringe aún más la velocidad de convergencia de los coeficientes de ajuste y los coeficientes de corto plazo a ser iguales. Los resultados indican que el sesgo de ecuaciones simultáneas es mínimo para esta muestra y concluimos que el estimador de DFE es preferido sobre el estimador MG (Blackburne y Frank, 2007, pp.206-207).

## Tabla 1. Prueba de Hausman

### Comparación MG ó PMG

.hausman mg pmg, sigmamore

```

---- Coefficients ----
| (b) (B) (b-B) sqrt(diag(V_b-V_B))
| mg pmg Difference S.E.
-----+-----
LnY_1 | -.6504661 -.1552237 -.4952424 1.042495
LnSk | .0685982 .1200975 -.0514993 .8970906
LnKh | .2596213 .0359504 .2236709 .5152271
LnExports1 | -.009537 .0201955 -.0297325 .2556364
LnIndex | .1110229 .0310997 .0799232 1.112872
n | -1.00952 -1.654509 .644989 12.04688
    
```

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtpmg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtpmg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\begin{aligned} \text{chi2}(6) &= (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) \\ &= 0.51 \end{aligned}$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.9977$$

### Comparación MG - DFE

.hausman mg DFE, sigmamore

```

---- Coefficients ----
| (b) (B) (b-B) sqrt(diag(V_b-V_B))
| mg DFE Difference S.E.
-----+-----
LnY_1 | -.6504661 -.17592 -.4745461 472.6446
LnSk | .0685982 .1107935 -.0421953 406.7137
LnKh | .2596213 .0260156 .2336057 233.6104
LnExports1 | -.009537 .0513577 -.0608947 115.9283
LnIndex | .1110229 .0191132 .0919097 504.5606
n | -1.00952 -1.789819 .7802987 5461.974
    
```

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtpmg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtpmg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\begin{aligned} \text{chi2}(6) &= (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) \\ &= 0.00 \end{aligned}$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 1.0000$$

## APENDICE 1a MODELO DE MANKIW ROMER Y WEIL (1992)<sup>36</sup>

El enfoque utilizado en este trabajo se inicia a partir del modelo neoclásico desarrollado por MRW (1992) conocido como el Modelo Ampliado de Solow, que se caracteriza por rendimientos constantes a escala y productividades decrecientes, aunque positivas, de cada uno de los factores productivos. Considera el supuesto de una economía cerrada que tiene un solo sector productivo, y hace uso de la función de producción Cobb-Douglas.

Utiliza el capital físico, el trabajo y el capital humano -que representa las habilidades formales y la experiencia incorporada en la fuerza de trabajo- como principales factores de producción. La función de producción en el tiempo  $t$  viene dada por:

$$Y_t = K_t^\alpha H_t^\beta [A_t L_t]^{1-\alpha-\beta} \quad [1]$$

donde  $Y_t$  es la producción (es decir, el PIB),  $K_t$  es el stock de capital físico,  $H_t$  es el stock de capital humano,  $L_t$  es la fuerza de trabajo, y  $A_t$  captura el estado actual de la eficiencia tecnológica y económica, que por simplicidad entra multiplicando al trabajo, así  $A_t L_t$  representa el número de unidades de trabajo eficiente<sup>37</sup>, y  $\alpha$  y  $\beta$  son las elasticidades parciales de la producción con respecto al capital físico y humano.

Se asume que  $L$  y  $A$  crecen exógenamente a las tasas  $n$  y  $g$  respectivamente, tal que:

$$L_t = L_0 e^{nt} \quad [2]$$

$$A_t = A_0 e^{gt} \quad [3]$$

Así el número de unidades de trabajo eficiente,  $A_t L_t$ , crece a la tasa  $n + g$ .

La evolución de la economía en el tiempo  $t$  está determinada por:

$$\begin{aligned} \text{a) } \dot{k}_t &= s_k y_t - (n+g) k_t \\ \text{b) } \dot{h}_t &= s_h y_t - (n+g) h_t \\ \text{c) } y &= k^\alpha h^\beta \\ \text{d) } \dot{A} &= gA \\ \text{e) } \dot{L} &= nL \end{aligned} \quad [4]$$

Donde  $y=Y/AL$ ,  $k=K/AL$ , y  $h=H/AL$  son cantidades por unidad de trabajo eficiente. Además considera los siguientes supuestos: i) los consumidores ahorran (invierten) una fracción constante de la producción en capital físico y en capital humano que denotamos

<sup>36</sup> Basado en Mankiw, Romer y Weil (1992) y Sánchez *et al.* (2015).

<sup>37</sup> Lo que se conoce como un cambio tecnológico a la "Harrod-neutral" o "labor augmenting".

por  $s_k$  y  $s_h$ ; ii) tanto el stock de capital como el de capital humano se deprecian a una misma tasa constante que denotamos por  $\delta$ <sup>38</sup>.

El supuesto neoclásico de rendimientos decrecientes de cada uno de los factores - cuando se cumple que  $\alpha + \beta < 1$  - tiene, como consecuencia forzosa, el hecho de que la única tasa de crecimiento sostenible en el estado estacionario -situación en la que todas las variables per cápita del modelo crecen a una tasa constante- es cero. Es decir, la única tasa de crecimiento consistente con el modelo neoclásico es nula.

Es así, que al formar un sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden en  $k$  y  $h$  mediante las ecuaciones 4a) y 4b), y al resolverlo se obtienen los valores en el estado estacionario, es decir, la economía converge hacia  $k^*$  y  $h^*$ , que definen un equilibrio estable mediante las siguientes expresiones:

$$a) k^* = \left( \frac{s_h \alpha \beta}{\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \left( \frac{s_k}{\delta} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} \left( \frac{A(0)}{\delta} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}} \quad [5]$$

$$b) h^* = \left( \frac{s_h \alpha \beta}{\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \left( \frac{s_k}{\delta} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} \left( \frac{A(0)}{\delta} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}}$$

Ahora, al reemplazar [5] en 4c) ó la función de producción- obtenemos el producto por unidad de trabajo eficiente en el estado estacionario, tomando logaritmos y expresando en función de  $s_h$  (inversión en capital humano) y el resto de variables, se tiene:

$$\ln \left( \frac{Y}{L} \right) = \alpha \ln \left( \frac{s_h}{\delta} \right) + \beta \ln \left( \frac{s_k}{\delta} \right) + \frac{\alpha + \beta}{1-\alpha-\beta} \ln \left( \frac{A(0)}{\delta} \right) + \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \ln \left( \frac{s_h}{\delta} \right) + \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \ln \left( \frac{s_k}{\delta} \right) \quad [6]$$

Dependencia negativa
Dependencia positiva

Esta ecuación muestra que el nivel de la productividad en la senda de crecimiento equilibrado depende: i) negativamente de la tasa de crecimiento del trabajo efectivo y de la depreciación; y ii) positivamente de las tasas de inversión de capital humano, del capital físico y del stock de conocimientos científicos básicos que existe. Cabe destacar, que el término  $A(0)$  no solo representa la tecnología, sino también las dotaciones de recursos, el clima, las instituciones, etc., esto significa que podría por lo tanto diferir en los países (MRW,1992). Por lo que, se asume que:  $\ln A(0) = \theta + \eta$  donde  $\theta$  es una

---

<sup>38</sup> Se asume la misma función de producción para el capital humano, el capital físico y el consumo. En otras palabras una unidad de consumo puede ser transformada a bajo coste ya sea en una unidad de capital físico o en una unidad de capital humano.

constante y  $\varepsilon$  es un shock específico a los países. Así la expresión del PIB per cápita<sup>39</sup> en un tiempo dado es:

$$\ln \frac{Y_{it}}{L_{it}} = \alpha - \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \gamma} \ln Z_{it} + \beta + \gamma + \frac{\beta}{\alpha + \beta + \gamma} \ln \frac{K_{it}}{L_{it}} + \frac{\gamma}{\alpha + \beta + \gamma} \ln \frac{H_{it}}{L_{it}} + \varepsilon_{it} \quad [7]$$

Esta expresión, indica que la tasa de crecimiento en la senda al estado estacionario depende de: i) un índice del nivel de tecnología dado (denotado por  $Z$ ); ii) un efecto negativo, debido a la tasa de crecimiento del trabajo eficiente y de la depreciación (tasas expresadas en el término:  $n+g$ ); y iii) un efecto positivo, debido a las tasas de inversión de capital físico ( $s_k$ ) y capital humano ( $s_h$ ).

---

<sup>39</sup> Se habla de PIB per cápita ya que se considera la población en edad de trabajar (15 a 64 años) y se asume pleno empleo.

## APENDICE 1b MODELO DE BASSANINI Y SCARPETA (2001)<sup>40</sup>

El modelo desarrollado por Bassanini y Scarpeta (2001) toma como punto de partida el modelo de MRW (1992) y al ser una ampliación del modelo Solow-Swan (1956) hace suya también la hipótesis de rendimientos constantes a escala, así como todos los supuestos comentados en el modelo anterior haciendo uso de la función de producción Cobb-Douglas. Los factores de producción son el capital (físico y humano), el trabajo, la eficiencia con la que actúan juntos, y el nivel de tecnología; su evolución en el tiempo determina el nivel de la producción per cápita en el estado estacionario, que depende de la propensión a la acumulación de capital físico<sup>41</sup>, del stock de capital humano, de la tasa de crecimiento de la población, del nivel y la tasa de crecimiento de la tecnología, y de la tasa de depreciación del capital.

En este contexto, el crecimiento de la producción de cada país en un período determinado según Bassanini y Scarpeta (2001), haciendo abstracción de la fluctuación cíclica, puede analizarse como la combinación de tres fuerzas diferentes: i) el progreso tecnológico subyacente -que se supone es exógeno-; ii) un proceso de convergencia de la producción per cápita en la transición al estado estacionario; y, iii) las modificaciones en el estado estacionario (crecimiento o nivel del PIB per cápita) que pueden surgir por cambios en las políticas y las instituciones, así como en las tasas de inversión y los cambios en las tasas de crecimiento de la población.

Formalmente, Bassanini y Scarpeta incorporan al modelo de MRW (1992) las políticas y las instituciones, y un factor de convergencia (la variable dependiente rezagada en niveles). Considera los factores determinantes básicos del estado estacionario, es decir, la acumulación de capital físico y la tasa de crecimiento de la población. En una primera ampliación se introduce la variable que representa la educación, para posteriormente añadir las variables que representan el gasto en I+D, diferenciando claramente entre gasto total, público y privado.

Teniendo en cuenta que un panel recoge datos por países a lo largo de un determinado período (*i* denota países, *t* el tiempo) la ecuación de crecimiento logarítmica en forma intensiva se puede escribir de la siguiente manera:

$$\Delta \ln y_{it} = a_{0,i} - \beta \ln y_{it-1} + a_{1,i} \ln sk_{it} + a_{2,i} \ln sh_{it} - a_{3,i} \ln V_{it} + \sum_{j=1}^J a_{j,i} \ln V_{it}^j + a_{4,i} \ln t + b_{1,i} \Delta \ln sk_{it} + b_{2,i} \Delta \ln sh_{it} + b_{3,i} \Delta 2n_{it} + \sum_{j=1}^J b_{j,i} \Delta \ln V_{it}^j + \epsilon_{it} \quad [9]$$

<sup>40</sup> Basado en Bassanini y Scarpeta (2001) y en Sánchez *et al.* (2015).

<sup>41</sup> Este término se refiere a la acción conjunta mediante la cual una economía realiza *inversión efectiva* (fracción de la producción que se ahorra) e *inversión requerida* (volumen de inversión necesaria para mantener el stock de capital). Este tratamiento consta en estudios como los de Bassanini y Scarpeta (2001), Arnold (2008) y Romain *et al.* (2011).

Donde,  $y$  es la producción per cápita;  $\lambda$  es el parámetro de convergencia<sup>42</sup>;  $s_k$  es la propensión a la acumulación de capital físico;  $s_h$  es la acumulación de capital humano;  $n$  es tasa de crecimiento de la población en edad de trabajar;  $t$  es una tendencia en el tiempo;  $\varepsilon$  es el término de error habitual; y el nivel de progreso tecnológico puro "exógeno" esta denotado por  $\gamma$ . La  $V_j$  es un vector de variables influenciadas por las instituciones y las políticas públicas, que en este estudio representa el output de las actividades innovadoras. Los ***b-regresores*** capturan la dinámica de corto plazo.

---

<sup>42</sup> Como lo explican Basannini y Scarpetta (2001), en un modelo de crecimiento teórico,  $\lambda$  es una función del crecimiento de la población ( $n_{i,t}$ ) y el progreso tecnológico ( $g_{i,t}$ ) y entonces podría variar entre países y a través del tiempo. Para los objetivos del análisis econométrico, la homogeneidad en el tiempo ha sido impuesta, pero los parámetros anteriores pueden variar entre países.

## APENDICE 2

### EL MÉTODO DE ESTIMACIÓN ECONOMÉTRICO PMG<sup>43</sup>

Los primeros estudios empíricos sobre crecimiento económico internacional y convergencia utilizando análisis econométrico fueron con datos de sección cruzada, como Barro (1991) y MRW (1992), que se desarrollaron bajo el supuesto de homogeneidad tanto de los parámetros de la función de producción como del término de convergencia entre países, es decir, los países convergerían a la misma tasa de crecimiento.

Posteriormente, al introducir modelos con datos de panel, los procedimientos tradicionales de los modelos agrupados (efectos fijos, variables instrumentales o el método generalizado de momentos) producían una significativa pérdida de información al tomar promedios de los datos anuales, dificultando tener en cuenta la heterogeneidad no observada de cada país, y entorpeciendo significativamente la interpretación de las estimaciones.

En años recientes (mediados de los noventa del siglo pasado), la literatura sobre modelos dinámicos de datos de panel empezó a centrarse en paneles donde el número de observaciones de sección cruzada (N) y el número de series de tiempo observados (T) son grandes en ambos casos. En este contexto, uno de los hallazgos centrales de la literatura para este tipo de paneles es que la suposición de homogeneidad de los parámetros es a menudo inadecuada en modelos dinámicos, porque normalmente conducen a estimaciones sesgadas y a una lenta velocidad de ajuste<sup>44</sup>.

Por este motivo considerar heterogeneidad, no solo de los parámetros de la función de producción sino además de la tasa de convergencia, se convirtió en un supuesto necesario que permitió evidenciar cambios importantes en las estimaciones una vez que se relajó el supuesto de homogeneidad en la tasa de crecimiento al estado estacionario, ver Pesaran *et al.* (1999).

La literatura sobre la estimación de modelos dinámicos de paneles heterogéneos en el que ambos N y T son grandes sugiere varios métodos para la estimación. En un extremo, el estimador *Dinámico de Efectos Fijos* (DFE por sus siglas en inglés), puede ser aplicado a cualesquiera datos de serie de tiempo que estén agrupados por cada grupo, en este enfoque se restringe a todos los coeficientes de la pendiente a ser igual entre los distintos grupos, en otras palabras, comparten la misma tasa de crecimiento hacia el estado estacionario, sin embargo, los coeficientes de la pendiente son de hecho no idénticos, lo que ocasiona que el enfoque de DFE genere resultados inconsistentes y potencialmente engañosos.

---

<sup>43</sup> Basado en Pesaran *et al.* (1999) y Sánchez *et al.* (2015).

<sup>44</sup> Ver Loayza y Ranciere (2005).

En el otro extremo, el estimador *Promedio de Grupos* (MG por sus siglas en inglés) propuesto por Pesaran y Smith (1995) puede ser aplicado por separado para cada grupo, y en este estimador están permitidos a diferir entre los grupos: las intersecciones, los coeficientes de pendiente y las varianzas de error. Según esta metodología se estima regresiones separadas para cada grupo y se calcula los promedios no ponderados de los coeficientes específicos de corto y largo plazo en todos los grupos, obteniéndose estimaciones consistentes de los parámetros sin imponer restricciones de homogeneidad para ninguno de ellos, sin embargo, cuando existe homogeneidad en las pendientes este estimador deja de ser eficiente. Otra desventaja de este método es que puede ser afectado por valores atípicos de la muestra, especialmente cuando N es pequeño, esto puede influir gravemente en los promedios de los coeficientes, lo que sesgaría los estimadores.

Posteriormente, Pesaran *et al.* (1999) proponen el estimador *Promedio de Grupos Agrupado* (PMG por sus siglas en inglés) que combina los dos anteriores: agrupación y promedio. Este estimador intermedio permite que los interceptos, los coeficientes de corto plazo y las varianzas de error difieran entre los grupos (al igual que el estimador MG), pero restringe los coeficientes de largo plazo para que sean igual en todos los grupos (al igual que el estimador DFE).

Si los coeficientes a largo plazo son de hecho iguales entre los países, entonces las estimaciones PMG serán consistentes y eficientes, mientras que las estimaciones de MG sólo serán consistentes. Si, por otro lado, los coeficientes de largo plazo no son iguales en todos los países, la ecuación fue incorrectamente especificada, y entonces las estimaciones PMG serán incompatibles, mientras que el estimador MG todavía proporciona una estimación consistente de la media de los coeficientes a largo plazo entre países. Loayza *et al.* (2005).

El IAIF es un Instituto Complutense de Investigación con más de 25 años de experiencia en la investigación en el campo de la Economía de Innovación. El IAIF desarrolla su actividad bajo la dirección de los profesores Mikel Buesa y Joost Heijs y cuenta con diversas líneas de investigación como:

- Medición de sistemas nacionales y regionales de innovación
- Análisis, diseño y evaluación de políticas de I+D
- Eficiencia de la I+D+i en empresas y a nivel regional
- Innovación, crecimiento y competitividad
- Innovación e internacionalización

Durante este periodo el IAIF y sus miembros han colaborado con los Institutos de Investigación y Organismos Nacionales e Internacionales más importantes de Europa y en América Latina, como:

- Science and Policy Research Unit (SPRU) de la Universidad de Sussex (Inglaterra)
- Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI (Karlsruhe-Alemania)
- Instituto de Investigaciones Económicas (UNAM . México).
- Comisión Europea (DG of Regional and Urban Policies; DG of Research and Innovation)
- Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) en Sevilla
- Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT)
- Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)
- Diversos ministerios Españoles (MICINN, MINECO, MEC) y gobiernos regionales (Madrid, País Vasco, La Rioja; Galicia y Andalucía)



Diseño de Gabriel Peña y Joost Heijs

<b>Prehistoria - Paleolítico</b>	<b>AC 600.000</b>
	<b>AC10.000</b>
Hachas de mano	AC 250.000
Fuego por mantenimiento	AC 200.000
Puntas de lanza	AC 200.000
Crear fuego	AC 60.000
Arco y flechas	AC 30.000
Lámparas de aceite	AC 20.000
<b>Prehistoria ó Mesolítico</b>	<b>AC 10.000</b>
	<b>AC 5.000</b>
Barco de remos	AC 7.500
Cerámica	AC 7.000
Hilado con Rueda	AC 7.000
Hierro	AC 6.000
<b>Prehistoria ó Neolítico</b>	<b>AC 5.000</b>
	<b>AC 3.000</b>
Casas de adobe y ladrillo	AC 5.000
Ganadería	AC 5.000
Piedra de moler	AC 5.000
Cristal	AC 4.000
Alfiler (Egipto)	AC 4.000
Cosmética	AC3.700
Clavo	AC 3.500
Papel/Papiros	AC 3.500
Rueda con eje	AC 3.500
Escritura (jeroglíficos)	AC 3.000
Bronce (Mesopotamia)	AC 3.000
Barco de vela	AC 3.000
Brújula	AC 3.000
<b>Edad antigua- Edades Del Bronce y del Hierro</b>	<b>AC 3.000</b>
	<b>DC 300</b>
Alfabeto (Francia)	AC 1.700
Hiladora de lana (China)	AC 1.000
Acero (India y Oriente)	AC1.000
Monedas (Libia-Asia)	AC 620
Molino (Grecia)	AC 85
Herradura (Roma)	DC 100
Compás (Roma)	DC 100
Papel (China)	DC 200
<b>Edad Media</b>	<b>DC 300</b>
	<b>DC 1.500</b>
Ajedrez (India)	DC 600
Molino de viento	DC 650
Xilografía	DC 740
Cámara oscura (China)	DC 950
Imprenta de libros (China)	DC 868
Pólvora (China)	DC 950
Esclusa	DC983
Brújula (China-Arabia)	DC 1.090
Hojalata (Bohemia)	DC 1.250
Cañón (China)	DC 1.280
Gafas (Italia)	DC 1.286
Imprentas tipos móviles (Alemania Gutenberg)	DC 1.450
<b>Edad Moderna</b>	<b>DC 1.500</b>
	<b>DC1.770</b>
Tapón de corcho	DC 1.530
Lápiz	DC 1.565
Microscopio y Telescopio	DC 1.590